

committente



Via Lungotevere Tor di Nona, 1  
00186 - Roma

## EFFICIENTAMENTO ENERGETICO E MIGLIORAMENTO SISMICO DEL PATRIMONIO DELL'ATER PROVINCIA DI ROMA

Ai sensi dell'Art. 183 comma 15 D.LGS 50/16

### PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

**R.T.I. Costituendo**

**Mandataria**



FREE Energy Saving s.r.l.  
via Ufente, 20 - 04100 Latina

**Mandanti**



**Rogedil Servizi s.r.l.**

Via Ada Negri, 66 - 00137 ROMA  
Tel. 06 82002948 Fax 06 82097772  
email: servizi@rogedil.com

# LUXMASTER +

LUXMASTER Plus s.r.l.  
Piazza Della Repubblica, 24 - 20124 Milano

**responsabile di progetto**

Ing. Giorgio Saraceno

**responsabile coordinamento progetto**

Arch. Maurizio Romano

**progetto architettonico**

Arch. Francesco Maria Azzopardi

**LUXMASTER Engineering s.r.l.**

Arch. Pietro Domenico Bertucci

**progetto strutturale**

Ing. Mariella Cosimi

**progetto impiantistico**

Arch. Francesco Maria Azzopardi



**Comune di Fiumicino**

Relazione tecnica - Fiumicino

anno	n. prog. anno	cod.ciente	categoria	sottocategoria	località	fase	n.	rev.	capitolo	tipologia
20	005	411	ATER	PRR	FIU	F	001	0	D	R

formato

scala

A4

-

data	rev	disciplina	redatto	controllato	approvato	codice
set-2020	0	generale	Pias	Azzopardi	Saraceno	-

## INDICE

<b>1. INTERVENTO STRUTTURALE .....</b>	<b>7</b>
<b>1.1. Tipologia FM01 .....</b>	<b>8</b>
1.1.1. Individuazione dei siti in esame.....	8
1.1.2. Determinazione della categoria di sottosuolo .....	8
1.1.3. Analisi sismica.....	11
1.1.3.1. Determinazione del fattore di comportamento q .....	11
1.1.3.2. Spettri di risposta.....	13
1.1.4. Carichi di progetto .....	14
1.1.4.1. Carico della neve.....	14
1.1.4.2. Carico del vento.....	15
1.1.5. Interventi per il miglioramento sismico – edifici in muratura .....	20
1.1.5.1. Sintesi degli interventi previsti.....	20
1.1.6. Conclusioni .....	21
<b>1.2. Tipologia FM02 .....</b>	<b>22</b>
1.2.1. Individuazione dei siti in esame.....	22
1.2.2. Determinazione della categoria di sottosuolo .....	22
1.2.3. Analisi sismica.....	24
1.2.3.1. Determinazione del fattore di comportamento q .....	24
1.2.3.2. Spettri di risposta.....	26
1.2.4. Carichi di progetto .....	27
1.2.4.1. Carico della neve.....	27
1.2.4.2. Carico del vento.....	28
1.2.5. Interventi per il miglioramento sismico – edifici in muratura .....	33
1.2.5.1. Sintesi degli interventi previsti.....	33
1.2.6. Conclusioni .....	34
<b>1.3. Tipologia FM03 .....</b>	<b>35</b>
1.3.1. Individuazione dei siti in esame.....	35
1.3.2. Determinazione della categoria di sottosuolo .....	35

1.3.3.	Analisi sismica.....	38
1.3.3.1.	Determinazione del fattore di comportamento q .....	38
1.3.3.2.	Spettri di risposta .....	40
1.3.4.	Carichi di progetto .....	41
1.3.4.1.	Carico della neve.....	41
1.3.4.2.	Carico del vento.....	42
1.3.5.	Interventi per il miglioramento sismico – edifici in cemento armato .....	47
1.3.5.1.	Sintesi degli interventi previsti.....	48
1.3.6.	Conclusioni .....	49
<b>1.4.</b>	<b>Tipologia FM04 .....</b>	<b>50</b>
1.4.1.	Individuazione dei siti in esame.....	50
1.4.2.	Determinazione della categoria di sottosuolo .....	50
1.4.3.	Analisi sismica.....	52
1.4.3.1.	Determinazione del fattore di comportamento q .....	52
1.4.3.2.	Spettri di risposta.....	54
1.4.4.	Carichi di progetto .....	55
1.4.4.1.	Carico della neve.....	55
1.4.4.2.	Carico del vento.....	56
1.4.5.	Interventi per il miglioramento sismico – edifici in muratura .....	60
1.4.5.1.	Sintesi degli interventi previsti.....	61
1.4.6.	Conclusioni .....	62
<b>1.5.</b>	<b>Tipologia FM05 .....</b>	<b>63</b>
1.5.1.	Individuazione dei siti in esame.....	63
1.5.2.	Determinazione della categoria di sottosuolo .....	63
1.5.3.	Analisi sismica.....	66
1.5.3.1.	Determinazione del fattore di comportamento q .....	66
1.5.3.2.	Spettri di risposta.....	68
1.5.4.	Carichi di progetto .....	69
1.5.4.1.	Carico della neve.....	69
1.5.4.2.	Carico del vento.....	70

1.5.5.	Interventi per il miglioramento sismico – edifici in muratura .....	74
1.5.5.1.	Sintesi degli interventi previsti.....	75
1.5.6.	Conclusioni .....	76
<b>1.6.</b>	<b>Tipologia FM06 .....</b>	<b>77</b>
1.6.1.	Individuazione dei siti in esame.....	77
1.6.2.	Determinazione della categoria di sottosuolo .....	77
1.6.3.	Analisi sismica.....	79
1.6.3.1.	Determinazione del fattore di comportamento q .....	79
1.6.3.2.	Spettri di risposta.....	81
1.6.4.	Carichi di progetto .....	82
1.6.4.1.	Carico della neve.....	82
1.6.4.2.	Carico del vento.....	83
1.6.5.	Interventi per il miglioramento sismico – edifici in muratura .....	88
1.6.5.1.	Sintesi degli interventi previsti.....	88
1.6.6.	Conclusioni .....	89
<b>1.7.</b>	<b>Tipologia FM07 .....</b>	<b>90</b>
1.7.1.	Individuazione dei siti in esame.....	90
1.7.2.	Determinazione della categoria di sottosuolo .....	90
1.7.3.	Analisi sismica.....	92
1.7.3.1.	Determinazione del fattore di comportamento q .....	92
1.7.3.2.	Spettri di risposta.....	94
1.7.4.	Carichi di progetto .....	95
1.7.4.1.	Carico della neve.....	95
1.7.4.2.	Carico del vento.....	96
1.7.5.	Interventi per il miglioramento sismico – edifici in muratura .....	101
1.7.5.1.	Sintesi degli interventi previsti.....	101
1.7.6.	Conclusioni .....	102
<b>1.8.</b>	<b>Tipologia FM08 .....</b>	<b>103</b>
1.8.1.	Individuazione dei siti in esame.....	103
1.8.2.	Determinazione della categoria di sottosuolo .....	103

1.8.3.	Analisi sismica.....	106
1.8.3.1.	Determinazione del fattore di comportamento q .....	106
1.8.3.2.	Spettri di risposta .....	108
1.8.4.	Carichi di progetto .....	109
1.8.4.1.	Carico della neve.....	109
1.8.4.2.	Carico del vento.....	110
1.8.5.	Interventi per il miglioramento sismico – edifici in muratura .....	114
1.8.5.1.	Sintesi degli interventi previsti.....	115
1.8.6.	Conclusioni .....	116
<b>1.9.</b>	<b>Tipologia FM09 .....</b>	<b>117</b>
1.9.1.	Individuazione dei siti in esame.....	117
1.9.2.	Determinazione della categoria di sottosuolo .....	117
1.9.3.	Analisi sismica.....	119
1.9.3.1.	Determinazione del fattore di comportamento q .....	119
1.9.3.2.	Spettri di risposta.....	121
1.9.4.	Carichi di progetto .....	122
1.9.4.1.	Carico della neve.....	122
1.9.4.2.	Carico del vento.....	123
1.9.5.	Interventi per il miglioramento sismico – edifici in muratura .....	128
1.9.5.1.	Sintesi degli interventi previsti.....	128
1.9.6.	Conclusioni .....	129
<b>1.10.</b>	<b>Tipologia FM10 .....</b>	<b>130</b>
1.10.1.	Individuazione dei siti in esame.....	130
1.10.2.	Determinazione della categoria di sottosuolo .....	130
1.10.3.	Analisi sismica.....	132
1.10.3.1.	Determinazione del fattore di comportamento q .....	132
1.10.3.2.	Spettri di risposta.....	134
1.10.4.	Carichi di progetto .....	135
1.10.4.1.	Carico della neve.....	135
1.10.4.2.	Carico del vento.....	136

1.10.5.	Interventi per il miglioramento sismico – edifici in muratura .....	141
1.10.5.1.	Sintesi degli interventi previsti.....	141
1.10.6.	Conclusioni .....	142
<b>1.11.</b>	<b>Tipologia FM11.....</b>	<b>143</b>
1.11.1.	Individuazione dei siti in esame.....	143
1.11.2.	Determinazione della categoria di sottosuolo .....	143
1.11.3.	Analisi sismica.....	145
1.11.3.1.	Determinazione del fattore di comportamento q .....	145
1.11.3.2.	Spettri di risposta.....	147
1.11.4.	Carichi di progetto .....	148
1.11.4.1.	Carico della neve.....	148
1.11.4.2.	Carico del vento.....	149
1.11.5.	Interventi per il miglioramento sismico – edifici in muratura .....	153
1.11.5.1.	Sintesi degli interventi previsti.....	154
1.11.6.	Conclusioni .....	155
<b>1.12.</b>	<b>Tipologia FM12 .....</b>	<b>156</b>
1.12.1.	Individuazione dei siti in esame.....	156
1.12.2.	Determinazione della categoria di sottosuolo .....	156
1.12.3.	Analisi sismica.....	159
1.12.3.1.	Determinazione del fattore di comportamento q .....	159
1.12.3.2.	Spettri di risposta.....	161
1.12.4.	Carichi di progetto .....	162
1.12.4.1.	Carico della neve.....	162
1.12.4.2.	Carico del vento.....	163
1.12.5.	Interventi per il miglioramento sismico – edifici in muratura .....	167
1.12.5.1.	Sintesi degli interventi previsti.....	168
1.12.6.	Conclusioni .....	169
<b>2.</b>	<b>INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO.....</b>	<b>170</b>
<b>2.1.</b>	<b>Inquadramento .....</b>	<b>170</b>
2.1.1.	Dati climatici.....	170

<b>2.2.</b>	<b>Tipologia edifici.....</b>	<b>171</b>
2.2.1.	Classificazione per tipologie edilizie affini .....	172
<b>2.3.</b>	<b>Interventi di efficientamento energetico .....</b>	<b>184</b>
2.3.1.	Interventi passivi: involucro edilizio .....	184
2.3.2.	Interventi attivi: impianti di riscaldamento .....	185

## 1. INTERVENTO STRUTTURALE

Per quanto riguarda il Comune di Fiumicino sono state individuate 12 tipologie strutturali differenti di edifici, raggruppati in funzione delle seguenti caratteristiche:

- stessa geometria in pianta ed altezza;
- stesso tipo di copertura;
- zone omogenee in prospettiva sismica (categoria topografica);
- stessa tipologia costruttiva;
- presenza del piano interrato.

Attraverso la suddivisione introdotta, nei paragrafi che seguono sono analizzati nel dettaglio in funzione della tipologia individuata, tutti gli interventi strutturali atti a garantire un miglioramento sismico dell'edificio di almeno una classe sismica.

Di seguito si riporta la tabella completa che raggruppa tutte le tipologie strutturali individuate.

CITTA'	TIPOLOGIA	INDIRIZZO
FIUMICINO	FM01	VIA B. CALEARI 3
FIUMICINO	FM01	VIA B. CALEARI 3
FIUMICINO	FM01	VIA B. CALEARI 3
FIUMICINO	FM02	LUNGOMARE DELLA SALUTE 51
FIUMICINO	FM02	LUNGOMARE DELLA SALUTE 53
FIUMICINO	FM02	LUNGOMARE DELLA SALUTE 55
FIUMICINO	FM03	VIA ODER 5-33
FIUMICINO	FM03	VIA TAGO 6-32
FIUMICINO	FM03	VIA VISTOLA 2-6-10-16-20-24-28-30-34-38-42-46-50-52
FIUMICINO	FM04	VIA DEL PORTO DI CLAUDIO 19
FIUMICINO	FM04	VIA DEL PORTO DI CLAUDIO 19
FIUMICINO	FM05	VIA G. MOSCHINI 23
FIUMICINO	FM05	VIA G. MOSCHINI 27
FIUMICINO	FM05	VIA G. MOSCHINI 31
FIUMICINO	FM06	VIA L. BEZZI 22
FIUMICINO	FM06	VIA L. BEZZI 26
FIUMICINO	FM06	VIA L. BEZZI 28
FIUMICINO	FM06	VIA L. BEZZI 32
FIUMICINO	FM06	VIA MOSCHINI 25
FIUMICINO	FM06	VIA MOSCHINI 29
FIUMICINO	FM06	VIA B. CALEARI 3
FIUMICINO	FM07	VIA DEL SERBATOIO 40
FIUMICINO	FM07	VIA DEL SERBATOIO 40
FIUMICINO	FM08	VIA DEL SERBATOIO 35
FIUMICINO	FM08	VIA DEL SERBATOIO 43
FIUMICINO	FM09	VIA DEL PORTO DI CLAUDIO 17
FIUMICINO	FM10	VIA DEL SERBATOIO 40
FIUMICINO	FM10	VIA DEL SERBATOIO 40
FIUMICINO	FM10	VIA DEL SERBATOIO 40
FIUMICINO	FM11	VIA DELLE ORATE 4
FIUMICINO	FM12	VIA L. BEZZI 24
FIUMICINO	FM12	VIA L. BEZZI 30



<b>FIUMICINO</b>	<b>FM12</b>	<b>VIA B. CALEARI 3</b>
------------------	-------------	-------------------------

## 1.1. Tipologia FM01

### 1.1.1. Individuazione dei siti in esame

Di seguito si riporta una tabella che riassume i parametri generali del sito in esame, con gli identificativi e le coordinate dei punti che includono gli edifici.

Provincia	Comune	Tipologia	Via	Latitudine	Longitudine
Roma	Fiumicino	FM01	Via Bruno Caleri 3 - 14°	41.4534°	12.1406°
Roma	Fiumicino	FM01	Via Bruno Caleri 3 - 15°	41.4534°	12.1406°
Roma	Fiumicino	FM01	Via Bruno Caleri 3 - 16°	41.4534°	12.1406°

**Tabella 1.** Parametri generali del sito in esame

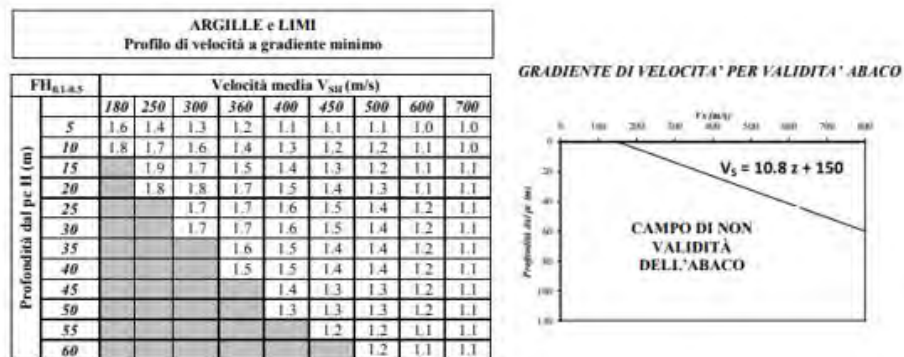


**Figura 1.** Individuazione del sito in esame (immagine da google earth)

### 1.1.2. Determinazione della categoria di sottosuolo

Per la determinazione della categoria di sottosuolo, in assenza di indagini geologiche specifiche per ogni intervento da realizzare, è possibile stimare in via preliminare e con le approssimazioni del caso, la velocità delle onde VS facendo specifico riferimento agli abachi regionali di microzonazione sismica ai sensi della DGR Lazio n. 545 del 26 novembre 2010, forniti sul portale della Regione

Lazio. Nello specifico andando ad individuare la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica per il comune di interesse, è possibile risalire alla tipologia del sottosuolo e relativo spessore. Dalla carta riportata in figura 2, si evidenzia che il sito oggetto del presente studio ricade all'interno delle zone stabili suscettibili di amplificazione sismica (SA9) che sono caratterizzate dalla presenza nel primo strato di 5 m da limi carboniosi, argille torbose e da un secondo strato massimo di 20 m di dune costiere. In funzione di questo, entrando in via approssimativa nell'abaco ( $V_s/h$ ) riportato in figura 2, relativo alle ghiaie alluvionali, detritiche e sabbie di alterazione, si determina il valore di  $V_s$  che viene utilizzato per la stima approssimata della categoria di sottosuolo entrando nella tabella 3.2.II del D.M. 17 Gennaio 2018.

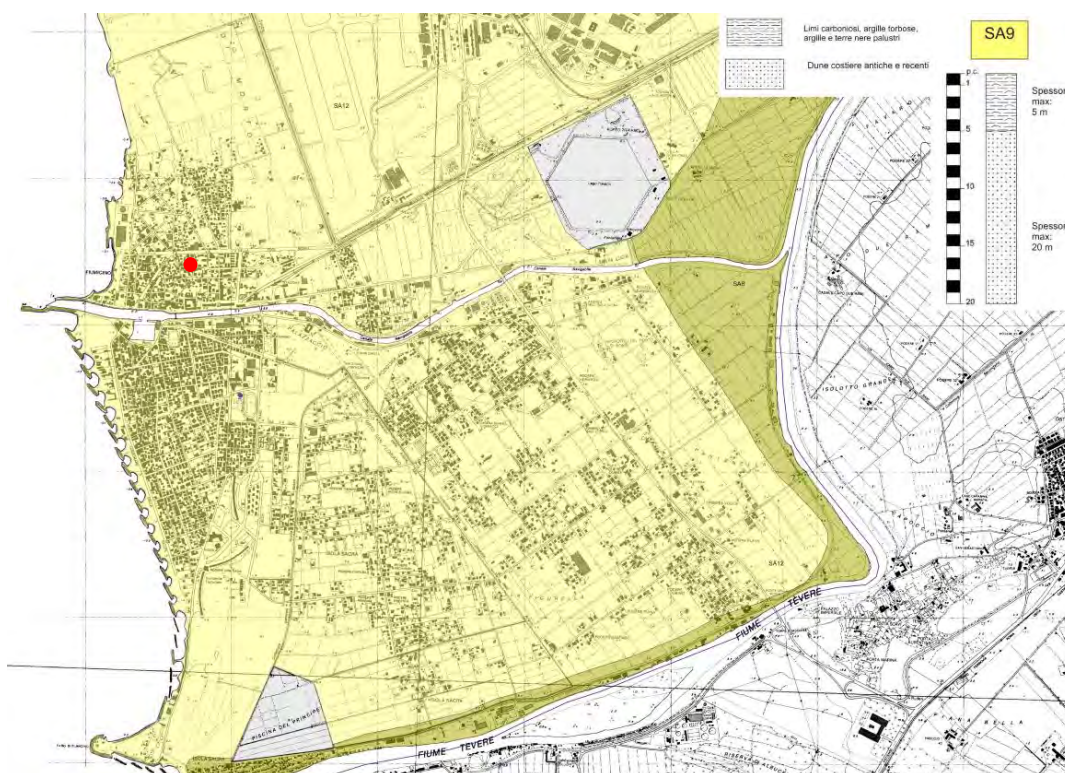


**Tabella 2.** Abaco per le ghiaie alluvionali, detritiche e sabbie di alterazione

Nello specifico facendo riferimento all'andamento della velocità  $V_s$  con la profondità  $z$  dello strato dal piano campagna, si ottiene un valore delle velocità  $V_s$  pari a:

$$V_s = 10.8 * z + 150 = 258 \text{ m/s}$$





**Figura 2.** Zona omogenea in prospettiva sismica

In relazione alle formulazioni sopra riportate avendo ottenuto un valore delle Vs pari a 258 m/s ed entrando nella tabella 3 sotto riportata si ottiene una categoria di sottosuolo C “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*”.

Per le condizioni topografiche che nel caso specifico si configurano in superficiali semplici si può adottare la classificazione riportata nella tabella 4 e nello specifico si ricade nella categoria T1.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

**Tabella 3.** Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

**Tabella 4.** Tab. 3.2. III – Categorie topografiche

### 1.1.3. Analisi sismica

#### 1.1.3.1. Determinazione del fattore di comportamento q

Si riportano in dettaglio le caratteristiche principali della struttura in esame, utili per il calcolo del fattore di comportamento q e dell'azione sismica.

Classe d'uso	Vita nominale	Coeff. Uso	Duttilità	Regolarità in pianta	Regolarità in altezza	Tipologia strutturale
II	50	1	B	si	si	Muratura

L'analisi strutturale per azioni sismiche utilizzata per la verifica è del tipo lineare (cap. 7.3.1 NTC 2018). Per sistemi non dissipativi (SLE), gli effetti delle azioni sono calcolati riferendosi ad uno spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di comportamento  $q=1$  per lo stato limite di operatività (SLO) (cap. 3.2.3.4 NTC 2018) e un fattore di comportamento  $q \leq 1.5$  per stato limite di danno (SLD) (cap. 3.2.3.5 NTC 2018). Per sistemi dissipativi (SLU), gli effetti delle azioni sono calcolati riferendosi ad uno spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di struttura  $q \geq 1.5$  (cap. 3.2.3.5 NTC 2018).

Il calcolo del fattore di comportamento per i sistemi dissipativi è stato eseguito seguendo quanto riportato al capitolo 7 delle NTC 2018 in funzione dei parametri generali della struttura in esame. Si riportano, in tabella, i valori del fattore di comportamento utili per la valutazione dell'azione sismica nelle tre direzioni:

$q_0$	$\alpha_u/\alpha_i$	$k_r$	$q_x$	$q_y$	$q_z$
$1,75 * \alpha_u/\alpha_i$	1.7	1	2.975	2.975	1.5

L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento  $V_r$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso. Fissato il periodo di riferimento  $V_r$  e la probabilità di superamento  $P_{ver}$  associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno  $T_r$  e i relativi parametri di pericolosità sismica:

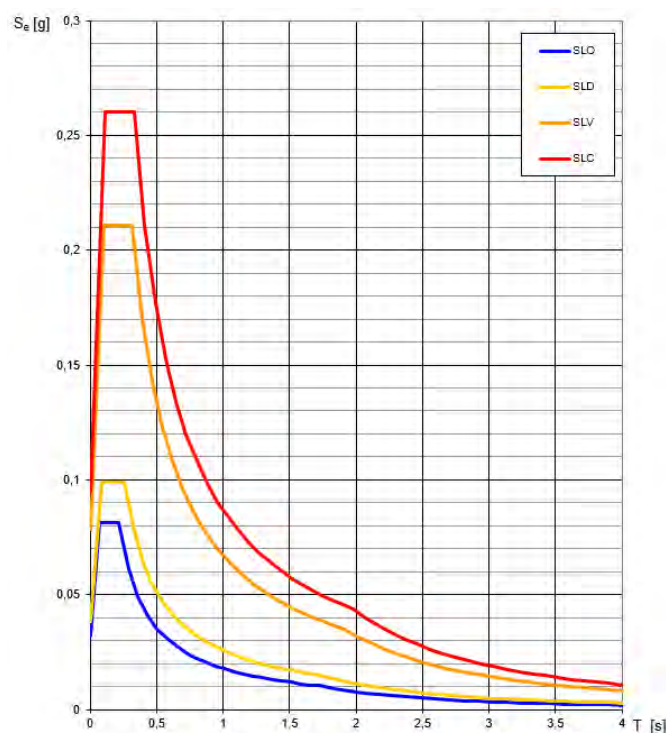
- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

- $T_c^*$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0,032	2,531	0,219
SLD	50	0,038	2,585	0,259
SLV	475	0,078	2,690	0,319
SLC	975	0,095	2,746	0,333

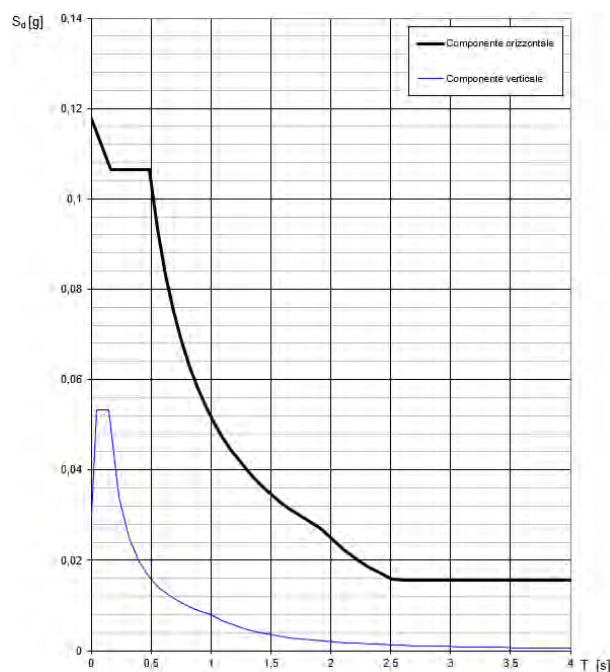
**Tabella 5.** Valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  in funzione dei vari stati limite

### 1.1.3.2. Spettri di risposta



**Figura 3.** Spettri di risposta elastici per i diversi stati limite

Con l'utilizzo del fattore di comportamento e dei parametri sismici dipendenti dal tipo di struttura in esame, precedentemente calcolati, si sono determinati gli spettri di calcolo agli stati limite SLV e SLD. Nel caso di utilizzo di isolatori sismici si farà riferimento allo spettro ad SLV per la sovrastruttura e ad SLC per gli isolatori. Tali spettri saranno opportunamente scalati in funzione dello smorzamento e del periodo scelto.



**Figura 4.** Spettri di risposta (componenti orizz.\_vert.) per lo SLV

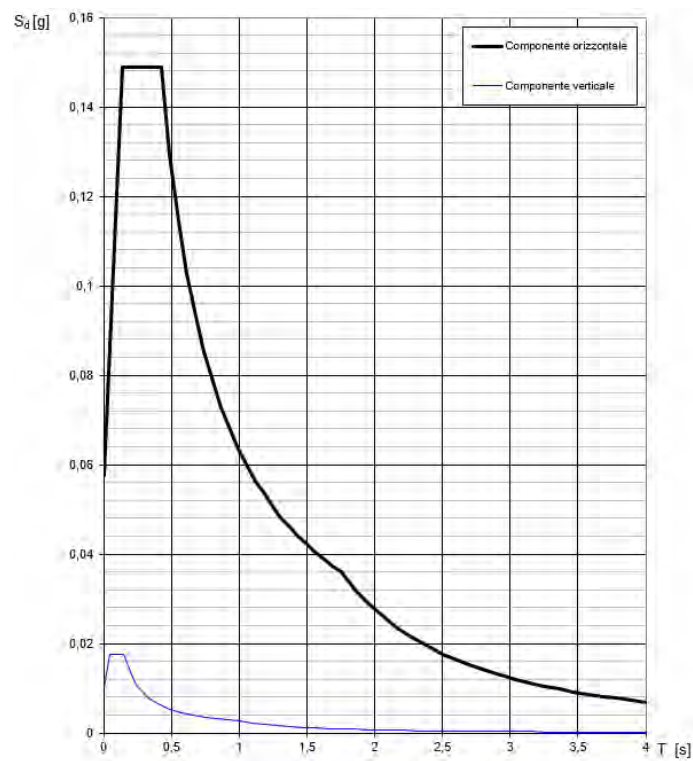


Figura 5. Spettri di risposta (componenti orizz.\_vert.) per lo SLD

#### 1.1.4. Carichi di progetto

##### 1.1.4.1. Carico della neve

Tale calcolo viene effettuato ai sensi di DM del 17 Gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni" e della Circolare Ministeriale Applicativa del 21 Gennaio 2019. Il carico neve sulle coperture è valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i * q_{sk} * C_e *$$

dove:

- $\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura;

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Tabella 6. Tab. 3.4.II – Valori dei coefficienti di forma

- $q_{sk}$  è il valore di riferimento del carico neve al suolo e dipende dalla zona climatica e dall'altitudine di riferimento del sito  $a_s$ , se è maggiore o inferiore a 200 m;





**Figura 6.** Zone di carico della neve

- $C_e$  è il coefficiente di esposizione che viene utilizzato per modificare il carico neve in funzione delle caratteristiche dell'area in cui sorge l'opera;

Topografia	Descrizione	$C_e$
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

**Tabella 7.** Tab. 3.4.I – Valori di  $C_z$  per diverse classi di esposizione

- $C_t$  è il coefficiente termico, generalmente assunto pari a 1;

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare e si calcola il valore del carico neve in copertura:

Zona	$s_s$ (m)	$q_{sk}$ (daN/m <sup>2</sup> )	$\mu_i$	$C_e$	$C_t$	$q_s$ (daN/m <sup>2</sup> )
III	5	60	0,8	1	1	48

**Tabella 8.** Determinazione del carico da neve in copertura

#### 1.1.4.2. Carico del vento

La velocità base di riferimento del vento  $v_b$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito ad un periodo di ritorno  $T_r = 50$  anni, ed è pari a:

$$v_b = v_{b0} * C_a$$

dove:

- $v_{b0}$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab.3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione;



- $c_a$  è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s * (a_s/a_0 - 1) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

dove:

- $a_0, k_s$  sono parametri forniti nella Tab.3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione;
- $a_s$  è l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione.

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32



**Figura 7.** Valori dei parametri  $v_{b,0}, a_0, k_s$

**Figura 8.** Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

La velocità di riferimento  $v_r$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito al periodo di ritorno di progetto  $T_r$ .

$$v_r = v_b * c_r$$

- $v_b$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata
- $c_r$  è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto  $T_r$  fornito dalla relazione

$$c_r = 0.75 * \sqrt{1 - 0.2 * \ln[-\ln * (1 - 1/T_r)]}$$

Quindi:

$v_{b,0}$ (m/s)	$a_s$	$c_a$	$v_b$	$T_r$	$c_r$	$v_r$ (m/s)
27	5	1	27	50	1,0007	27.02

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r * c_e * c_p * c_d$$

dove:

- $q_r$  è la pressione cinetica di riferimento data dall'espressione

$$q_r = \frac{1}{2} * \rho * v_r^2 \quad \text{in cui } \rho \text{ è la densità dell'aria pari a } 1.25 \text{ kg/m}^3$$

•  $c_e$  è il coefficiente di esposizione che dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. Per altezze sul suolo non maggiori di 200 m è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_r^2 * c_t * \ln(z/z_0) * [7 + c_t * \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

dove:

- $k_r$ ,  $z_0$ ,  $z_{min}$  sono assegnati in Tab.3.3.II in funzione della categoria di esposizione del sito.
- $c_t$  è il coefficiente di topografia, posto generalmente uguale a 1.

Categoria di esposizione del sito	$K_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

**Tabella 9.** Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media non superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, e D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa); c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innestate o ghiacciate, ...)

**Tabella 10.** Classi di rugosità del terreno

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa					
	mare					
	2 km	10 km	30 km	500m	750m	
A	- -	IV	IV	V	V	V
B	- -	III	III	IV	IV	IV
C	- -	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

**Tabella 11.** Definizione delle categorie di esposizione

$q_r$	Rugosità	Esposizione	$c_e(z)$	$c_e(z_{min})$
456	D	I	2,936	1,883

**Tabella 12.** Definizione dei coefficienti di esposizione

•  $c_p$  è il coefficiente di pressione e dipende dalla tipologia, dalla geometria della costruzione e dal suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il coefficiente globale  $c_{pe}$  che può essere utilizzato in tutti i casi in cui la rappresentazione delle azioni aereodinamiche del vento possa essere effettuata in maniera semplificata, rivolta alla valutazione delle azioni globali su porzioni estese di costruzioni o delle risultanti delle azioni indotte dal vento sugli elementi principali della struttura. I coefficienti  $c_{pe}$  da assumere sulle pareti dell'edificio a pianta rettangolare sono diagrammati in base al rapporto  $h/d$ , avendo indicato con  $h$  l'altezza del manufatto e con  $d$  la profondità dell'edificio, valutata parallelamente al flusso di lavoro:

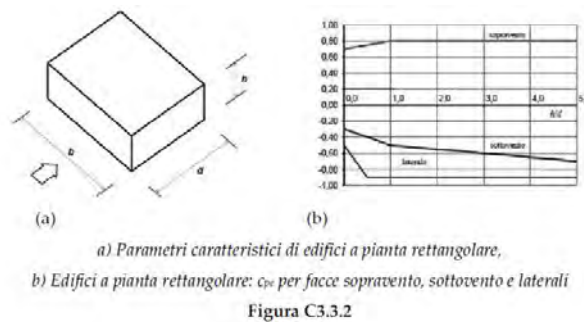


Figura C3.3.2

Tabella C3.3.I: Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravvento, sottovento e laterali

Faccia sopravvento	$C_U = 2,0$	$C_U = 1,5$
$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = 0,7 + 0,1 \cdot h/d$	$h/d \leq 0,5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,8 \cdot h/d$	$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = -0,3 - 0,2 \cdot h/d$
$h/d > 1$ : $c_{pe} = 0,8$	$h/d > 0,5$ : $c_{pe} = -0,9$	$1 < h/d \leq 5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,05 \cdot (h/d - 1)$

Tabella 13. Coefficienti di pressione delle facciate secondo NTC2018

Quindi i coefficienti per le facce sopravvento e sottovento sono:

b	d	h	h/d	$c_{pe}$ -sopravvento	$c_{pe}$ -sottovento
16	8.5	13	1.53	0.80	-0.53

Tabella 14. Definizione dei coefficienti di pressione

## COPERTURA PIANA

Per la copertura piana, l'altezza di riferimento  $z_e$  è pari alla quota massima della copertura stessa, inclusa la presenza dei parapetti e di altri analoghi elementi. I coefficienti globali  $c_{pe}$  da assumere sulle coperture di un edificio a pianta rettangolare sono riportati di seguito:

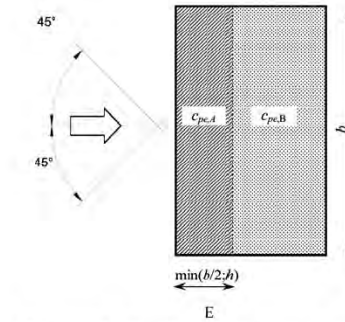


Figura C3.3.5 - Schema di riferimento per coperture piane

Tabella C3.3.III - Edifici rettangolari:  $c_{pe}$  per coperture piane.

Fascia sovravento di profondità pari al minimo tra $b/2$ e $h$ :	$c_{pe,A} = -0,80$
Restanti zone	$c_{pe,B} = \pm 0,20$

**Tabella 15.** Definizione  $c_{pe}$  per coperture piano

Le pressioni interne agli edifici dipendono dalla superficie delle aperture che questi presentano verso l'esterno. Nel caso in esame si assumono valori del coefficiente di pressione interno pari a  $c_{pi} = +0,2$  e  $c_{pi} = -0,30$ , considerando il caso che di volta in volta conduce alla situazione maggiormente gravosa.

- $c_d$  è il coefficiente dinamico e può essere assunto cautelativamente pari a 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m in altezza e capannoni industriali.

In funzione dei coefficienti analizzati e della pressione cinetica di riferimento, si calcola la pressione del vento per la copertura e per le facciate sovravento e sottovento considerando i valori massimi e minimi.

Facciata	Sovravento	Sottovento
$p_{min}$ (daN/m <sup>2</sup> )	516	-624
$p_{max}$ (daN/m <sup>2</sup> )	804	-973
Copertura	Sovravento	Sottovento
$p$ (daN/m <sup>2</sup> )	-1340	-536

### **1.1.5. Interventi per il miglioramento sismico – edifici in muratura**

Gli interventi previsti per la riduzione del rischio sismico si dividono in:

- interventi che possono consentire il miglioramento di almeno due Classi di Rischio o l'adeguamento sismico.

La tipologia di interventi considerati riguarda l'utilizzo di:

- cappotto sismico applicato alle pareti esterne dell'edificio.

Questa tipologia di interventi, viene presa in considerazione nel caso in cui le lavorazioni vengono eseguite senza dover in alcun modo evacuare gli inquilini dell'edificio, e quando la struttura risulta regolare in pianta e in altezza. Per gli edifici in cemento armato, nel caso di struttura a telai in entrambe le direzioni, è prevista la possibilità di ritenere valido il passaggio di più Classi di Rischio con la possibilità di raggiungere l'adeguamento sismico a seconda della tipologia di struttura.

#### **1.1.5.1. Sintesi degli interventi previsti**

##### **CAPPOTTO SISMICO**

Il cappotto sismico viene applicato sulle facciate esterne dell'edificio al fine di realizzare una nuova "pelle" sismo-resistente. E' costituito da una lastra sottile in calcestruzzo armato gettato in opera all'interno di due strati di materiale isolante, preinseriti in una maglia tridimensionale in acciaio zincato. La lastra in calcestruzzo può avere spessori variabili in base alla tipologia di intervento e nel caso in esame si ipotizza uno spessore di circa 8-10 cm; a livello delle travi esterne di piano si realizza un nuovo cordolo dello spessore della lastra più la larghezza dello strato di isolante addossato alla parete di circa 4 cm.

Il getto e l'armatura di rinforzo vengono resi solidali alla struttura esistente mediante, sia l'inserimento di connettori disposti a livello dei cordoli di piano e, se necessario, sui pilastri, sia disponendo opportuni ancoraggi sulla fondazione esistente o su una nuova fondazione addossata a quella esistente

La maglia tridimensionale in acciaio zincato consente di semplificare le operazioni di posa in opera delle armature strutturali, di minimizzare gli sfridi di cantiere e di realizzare uno strato di finitura ad intonaco particolarmente solida che garantisce la massima protezione del materiale isolante da urti accidentali ed agenti atmosferici.

Le norme NTC18 trattano le pareti in calcestruzzo soltanto per quanto riguarda le prescrizioni da seguire per strutture a comportamento dissipativo. Le lastre in calcestruzzo vengono invece dimensionate per garantire un comportamento elastico e non dissipativo nei confronti dell'azione sismica di progetto, rientrando nella tipologia di "strutture non dissipative". Per questo motivo le verifiche in resistenza degli elementi in calcestruzzo vengono effettuate seguendo l'approccio

fornito dalla norma per gli elementi strutturali a comportamento non dissipativo, contenute nel capitolo 4 delle NTC18 mentre le prescrizioni contenute nel capitolo 7 non risultano vincolanti per il dimensionamento delle pareti.

Per quanto riguarda le connessioni tra edificio esistente e cappotto sismico, la valutazione analitica della resistenza degli ancoraggi metallici per calcestruzzo può essere effettuata secondo le linee guida definite dal documento ETAG001-1997: "Linee guida per il benessere tecnico europeo di ancoraggi metallici da utilizzare nel calcestruzzo" e dai relativi allegati.

#### **1.1.6. Conclusioni**

Per quanto concerne gli aspetti prettamente strutturali, l'intervento di miglioramento sismico adottato per la tipologia oggetto della presente relazione, prevede l'utilizzo di un cappotto sismico, un sistema integrato di rafforzamento strutturale e miglioramento del benessere termoigrometrico dell'edificio. Questo intervento, oltre a non interrompere il normale esercizio della struttura permette la riduzione delle tempistiche del cantiere, in quanto i moduli da applicare sulle pareti esterne, risultano prefabbricati e sono comprensivi delle varie forometrie; in cantiere, l'attività sarà quella di prevedere il collegamento con la struttura esistente e la realizzazione del getto all'interno del cassero e, se necessario, il getto armato della nuova porzione di fondazione.

Gli interventi strutturali previsti sono mirati al miglioramento sismico attraverso l'incremento di almeno due Classi di Rischio o l'adeguamento sismico, da valutare nel dettaglio nelle fasi progettuali successive. Con ciò si intende il miglioramento del rischio della costruzione con incidenza sul valore PAM e sulla capacità che la struttura possiede rispetto allo stato limite della salvaguardia sulla vita. Tale valore è stato valutato come rapporto tra PGAa (SLV) anteoperam e la PGAp (SLV) postoperam, determinata attraverso il metodo convenzionale nel rispetto della normativa vigente (NTC 2018) e della circolare ministeriale applicativa del 21 gennaio 2019.



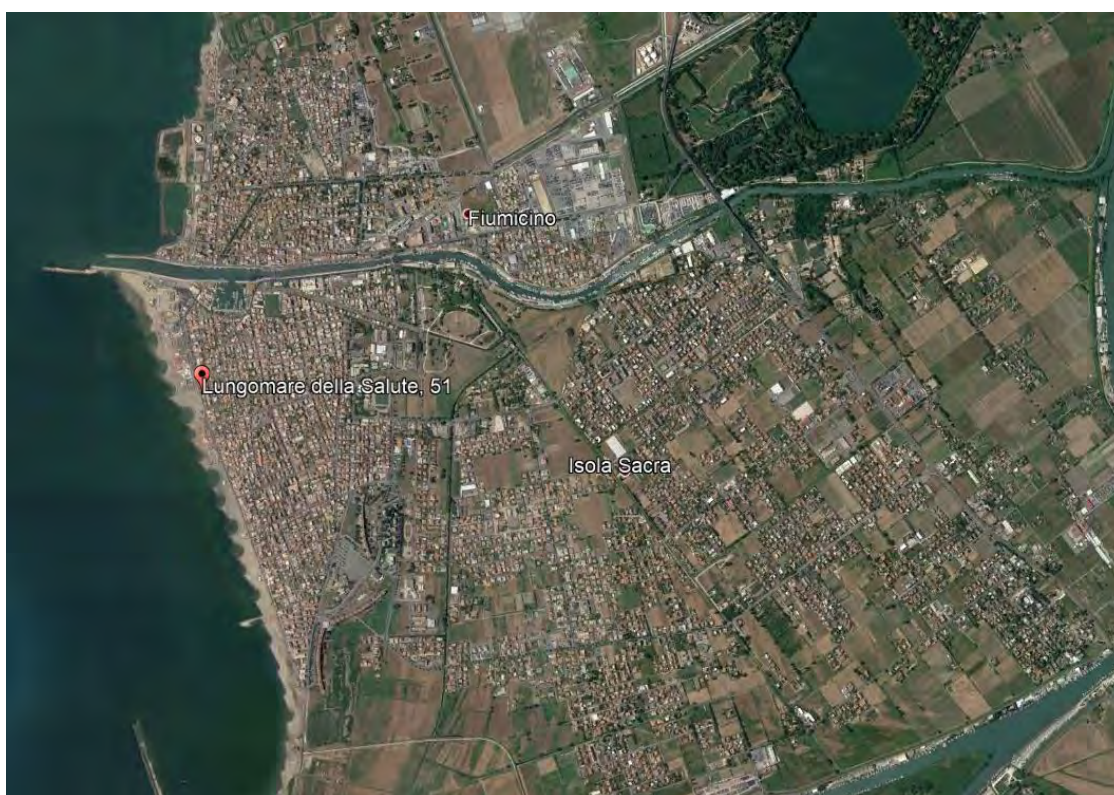
## 1.2. Tipologia FM02

### 1.2.1. Individuazione dei siti in esame

Di seguito si riporta una tabella che riassume i parametri generali del sito in esame, con gli identificativi e le coordinate dei punti che includono gli edifici.

Provincia	Comune	Tipologia	Via	Latitudine	Longitudine
Roma	Fiumicino	FM02	Lungomare della salute 51	41.6367°	13.3441°
Roma	Fiumicino	FM02	Lungomare della salute 53	41.6367°	13.3441°
Roma	Fiumicino	FM02	Lungomare della salute 55	41.6367°	13.3441°

**Tabella 16.** Parametri generali del sito in esame

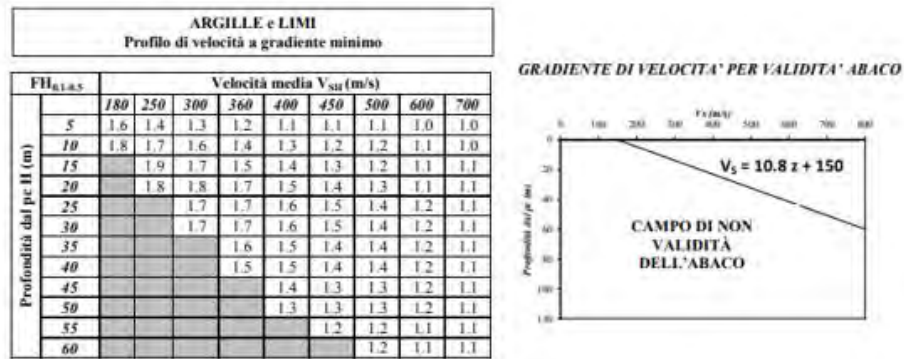


**Figura 9.** Individuazione del sito in esame (immagine da google earth)

### 1.2.2. Determinazione della categoria di sottosuolo

Per la determinazione della categoria di sottosuolo, in assenza di indagini geologiche specifiche per ogni intervento da realizzare, è possibile stimare in via preliminare e con le approssimazioni del caso, la velocità delle onde VS facendo specifico riferimento agli abachi regionali di microzonazione sismica ai sensi della DGR Lazio n. 545 del 26 novembre 2010, forniti sul portale della Regione Lazio. Nello specifico andando ad individuare la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica per il comune di interesse, è possibile risalire alla tipologia del sottosuolo e relativo spessore. Dalla carta riportata in figura 2, si evidenzia che il sito oggetto del presente studio ricade all'interno delle zone stabili suscettibili di amplificazione sismica (SA9) che sono caratterizzate dalla presenza

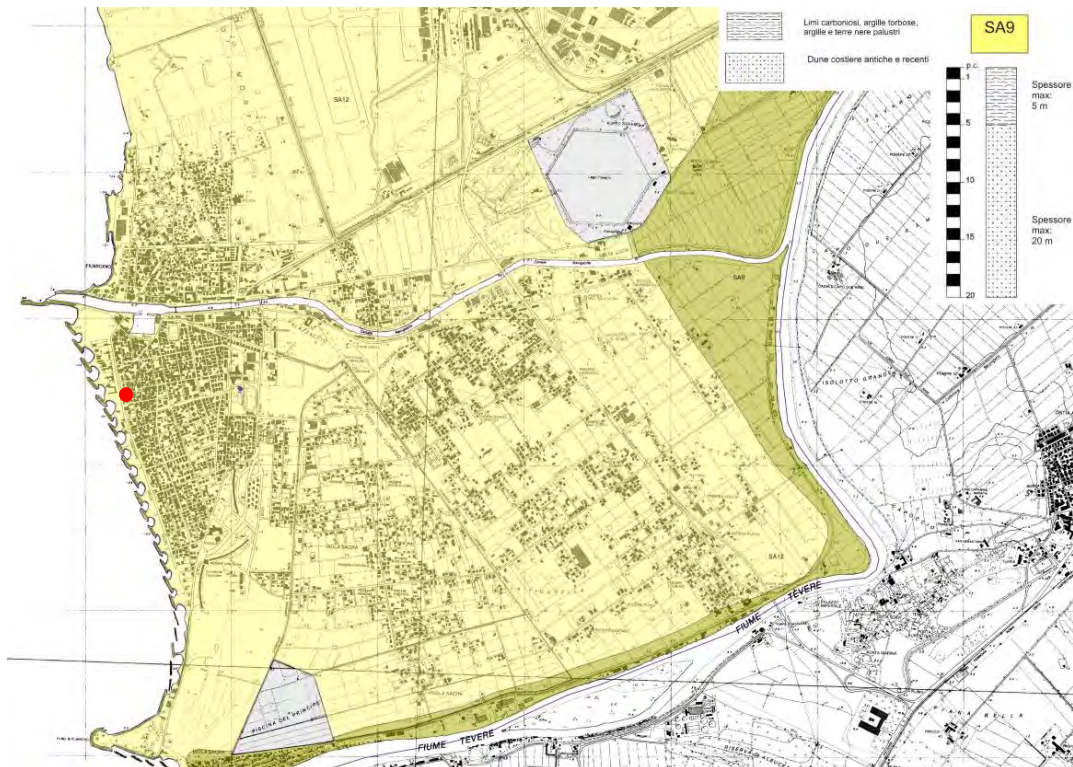
nel primo strato di 5 m da limi carboniosi, argille torbose e da un secondo strato massimo di 20 m di dune costiere. In funzione di questo, entrando in via approssimativa nell'abaco ( $V_s/h$ ) riportato in figura 2, relativo alle ghiaie alluvionali, detritiche e sabbie di alterazione, si determina il valore di  $V_s$  che viene utilizzato per la stima approssimata della categoria di sottosuolo entrando nella tabella 3.2.II del D.M. 17 Gennaio 2018.



**Tabella 17.** Abaco per le ghiaie alluvionali, detritiche e sabbie di alterazione

Nello specifico facendo riferimento all'andamento della velocità  $V_s$  con la profondità  $z$  dello strato dal piano campagna, si ottiene un valore delle velocità  $V_s$  pari a:

$$V_s = 10.8 * z + 150 = 258 \text{ m/s}$$



**Figura 10.** Zona omogenea in prospettiva sismica



In relazione alle formulazioni sopra riportate avendo ottenuto un valore delle Vs pari a 258 m/s ed entrando nella tabella 3 sotto riportata si ottiene una categoria di sottosuolo C “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*”.

Per le condizioni topografiche che nel caso specifico si configurano in superficiali semplici si può adottare la classificazione riportata nella tabella 4 e nello specifico si ricade nella categoria T1.

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
<b>E</b>	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

**Tabella 18.** Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

**Tabella 19.** Tab. 3.2. III – Categorie topografiche

### 1.2.3. Analisi sismica

#### 1.2.3.1. Determinazione del fattore di comportamento q

Si riportano in dettaglio le caratteristiche principali della struttura in esame, utili per il calcolo del fattore di comportamento q e dell'azione sismica.

Classe d'uso	Vita nominale	Coeff. Uso	Duttilità	Regolarità in pianta	Regolarità in altezza	Tipologia strutturale
II	50	1	B	sì	sì	Muratura

L'analisi strutturale per azioni sismiche utilizzata per la verifica è del tipo lineare (cap. 7.3.1 NTC 2018). Per sistemi non dissipativi (SLE), gli effetti delle azioni sono calcolati riferendosi ad uno spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di comportamento  $q=1$  per lo stato limite di operatività (SLO) (cap. 3.2.3.4 NTC 2018) e un fattore di comportamento  $q \leq 1.5$  per stato limite di danno (SLD) (cap. 3.2.3.5 NTC 2018). Per sistemi dissipativi (SLU), gli effetti delle azioni sono

calcolati riferendosi ad uno spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di struttura  $q \geq 1.5$  (cap. 3.2.3.5 NTC 2018).

Il calcolo del fattore di comportamento per i sistemi dissipativi è stato eseguito seguendo quanto riportato al capitolo 7 delle NTC 2018 in funzione dei parametri generali della struttura in esame. Si riportano, in tabella, i valori del fattore di comportamento utili per la valutazione dell'azione sismica nelle tre direzioni:

$q_0$	$\alpha_u/\alpha_i$	$k_r$	$q_x$	$q_y$	$q_z$
$1,75^* \alpha_u/\alpha_i$	1.7	1	2.975	2.975	1.5

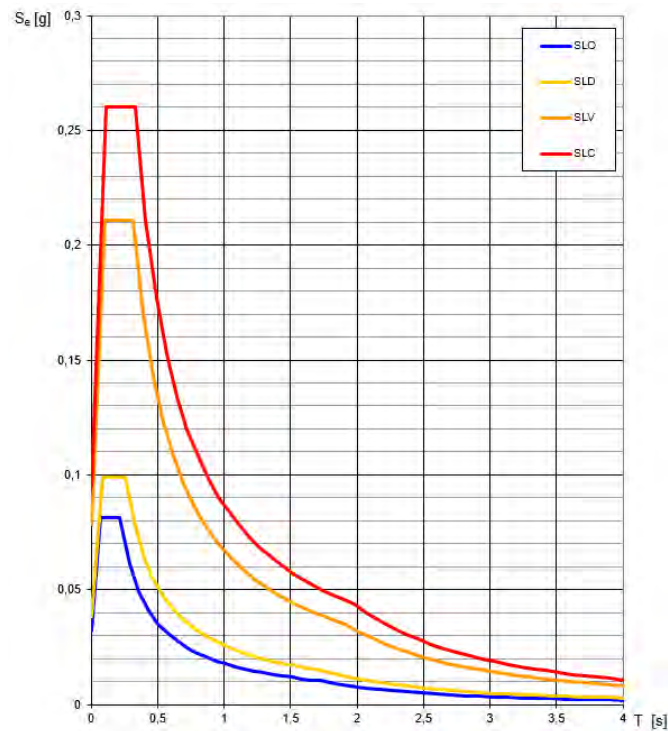
L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento  $V_r$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso. Fissato il periodo di riferimento  $V_r$  e la probabilità di superamento  $P_{ver}$  associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno  $T_r$  e i relativi parametri di pericolosità sismica:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0,032	2,531	0,219
SLD	50	0,038	2,585	0,259
SLV	475	0,078	2,690	0,319
SLC	975	0,095	2,746	0,333

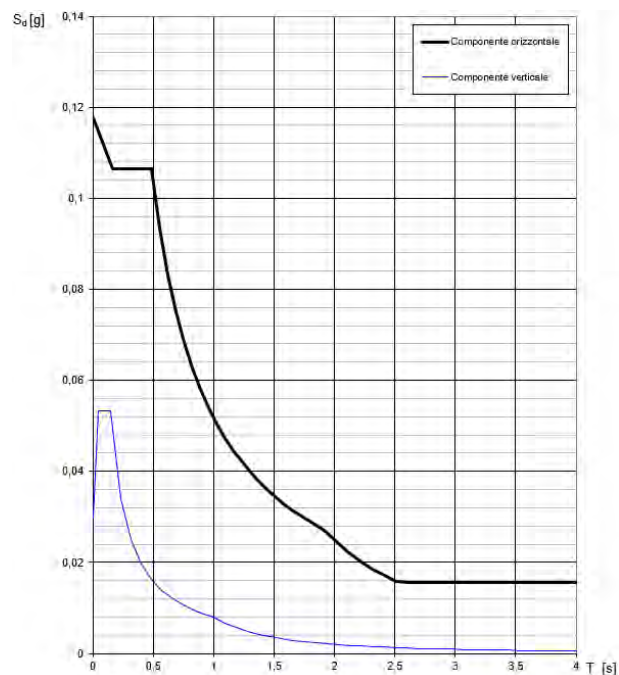
**Tabella 20.** Valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  in funzione dei vari stati limite

### 1.2.3.2. Spettri di risposta



**Figura 11.** Spettri di risposta elastici per i diversi stati limite

Con l'utilizzo del fattore di comportamento e dei parametri sismici dipendenti dal tipo di struttura in esame, precedentemente calcolati, si sono determinati gli spettri di calcolo agli stati limite SLV e SLD. Nel caso di utilizzo di isolatori sismici si farà riferimento allo spettro ad SLV per la sovrastruttura e ad SLC per gli isolatori. Tali spettri saranno opportunamente scalati in funzione dello smorzamento e del periodo scelto.



**Figura 12.** Spettri di risposta (componenti orizz.\_vert.) per lo SLV

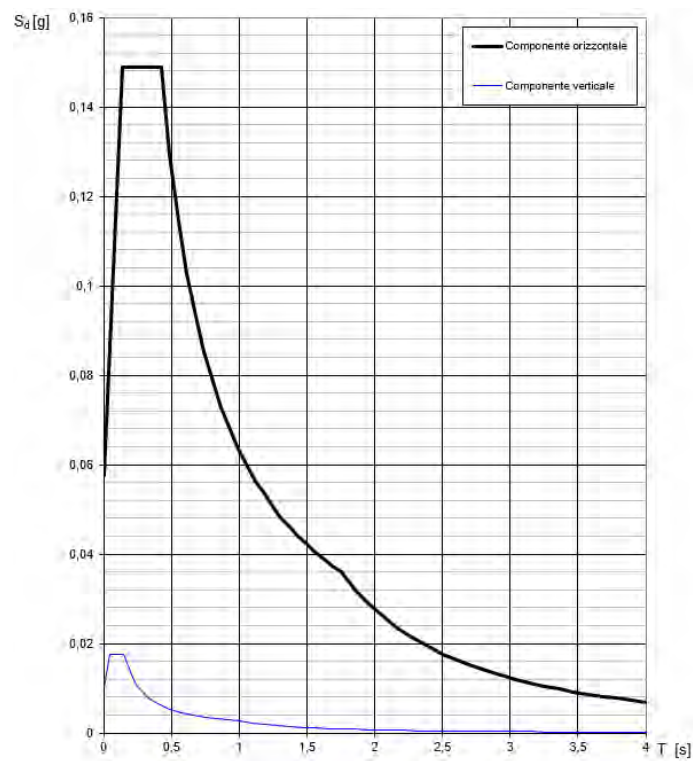


Figura 13. Spettri di risposta (componenti orizz.\_vert.) per lo SLD

## 1.2.4. Carichi di progetto

### 1.2.4.1. Carico della neve

Tale calcolo viene effettuato ai sensi di DM del 17 Gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni" e della Circolare Ministeriale Applicativa del 21 Gennaio 2019. Il carico neve sulle coperture è valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i * q_{sk} * C_e *$$

dove:

- $\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura;

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Tabella 21. Tab. 3.4.II – Valori dei coefficienti di forma

- $q_{sk}$  è il valore di riferimento del carico neve al suolo e dipende dalla zona climatica e dall'altitudine di riferimento del sito  $a_s$ , se è maggiore o inferiore a 200 m;



Figura 14. Zone di carico della neve

- $C_e$  è il coefficiente di esposizione che viene utilizzato per modificare il carico neve in funzione delle caratteristiche dell'area in cui sorge l'opera;

Topografia	Descrizione	$C_e$
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

Tabella 22. Tab. 3.4.I – Valori di  $C_z$  per diverse classi di esposizione

- $C_t$  è il coefficiente termico, generalmente assunto pari a 1;

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare e si calcola il valore del carico neve in copertura:

Zona	$s_s$ (m)	$q_{sk}$ (daN/m <sup>2</sup> )	$\mu_i$	$C_e$	$C_t$	$q_s$ (daN/m <sup>2</sup> )
III	3	60	0,8	1	1	48

Tabella 23. Determinazione del carico da neve in copertura

#### 1.2.4.2. Carico del vento

La velocità base di riferimento del vento  $v_b$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito ad un periodo di ritorno  $T_r = 50$  anni, ed è pari a:

$$v_b = v_{b0} * c_a$$

dove:

- $v_{b0}$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab.3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione;

- $c_a$  è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s * (a_s/a_0 - 1) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

dove:

- $a_0, k_s$  sono parametri forniti nella Tab.3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione;
- $a_s$  è l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione.

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32



**Figura 15.** Valori dei parametri  $v_{b,0}, a_0, k_s$

**Figura 16.** Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

La velocità di riferimento  $v_r$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito al periodo di ritorno di progetto  $T_r$ .

$$v_r = v_b * c_r$$

- $v_b$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata
- $c_r$  è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto  $T_r$  fornito dalla relazione

$$c_r = 0.75 * \sqrt{1 - 0.2 * \ln[-\ln * (1 - 1/T_r)]}$$

Quindi:

$v_{b,0}$ (m/s)	$a_s$	$c_a$	$v_b$	$T_r$	$c_r$	$v_r$ (m/s)
27	3	1	27	50	1,0007	27.02

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r * c_e * c_p * c_d$$

dove:

- $q_r$  è la pressione cinetica di riferimento data dall'espressione

$$q_r = \frac{1}{2} * \rho * v_r^2 \quad \text{in cui } \rho \text{ è la densità dell'aria pari a } 1.25 \text{ kg/m}^3$$



•  $c_e$  è il coefficiente di esposizione che dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. Per altezze sul suolo non maggiori di 200 m è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_r^2 * c_t * \ln(z/z_0) * [7 + c_t * \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

dove:

- $k_r$ ,  $z_0$ ,  $z_{min}$  sono assegnati in Tab.3.3.II in funzione della categoria di esposizione del sito.
- $c_t$  è il coefficiente di topografia, posto generalmente uguale a 1.

Categoria di esposizione del sito	$K_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

**Tabella 24.** Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media non superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, e D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa); c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innestate o ghiacciate, ...)

**Tabella 25.** Classi di rugosità del terreno

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa					
	mare					
	2 km	10 km	30 km	500m	750m	
A	- -	IV	IV	V	V	V
B	- -	III	III	IV	IV	IV
C	- -	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

**Tabella 26.** Definizione delle categorie di esposizione

$q_r$	Rugosità	Esposizione	$c_e(z)$	$c_e(z_{min})$
456	D	I	2,834	1,883

**Tabella 27.** Definizione dei coefficienti di esposizione

●  $c_p$  è il coefficiente di pressione e dipende dalla tipologia, dalla geometria della costruzione e dal suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il coefficiente globale  $c_{pe}$  che può essere utilizzato in tutti i casi in cui la rappresentazione delle azioni aereodinamiche del vento possa essere effettuata in maniera semplificata, rivolta alla valutazione delle azioni globali su porzioni estese di costruzioni o delle risultanti delle azioni indotte dal vento sugli elementi principali della struttura. I coefficienti  $c_{pe}$  da assumere sulle pareti dell'edificio a pianta rettangolare sono diagrammati in base al rapporto  $h/d$ , avendo indicato con  $h$  l'altezza del manufatto e con  $d$  la profondità dell'edificio, valutata parallelamente al flusso di lavoro:

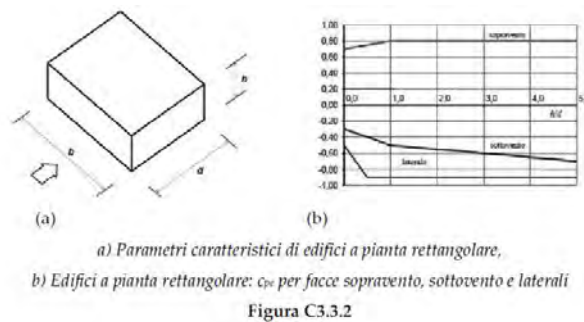


Figura C3.3.2

Tabella C3.3.I: Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravvento, sottovento e laterali

Faccia sopravvento	$C_U = 2,0$	$C_U = 1,5$
$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = 0,7 + 0,1 \cdot h/d$	$h/d \leq 0,5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,8 \cdot h/d$	$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = -0,3 - 0,2 \cdot h/d$
$h/d > 1$ : $c_{pe} = 0,8$	$h/d > 0,5$ : $c_{pe} = -0,9$	$1 < h/d \leq 5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,05 \cdot (h/d - 1)$

Tabella 28. Coefficienti di pressione delle facciate secondo NTC2018

Quindi i coefficienti per le facce sopravvento e sottovento sono:

b	d	h	h/d	$c_{pe}$ -sopravvento	$c_{pe}$ -sottovento
22	9	11	1,22	0,80	-0,51

Tabella 29. Definizione dei coefficienti di pressione

## COPERTURA PIANA

Per la copertura piana, l'altezza di riferimento  $z_e$  è pari alla quota massima della copertura stessa, inclusa la presenza dei parapetti e di altri analoghi elementi. I coefficienti globali  $c_{pe}$  da assumere sulle coperture di un edificio a pianta rettangolare sono riportati di seguito:



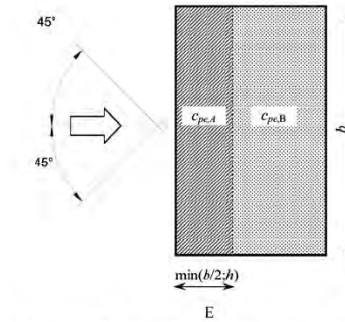


Figura C3.3.5 - Schema di riferimento per coperture piane

Tabella C3.3.III - Edifici rettangolari:  $c_{pe}$  per coperture piane.

Fascia sovravento di profondità pari al minimo tra $b/2$ e $h$ :	$c_{pe,A} = -0,80$
Restanti zone	$c_{pe,B} = \pm 0,20$

**Tabella 30.** Definizione  $c_{pe}$  per coperture piano

Le pressioni interne agli edifici dipendono dalla superficie delle aperture che questi presentano verso l'esterno. Nel caso in esame si assumono valori del coefficiente di pressione interno pari a  $c_{pi} = +0,2$  e  $c_{pi} = -0,30$ , considerando il caso che di volta in volta conduce alla situazione maggiormente gravosa.

- $c_d$  è il coefficiente dinamico e può essere assunto cautelativamente pari a 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m in altezza e capannoni industriali.

In funzione dei coefficienti analizzati e della pressione cinetica di riferimento, si calcola la pressione del vento per la copertura e per le facciate sovravento e sottovento considerando i valori massimi e minimi.

Facciata	Sovravento	Sottovento
$p_{min}$ (daN/m <sup>2</sup> )	516	-611
$p_{max}$ (daN/m <sup>2</sup> )	776	-920
Copertura	Sovravento	Sottovento
$p$ (daN/m <sup>2</sup> )	-1293	-517

### **1.2.5. Interventi per il miglioramento sismico – edifici in muratura**

Gli interventi previsti per la riduzione del rischio sismico si dividono in:

- interventi che possono consentire il miglioramento di almeno due Classi di Rischio o l'adeguamento sismico.

La tipologia di interventi considerati riguarda l'utilizzo di:

- cappotto sismico applicato alle pareti esterne dell'edificio.

Questa tipologia di interventi, viene presa in considerazione nel caso in cui le lavorazioni vengono eseguite senza dover in alcun modo evacuare gli inquilini dell'edificio, e quando la struttura risulta regolare in pianta e in altezza. Per gli edifici in cemento armato, nel caso di struttura a telai in entrambe le direzioni, è prevista la possibilità di ritenere valido il passaggio di più Classi di Rischio con la possibilità di raggiungere l'adeguamento sismico a seconda della tipologia di struttura.

#### **1.2.5.1. Sintesi degli interventi previsti**

##### **CAPPOTTO SISMICO**

Il cappotto sismico viene applicato sulle facciate esterne dell'edificio al fine di realizzare una nuova "pelle" sismo-resistente. E' costituito da una lastra sottile in calcestruzzo armato gettato in opera all'interno di due strati di materiale isolante, preinseriti in una maglia tridimensionale in acciaio zincato. La lastra in calcestruzzo può avere spessori variabili in base alla tipologia di intervento e nel caso in esame si ipotizza uno spessore di circa 8-10 cm; a livello delle travi esterne di piano si realizza un nuovo cordolo dello spessore della lastra più la larghezza dello strato di isolante addossato alla parete di circa 4 cm.

Il getto e l'armatura di rinforzo vengono resi solidali alla struttura esistente mediante, sia l'inserimento di connettori disposti a livello dei cordoli di piano e, se necessario, sui pilastri, sia disponendo opportuni ancoraggi sulla fondazione esistente o su una nuova fondazione addossata a quella esistente

La maglia tridimensionale in acciaio zincato consente di semplificare le operazioni di posa in opera delle armature strutturali, di minimizzare gli sfridi di cantiere e di realizzare uno strato di finitura ad intonaco particolarmente solida che garantisce la massima protezione del materiale isolante da urti accidentali ed agenti atmosferici.

Le norme NTC18 trattano le pareti in calcestruzzo soltanto per quanto riguarda le prescrizioni da seguire per strutture a comportamento dissipativo. Le lastre in calcestruzzo vengono invece dimensionate per garantire un comportamento elastico e non dissipativo nei confronti dell'azione sismica di progetto, rientrando nella tipologia di "strutture non dissipative". Per questo motivo le verifiche in resistenza degli elementi in calcestruzzo vengono effettuate seguendo l'approccio

fornito dalla norma per gli elementi strutturali a comportamento non dissipativo, contenute nel capitolo 4 delle NTC18 mentre le prescrizioni contenute nel capitolo 7 non risultano vincolanti per il dimensionamento delle pareti.

Per quanto riguarda le connessioni tra edificio esistente e cappotto sismico, la valutazione analitica della resistenza degli ancoraggi metallici per calcestruzzo può essere effettuata secondo le linee guida definite dal documento ETAG001-1997: "Linee guida per il benessere tecnico europeo di ancoraggi metallici da utilizzare nel calcestruzzo" e dai relativi allegati.

#### **1.2.6. Conclusioni**

Per quanto concerne gli aspetti prettamente strutturali, l'intervento di miglioramento sismico adottato per la tipologia oggetto della presente relazione, prevede l'utilizzo di un cappotto sismico, un sistema integrato di rafforzamento strutturale e miglioramento del benessere termoigrometrico dell'edificio. Questo intervento, oltre a non interrompere il normale esercizio della struttura permette la riduzione delle tempistiche del cantiere, in quanto i moduli da applicare sulle pareti esterne, risultano prefabbricati e sono comprensivi delle varie forometrie; in cantiere, l'attività sarà quella di prevedere il collegamento con la struttura esistente e la realizzazione del getto all'interno del cassero e, se necessario, il getto armato della nuova porzione di fondazione.

Gli interventi strutturali previsti sono mirati al miglioramento sismico attraverso l'incremento di almeno due Classi di Rischio o l'adeguamento sismico, da valutare nel dettaglio nelle fasi progettuali successive. Con ciò si intende il miglioramento del rischio della costruzione con incidenza sul valore PAM e sulla capacità che la struttura possiede rispetto allo stato limite della salvaguardia sulla vita. Tale valore è stato valutato come rapporto tra PGAa (SLV) anteoperam e la PGAp (SLV) postoperam, determinata attraverso il metodo convenzionale nel rispetto della normativa vigente (NTC 2018) e della circolare ministeriale applicativa del 21 gennaio 2019.

### 1.3. Tipologia FM03

#### 1.3.1. Individuazione dei siti in esame

Di seguito si riporta una tabella che riassume i parametri generali del sito in esame, con gli identificativi e le coordinate dei punti che includono gli edifici.

Provincia	Comune	Tipologia	Via	Latitudine	Longitudine
Roma	Fiumicino	FM03	Via Oder 5-33	41.4519°	12.1352°
Roma	Fiumicino	FM03	Via Tago 6-32	41.4519°	12.1352°
Roma	Fiumicino	FM03	Via Vistola 2-6-10-16-20-24-28-30-34-38-42-46-50-52	41.4519°	12.1352°

**Tabella 31.** Parametri generali del sito in esame

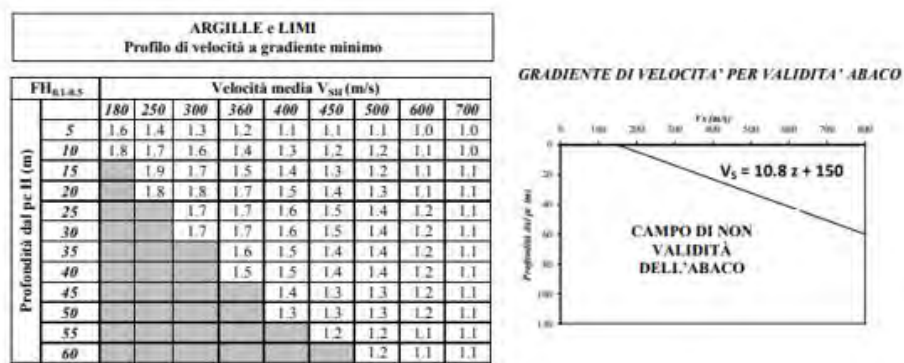


**Figura 17.** Individuazione del sito in esame (immagine da google earth)

#### 1.3.2. Determinazione della categoria di sottosuolo

Per la determinazione della categoria di sottosuolo, in assenza di indagini geologiche specifiche per ogni intervento da realizzare, è possibile stimare in via preliminare e con le approssimazioni del caso, la velocità delle onde VS facendo specifico riferimento agli abachi regionali di microzonazione sismica ai sensi della DGR Lazio n. 545 del 26 novembre 2010, forniti sul portale della Regione Lazio. Nello specifico andando ad individuare la carta delle microzone omogenee in prospettiva

sismica per il comune di interesse, è possibile risalire alla tipologia del sottosuolo e relativo spessore. Dalla carta riportata in figura 2, si evidenzia che il sito oggetto del presente studio ricade all'interno delle zone stabili suscettibili di amplificazione sismica (SA9) che sono caratterizzate dalla presenza nel primo strato di 5 m da limi carboniosi, argille torbose e da un secondo strato massimo di 20 m di dune costiere. In funzione di questo, entrando in via approssimativa nell'abaco ( $V_s/h$ ) riportato in figura 2, relativo alle ghiaie alluvionali, detritiche e sabbie di alterazione, si determina il valore di  $V_s$  che viene utilizzato per la stima approssimata della categoria di sottosuolo entrando nella tabella 3.2.II del D.M. 17 Gennaio 2018.



**Tabella 32.** Abaco per le ghiaie alluvionali, detritiche e sabbie di alterazione

Nello specifico facendo riferimento all'andamento della velocità  $V_s$  con la profondità  $z$  dello strato dal piano campagna, si ottiene un valore delle velocità  $V_s$  pari a:

$$V_s = 10.8 * z + 150 = 258 \text{ m/s}$$



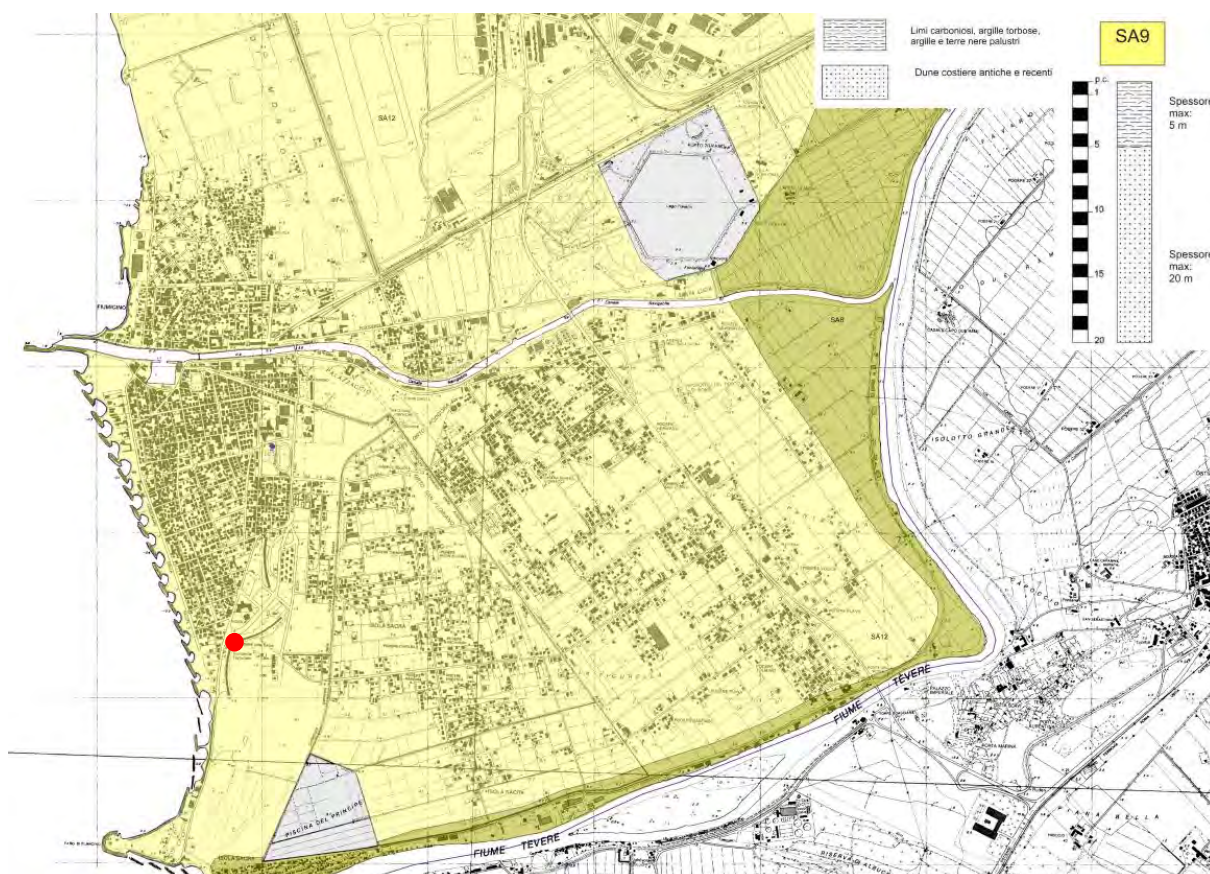


Figura 18. Zona omogenea in prospettiva sismica

In relazione alle formulazioni sopra riportate avendo ottenuto un valore delle Vs pari a 258 m/s ed entrando nella tabella 3 sotto riportata si ottiene una categoria di sottosuolo C “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*”.

Per le condizioni topografiche che nel caso specifico si configurano in superficiali semplici si può adottare la classificazione riportata nella tabella 4 e nello specifico si ricade nella categoria T1.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 33. Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 34. Tab. 3.2. III – Categorie topografiche

### 1.3.3. Analisi sismica

#### 1.3.3.1. Determinazione del fattore di comportamento q

Si riportano in dettaglio le caratteristiche principali della struttura in esame, utili per il calcolo del fattore di comportamento q e dell'azione sismica.

Classe d'uso	Vita nominale	Coeff. Uso	Duttilità	Regolarità in pianta	Regolarità in altezza	Tipologia strutturale
II	50	1	B	si	si	Telaio in c.a.

L'analisi strutturale per azioni sismiche utilizzata per la verifica è del tipo lineare (cap. 7.3.1 NTC 2018). Per sistemi non dissipativi (SLE), gli effetti delle azioni sono calcolati riferendosi ad uno spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di comportamento  $q=1$  per lo stato limite di operatività (SLO) (cap. 3.2.3.4 NTC 2018) e un fattore di comportamento  $q \leq 1.5$  per stato limite di danno (SLD) (cap. 3.2.3.5 NTC 2018). Per sistemi dissipativi (SLU), gli effetti delle azioni sono calcolati riferendosi ad uno spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di struttura  $q \geq 1.5$  (cap. 3.2.3.5 NTC 2018).

Il calcolo del fattore di comportamento per i sistemi dissipativi è stato eseguito seguendo quanto riportato al capitolo 7 delle NTC 2018 in funzione dei parametri generali della struttura in esame. Si riportano, in tabella, i valori del fattore di comportamento utili per la valutazione dell'azione sismica nelle tre direzioni:

$q_0$	$\alpha_u/\alpha_i$	$k_r$	$q_x$	$q_y$	$q_z$
3	1.3	1	3.9	3.9	1.5

L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento  $V_r$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso. Fissato il periodo di riferimento  $V_r$  e la probabilità di superamento  $P_{ver}$  associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno  $T_r$  e i relativi parametri di pericolosità sismica:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

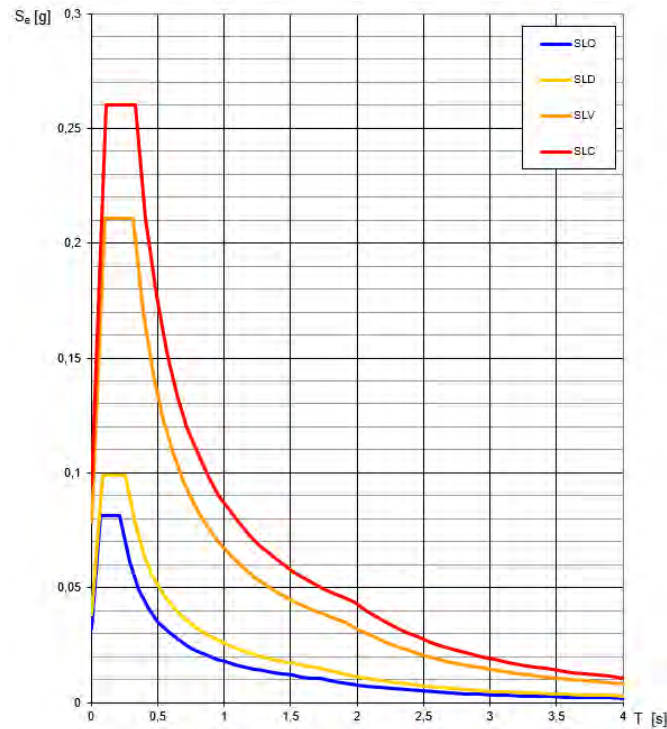
- $T_c^*$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0,032	2,531	0,219
SLD	50	0,038	2,585	0,259
SLV	475	0,078	2,690	0,319
SLC	975	0,095	2,746	0,333

**Tabella 35.** Valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  in funzione dei vari stati limite

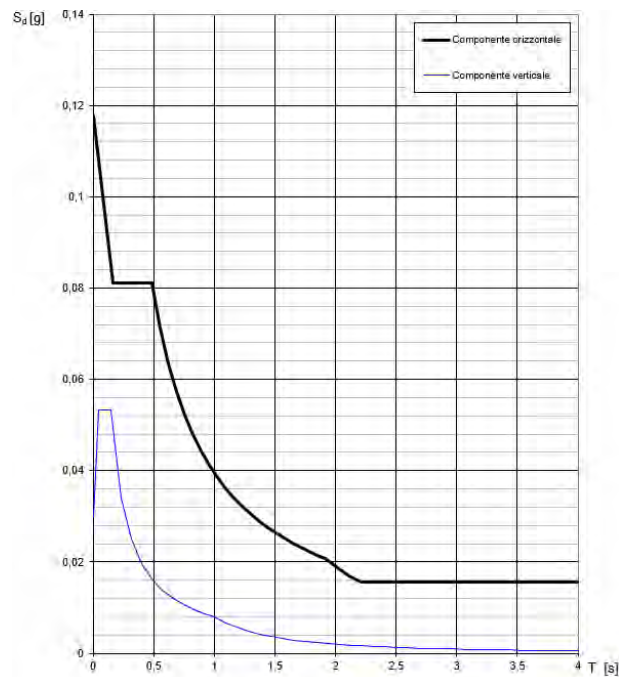


### 1.3.3.2. Spettri di risposta



**Figura 19.** Spettri di risposta elastici per i diversi stati limite

Con l'utilizzo del fattore di comportamento e dei parametri sismici dipendenti dal tipo di struttura in esame, precedentemente calcolati, si sono determinati gli spettri di calcolo agli stati limite SLV e SLD. Nel caso di utilizzo di isolatori sismici si farà riferimento allo spettro ad SLV per la sovrastruttura e ad SLC per gli isolatori. Tali spettri saranno opportunamente scalati in funzione dello smorzamento e del periodo scelto.



**Figura 20.** Spettri di risposta (componenti orizz.\_vert.) per lo SLV

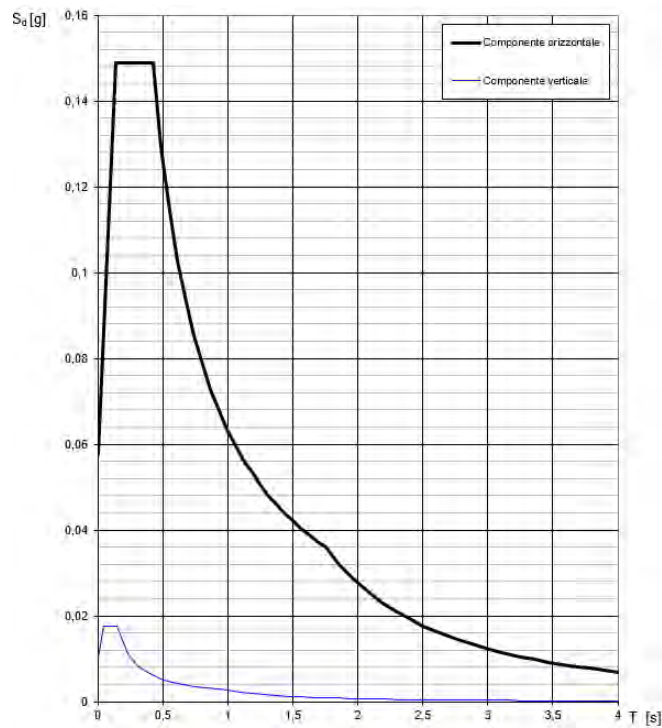


Figura 21. Spettri di risposta (componenti orizz.\_vert.) per lo SLD

### 1.3.4. Carichi di progetto

#### 1.3.4.1. Carico della neve

Tale calcolo viene effettuato ai sensi di DM del 17 Gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni" e della Circolare Ministeriale Applicativa del 21 Gennaio 2019. Il carico neve sulle coperture è valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i * q_{sk} * C_e *$$

dove:

- $\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura;

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Tabella 36. Tab. 3.4.II – Valori dei coefficienti di forma

- $q_{sk}$  è il valore di riferimento del carico neve al suolo e dipende dalla zona climatica e dall'altitudine di riferimento del sito  $a_s$ , se è maggiore o inferiore a 200 m;



Figura 22. Zone di carico della neve

- $C_e$  è il coefficiente di esposizione che viene utilizzato per modificare il carico neve in funzione delle caratteristiche dell'area in cui sorge l'opera;

Topografia	Descrizione	$C_e$
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

Tabella 37. Tab. 3.4.I – Valori di  $C_z$  per diverse classi di esposizione

- $C_t$  è il coefficiente termico, generalmente assunto pari a 1;

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare e si calcola il valore del carico neve in copertura:

Zona	$s_s$ (m)	$q_{sk}$ (daN/m <sup>2</sup> )	$\mu_i$	$C_e$	$C_t$	$q_s$ (daN/m <sup>2</sup> )
III	3	60	0,8	1	1	48

Tabella 38. Determinazione del carico da neve in copertura

#### 1.3.4.2. Carico del vento

La velocità base di riferimento del vento  $v_b$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito ad un periodo di ritorno  $T_r = 50$  anni, ed è pari a:

$$v_b = v_{b0} * C_a$$

dove:

- $v_{b0}$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab.3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione;

- $c_a$  è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s * (a_s/a_0 - 1) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

dove:

- $a_0, k_s$  sono parametri forniti nella Tab.3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione;
- $a_s$  è l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione.

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32



**Figura 23.** Valori dei parametri  $v_{b,0}, a_0, k_s$

**Figura 24.** Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

La velocità di riferimento  $v_r$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito al periodo di ritorno di progetto  $T_r$ .

$$v_r = v_b * c_r$$

- $v_b$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata
- $c_r$  è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto  $T_r$  fornito dalla relazione

$$c_r = 0.75 * \sqrt{1 - 0.2 * \ln[-\ln * (1 - 1/T_r)]}$$

Quindi:

$v_{b,0}$ (m/s)	$a_s$	$c_a$	$v_b$	$T_r$	$c_r$	$v_r$ (m/s)
27	3	1	27	50	1,0007	27.02

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r * c_e * c_p * c_d$$

dove:

- $q_r$  è la pressione cinetica di riferimento data dall'espressione

$$q_r = \frac{1}{2} * \rho * v_r^2 \quad \text{in cui } \rho \text{ è la densità dell'aria pari a } 1.25 \text{ kg/m}^3$$

•  $c_e$  è il coefficiente di esposizione che dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. Per altezze sul suolo non maggiori di 200 m è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_r^2 * c_t * \ln(z/z_0) * [7 + c_t * \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

dove:

- $k_r$ ,  $z_0$ ,  $z_{min}$  sono assegnati in Tab.3.3.II in funzione della categoria di esposizione del sito.
- $c_t$  è il coefficiente di topografia, posto generalmente uguale a 1.

Categoria di esposizione del sito	$K_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

**Tabella 39.** Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media non superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, e D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa); c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...)

**Tabella 40.** Classi di rugosità del terreno

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa					
	mare					
	2 km	10 km	30 km	500m	750m	
A	- -	IV	IV	V	V	V
B	- -	III	III	IV	IV	IV
C	- -	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

**Tabella 41.** Definizione delle categorie di esposizione

$q_r$	Rugosità	Esposizione	$c_e(z)$	$c_e(z_{min})$
456	D	I	2,927	1,883

**Tabella 42.** Definizione dei coefficienti di esposizione

●  $c_p$  è il coefficiente di pressione e dipende dalla tipologia, dalla geometria della costruzione e dal suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il coefficiente globale  $c_{pe}$  che può essere utilizzato in tutti i casi in cui la rappresentazione delle azioni aereodinamiche del vento possa essere effettuata in maniera semplificata, rivolta alla valutazione delle azioni globali su porzioni estese di costruzioni o delle risultanti delle azioni indotte dal vento sugli elementi principali della struttura. I coefficienti  $c_{pe}$  da assumere sulle pareti dell'edificio a pianta rettangolare sono diagrammati in base al rapporto  $h/d$ , avendo indicato con  $h$  l'altezza del manufatto e con  $d$  la profondità dell'edificio, valutata parallelamente al flusso di lavoro:

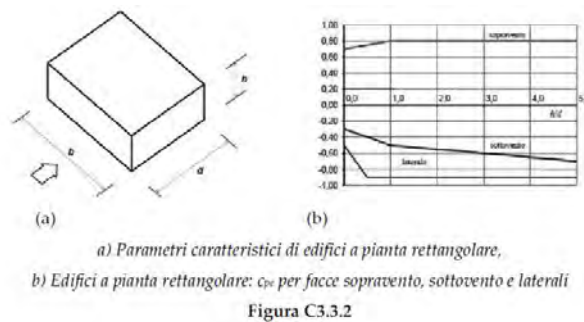


Figura C3.3.2

Tabella C3.3.I: Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravvento, sottovento e laterali

Faccia sopravvento	$C_U = 2,0$	$C_U = 1,5$
$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = 0,7 + 0,1 \cdot h/d$	$h/d \leq 0,5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,8 \cdot h/d$	$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = -0,3 - 0,2 \cdot h/d$
$h/d > 1$ : $c_{pe} = 0,8$	$h/d > 0,5$ : $c_{pe} = -0,9$	$1 < h/d \leq 5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,05 \cdot (h/d - 1)$

Tabella 43. Coefficienti di pressione delle facciate secondo NTC2018

Quindi i coefficienti per le facce sopravvento e sottovento sono:

b	d	h	h/d	$c_{pe}$ -sopravvento	$c_{pe}$ -sottovento
40	11	21	1.91	0.80	-0.55

Tabella 44. Definizione dei coefficienti di pressione

## COPERTURA PIANA

Per la copertura piana, l'altezza di riferimento  $z_e$  è pari alla quota massima della copertura stessa, inclusa la presenza dei parapetti e di altri analoghi elementi. I coefficienti globali  $c_{pe}$  da assumere sulle coperture di un edificio a pianta rettangolare sono riportati di seguito:

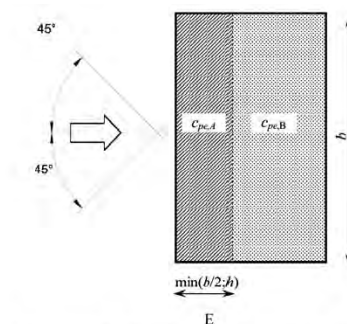


Figura C3.3.5 - Schema di riferimento per coperture piane

Tabella C3.3.III - Edifici rettangolari:  $c_{pe}$  per coperture piane.

Fascia sovravento di profondità pari al minimo tra $b/2$ e $h$ :	$c_{pe,A} = -0,80$
Restanti zone	$c_{pe,B} = \pm 0,20$

Tabella 45. Definizione  $c_{pe}$  per coperture piano

Le pressioni interne agli edifici dipendono dalla superficie delle aperture che questi presentano verso l'esterno. Nel caso in esame si assumono valori del coefficiente di pressione interno pari a  $c_{pi} = +0,2$  e  $c_{pi} = -0,30$ , considerando il caso che di volta in volta conduce alla situazione maggiormente gravosa.

•  $c_d$  è il coefficiente dinamico e può essere assunto cautelativamente pari a 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m in altezza e capannoni industriali.

In funzione dei coefficienti analizzati e della pressione cinetica di riferimento, si calcola la pressione del vento per la copertura e per le facciate sovravento e sottovento considerando i valori massimi e minimi.

Facciata	Sovravento	Sottovento
$p_{min}$ (daN/m <sup>2</sup> )	516	-726
$p_{max}$ (daN/m <sup>2</sup> )	887	-1249
Copertura	Sovravento	Sottovento
$p$ (daN/m <sup>2</sup> )	-1626	-739



### **1.3.5. Interventi per il miglioramento sismico – edifici in cemento armato**

Gli interventi previsti per la riduzione del rischio sismico si dividono in:

- interventi che consentono il passaggio di una sola Classe di Rischio;
- interventi che possono consentire il passaggio fino a due Classi di Rischio.

La prima tipologia di interventi considerati è quella contenuta nelle “Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni” (D.M. 65/2017-allegato A). Per gli edifici in cemento armato, se la struttura è stata originariamente concepita con la presenza di telai in entrambe le direzioni, è prevista la possibilità di ritenere valido il passaggio alla Classe di Rischio immediatamente superiore se vengono effettuati gli interventi seguenti:

- incamiciatura dei pilastri e dei nodi pilastro-trave per tutte le pilastrate e le travi disposte lungo il perimetro dell'edificio;
- opere volte a scongiurare il ribaltamento delle tamponature, compiute su tutte le tamponature perimetrali presenti sulle facciate;
- eventuali opere di ripristino delle zone danneggiate e/o degradate.

La seconda tipologia di interventi considerati riguarda l'utilizzo di:

- isolamento sismico in fondazione.

Questa tipologia di interventi, viene presa in considerazione nel caso in cui le lavorazioni vengono eseguite senza dover in alcun modo evacuare gli inquilini dell'edificio, quindi quando per esempio:

- è presente un piano interrato dove sono presenti garage;
- è presente un piano terra dove sono presenti negozi;
- è presente un piano pilotis dove sono presenti cantine.

Nel caso si adotti l'intervento di isolamento sismico in fondazione bisogna fare una differenza in funzione della presenza o meno di un piano interrato.

Nel caso in cui **fosse presente il piano interrato** (adibito a garage o cantine), l'intervento di isolamento sismico alla base prevede di tagliare il pilastro del piano interrato all'altezza delle travi del piano terra inserendo l'isolatore sismico opportunamente dimensionato e ringrossando ove necessario il nodo trave pilastro. Risulta inoltre indispensabile creare una trincea perimetrale esterna che consenta all'edificio gli spostamenti generati dall'azione sismica.

Nel caso in cui **non fosse presente un piano interrato**, ma ad esempio un piano pilotis con cantine, l'intervento prevede di creare un piano di scorrimento che può essere realizzato in funzione delle opportunità e delle esigenze o all'attacco tra fondazione e pilastri oppure direttamente sopra la soletta del piano terra. Il piano di scorrimento viene creato attraverso un reticolo di travi in acciaio collegate ad ogni pilastro sopra le quali viene posata una lamiera grecata con successivo

getto di soletta armata con rete. La soluzione ad unico piano di scorrimento anche per edifici estesi con giunti sismici risulta essere ampiamente perseguibile.

Sotto ogni pilastro e sotto il piano di scorrimento viene predisposto un opportuno isolatore sismico (ad esempio friction pendulum). Anche in questo caso come nel precedente risulta indispensabile creare una trincea perimetrale che possa garantire gli spostamenti attesi dovuti all'azione sismica.

In tutti i casi citati, si tratta di interventi la cui progettazione richiede informazioni dettagliate sulla geometria e sulle caratteristiche meccaniche degli elementi resistenti allo stato attuale e la cui efficacia può essere valutata solo con analisi strutturali condotte per mezzo di adeguati modelli di calcolo. In questa fase ci si limiterà, pertanto, ad una descrizione sommaria degli interventi e ad una valutazione di massima del costo.

#### **1.3.5.1. Sintesi degli interventi previsti**

##### **ISOLATORI SISMICI**

---

L'isolamento sismico alla base di un edificio comporta una notevole riduzione della azione sismica, tale da annullare la necessità di procedere ad opere di rinforzo della struttura.

La funzione principale svolta dall'isolatore sismico è quella di consentire il disaccoppiamento della sovrastruttura dalla fondazione. Ne consegue la riduzione delle accelerazioni trasmesse alla sovrastruttura, che si comporta come un corpo rigido al di sopra degli isolatori.

Gli effetti sono:

- incremento del periodo proprio di oscillazione della struttura, che si allontana dal periodo dominante dei terremoti;
- sensibile riduzione delle forze di progetto da applicare alla sovrastruttura.

L'operazione richiede il taglio dei pilastri nella zona di collegamento con la fondazione. Durante tale operazione, occorre trasferire il carico dalla zona sovrastante a quella sottostante la sezione di taglio.

Lo schema statico della sovrastruttura è alterato poiché si inserisce una cerniera nel pilastro e quindi occorre apportare opportuni rinforzi locali in modo che la struttura modificata sia in grado di resistere alle sollecitazioni.

L'isolamento sismico comporta limitate interferenze con l'esistente:

- gli interventi sono eseguiti solo al livello del piano di isolamento;
- l'utilizzo del fabbricato e delle attività che vi si svolgono non sono interrotti, se non per periodi limitati.

Come per la tipologia di interventi riportati ai paragrafi precedenti, l'efficacia degli interventi da eseguire per l'isolamento sismico può essere valutata solo con analisi strutturale condotta con

idonei programmi di calcolo, mediante modellazione della struttura agli elementi finiti, previo rilievo dettagliato della geometria strutturale e caratterizzazione meccanica dei materiali costituenti gli elementi resistenti attuali da eseguire sulla base di una campagna di indagini in sito e prove di laboratorio.

#### **1.3.6. Conclusioni**

Per quanto concerne gli aspetti prettamente strutturali, l'intervento di miglioramento sismico adottato per la tipologia oggetto della presente relazione, prevede l'utilizzo di appositi isolatori sismici alla base opportunamente dimensionati per garantire un comportamento disaccoppiato della struttura e per garantire una centratura tra il centro di massa e centro di rigidità. Nel miglioramento sismico con isolatori, si è garantito che la sovrastruttura e sottostruttura sia mantenuta in campo elastico. Si è scelto quindi di utilizzare questo tipo di intervento in quanto, dai sopralluoghi effettuati, si è riscontrato che le attività per garantire un isolamento sismico alla base dell'edificio non vanno ad interferire in alcun modo né in termini di organizzazione né di sicurezza con il regolare esercizio della struttura.

Gli interventi strutturali previsti sono mirati al miglioramento sismico attraverso l'incremento di 2 classe di rischio, ovvero al miglioramento del rischio della costruzione con incidenza sul valore PAM e sulla capacità che la struttura possiede rispetto allo stato limite della salvaguardia sulla vita. Tale valore è stato valutato come rapporto tra PGAa (SLV) anteoperam e la PGAp (SLV) postoperam, determinata attraverso il metodo convenzionale nel rispetto della normativa vigente (NTC 2018) e della circolare ministeriale applicativa del 21 gennaio 2019.

## 1.4. Tipologia FM04

### 1.4.1. Individuazione dei siti in esame

Di seguito si riporta una tabella che riassume i parametri generali del sito in esame, con gli identificativi e le coordinate dei punti che includono gli edifici.

Provincia	Comune	Tipologia	Via	Latitudine	Longitudine
Roma	Fiumicino	FM04	Via del Porto di Claudio n° 19	41.4627°	12.1359°

Tabella 46. Parametri generali del sito in esame

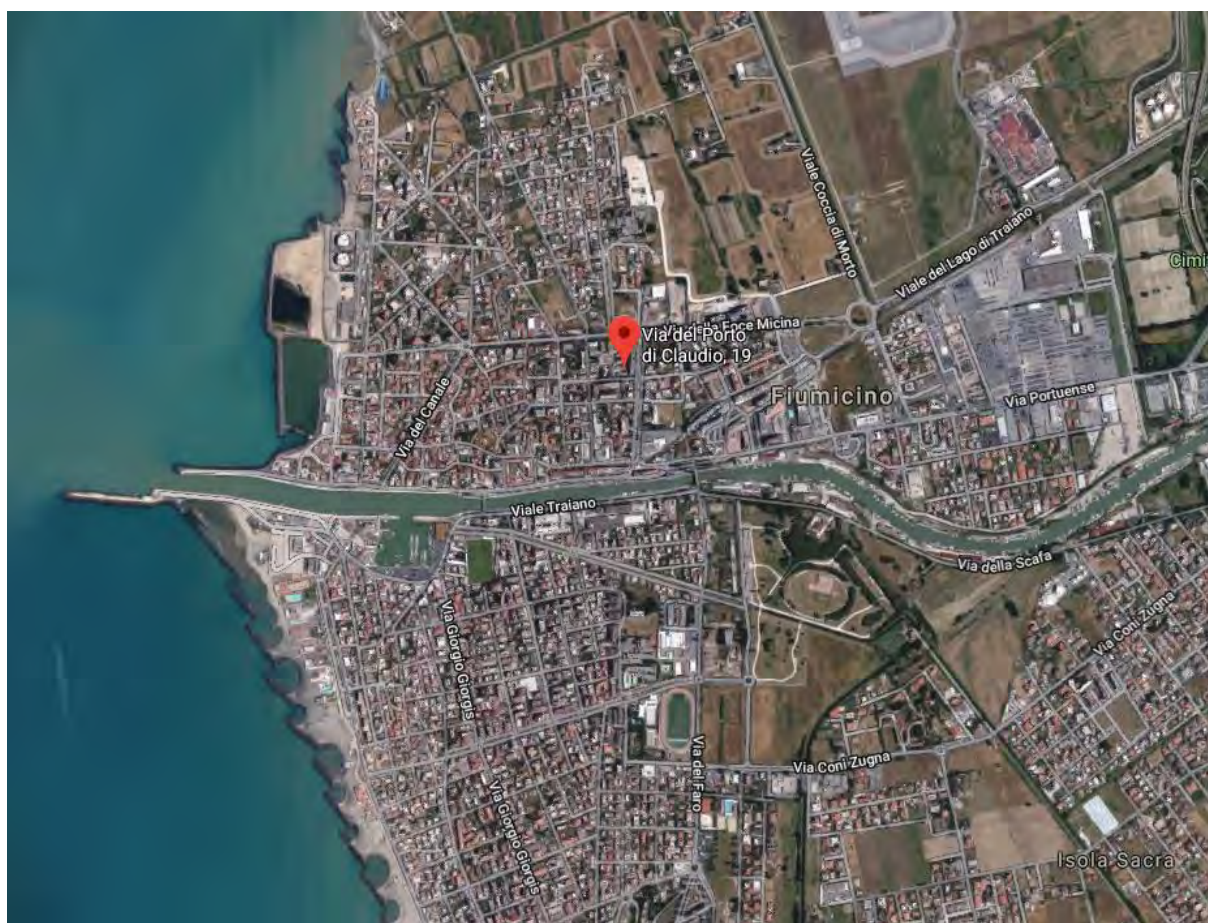


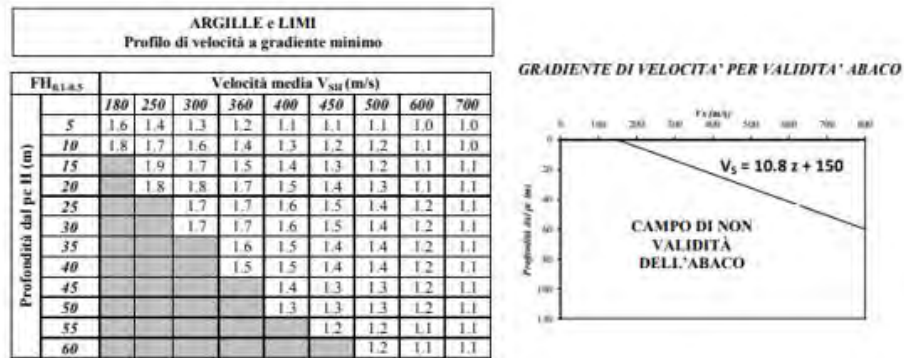
Figura 25. Individuazione del sito in esame (immagine da google earth)

### 1.4.2. Determinazione della categoria di sottosuolo

Per la determinazione della categoria di sottosuolo, in assenza di indagini geologiche specifiche per ogni intervento da realizzare, è possibile stimare in via preliminare e con le approssimazioni del caso, la velocità delle onde VS facendo specifico riferimento agli abachi regionali di microzonazione sismica ai sensi della DGR Lazio n. 545 del 26 novembre 2010, forniti sul portale della Regione Lazio. Nello specifico andando ad individuare la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica per il comune di interesse, è possibile risalire alla tipologia del sottosuolo e relativo spessore. Dalla carta riportata in figura 2, si evidenzia che il sito oggetto del presente studio ricade all'interno



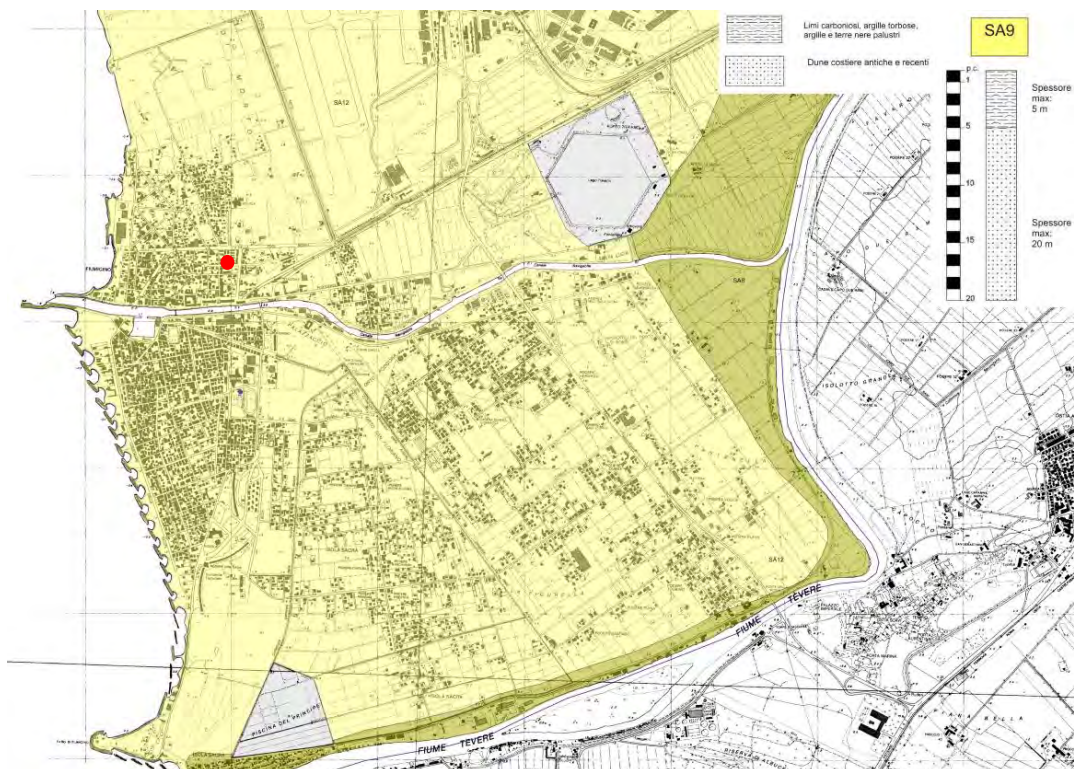
delle zone stabili suscettibili di amplificazione sismica (SA9) che sono caratterizzate dalla presenza nel primo strato di 5 m da limi carboniosi, argille torbose e da un secondo strato massimo di 20 m di dune costiere. In funzione di questo, entrando in via approssimativa nell'abaco ( $V_s/h$ ) riportato in figura 2, relativo alle ghiaie alluvionali, detritiche e sabbie di alterazione, si determina il valore di  $V_s$  che viene utilizzato per la stima approssimata della categoria di sottosuolo entrando nella tabella 3.2.II del D.M. 17 Gennaio 2018.



**Tabella 47.** Abaco per le ghiaie alluvionali, detritiche e sabbie di alterazione

Nello specifico facendo riferimento all'andamento della velocità  $V_s$  con la profondità  $z$  dello strato dal piano campagna, si ottiene un valore delle velocità  $V_s$  pari a:

$$V_s = 10.8 * z + 150 = 258 \text{ m/s}$$



**Figura 26.** Zona omogenea in prospettiva sismica

In relazione alle formulazioni sopra riportate avendo ottenuto un valore delle Vs pari a 258 m/s ed entrando nella tabella 3 sotto riportata si ottiene una categoria di sottosuolo C “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*”.

Per le condizioni topografiche che nel caso specifico si configurano in superficiali semplici si può adottare la classificazione riportata nella tabella 4 e nello specifico si ricade nella categoria T1.

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
<b>E</b>	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

**Tabella 48.** Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
<b>T1</b>	<b>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media <math>i \leq 15^\circ</math></b>
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

**Tabella 49.** Tab. 3.2. III – Categorie topografiche

### 1.4.3. Analisi sismica

#### 1.4.3.1. Determinazione del fattore di comportamento q

Si riportano in dettaglio le caratteristiche principali della struttura in esame, utili per il calcolo del fattore di comportamento q e dell'azione sismica.

Classe d'uso	Vita nominale	Coeff. Uso	Duttilità	Regolarità in pianta	Regolarità in altezza	Tipologia strutturale
II	50	1	B	sì	sì	Muratura

L'analisi strutturale per azioni sismiche utilizzata per la verifica è del tipo lineare (cap. 7.3.1 NTC 2018). Per sistemi non dissipativi (SLE), gli effetti delle azioni sono calcolati riferendosi ad uno spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di comportamento  $q=1$  per lo stato limite di operatività (SLO) (cap. 3.2.3.4 NTC 2018) e un fattore di comportamento  $q \leq 1.5$  per stato limite di danno (SLD) (cap. 3.2.3.5 NTC 2018). Per sistemi dissipativi (SLU), gli effetti delle azioni sono



calcolati riferendosi ad uno spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di struttura  $q \geq 1.5$  (cap. 3.2.3.5 NTC 2018).

Il calcolo del fattore di comportamento per i sistemi dissipativi è stato eseguito seguendo quanto riportato al capitolo 7 delle NTC 2018 in funzione dei parametri generali della struttura in esame. Si riportano, in tabella, i valori del fattore di comportamento utili per la valutazione dell'azione sismica nelle tre direzioni:

$q_0$	$\alpha_u/\alpha_i$	$k_r$	$q_x$	$q_y$	$q_z$
$1,75^* \alpha_u/\alpha_i$	1.7	1	2.975	2.975	1.5

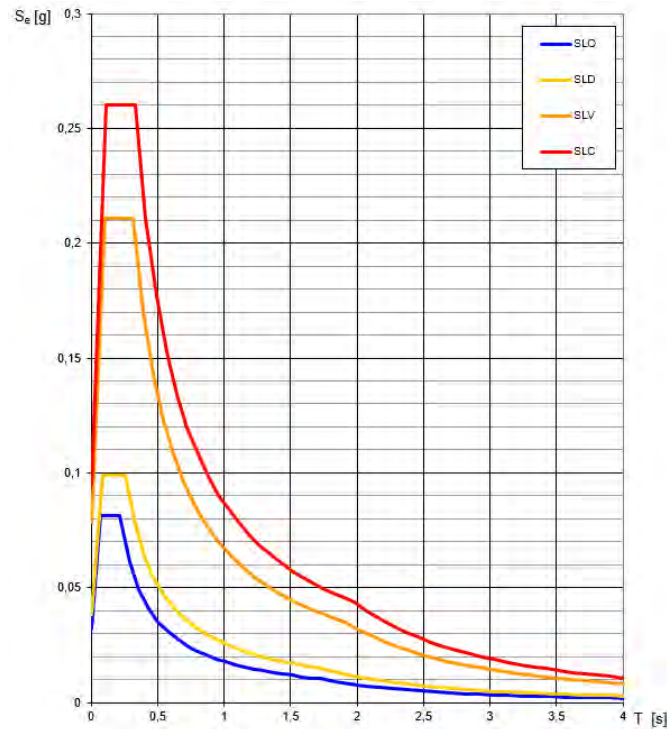
L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento  $V_r$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso. Fissato il periodo di riferimento  $V_r$  e la probabilità di superamento  $P_{ver}$  associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno  $T_r$  e i relativi parametri di pericolosità sismica:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0,032	2,531	0,219
SLD	50	0,038	2,585	0,259
SLV	475	0,078	2,690	0,319
SLC	975	0,095	2,746	0,333

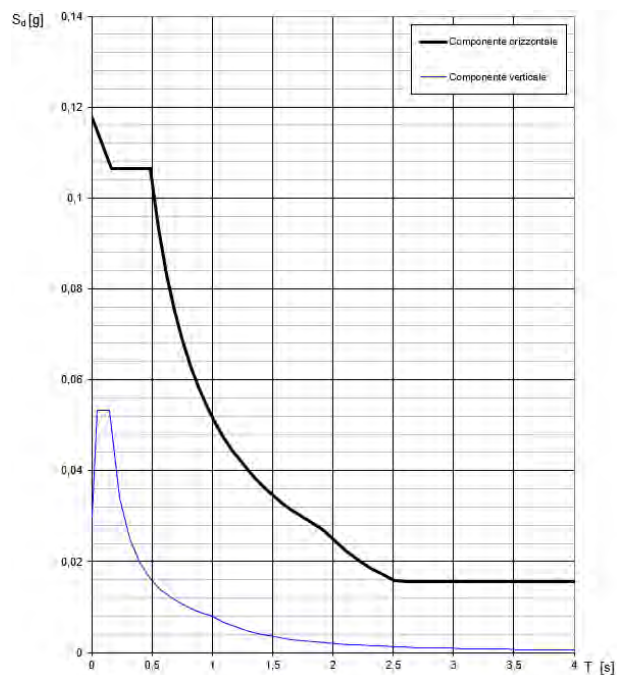
**Tabella 50.** Valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  in funzione dei vari stati limite

#### 1.4.3.2. Spettri di risposta



**Figura 27.** Spettri di risposta elastici per i diversi stati limite

Con l'utilizzo del fattore di comportamento e dei parametri sismici dipendenti dal tipo di struttura in esame, precedentemente calcolati, si sono determinati gli spettri di calcolo agli stati limite SLV e SLD. Nel caso di utilizzo di isolatori sismici si farà riferimento allo spettro ad SLV per la sovrastruttura e ad SLC per gli isolatori. Tali spettri saranno opportunamente scalati in funzione dello smorzamento e del periodo scelto.



**Figura 28.** Spettri di risposta (componenti orizz.\_vert.) per lo SLV

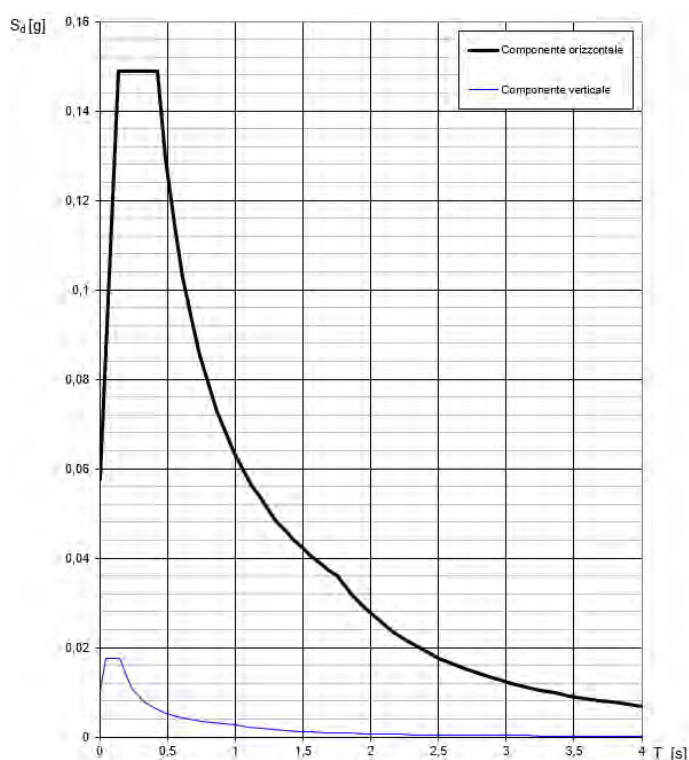


Figura 29. Spettri di risposta (componenti orizz.\_vert.) per lo SLD

#### 1.4.4. Carichi di progetto

##### 1.4.4.1. Carico della neve

Tale calcolo viene effettuato ai sensi di DM del 17 Gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni" e della Circolare Ministeriale Applicativa del 21 Gennaio 2019. Il carico neve sulle coperture è valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i * q_{sk} * C_e *$$

dove:

- $\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura;

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Tabella 51. Tab. 3.4.II – Valori dei coefficienti di forma

- $q_{sk}$  è il valore di riferimento del carico neve al suolo e dipende dalla zona climatica e dall'altitudine di riferimento del sito  $a_s$ , se è maggiore o inferiore a 200 m;



Figura 30. Zone di carico della neve

- $C_e$  è il coefficiente di esposizione che viene utilizzato per modificare il carico neve in funzione delle caratteristiche dell'area in cui sorge l'opera;

Topografia	Descrizione	$C_e$
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

Tabella 52. Tab. 3.4.I – Valori di  $C_z$  per diverse classi di esposizione

- $C_t$  è il coefficiente termico, generalmente assunto pari a 1;

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare e si calcola il valore del carico neve in copertura:

Zona	$s_s$ (m)	$q_{sk}$ (daN/m <sup>2</sup> )	$\mu_i$	$C_e$	$C_t$	$q_s$ (daN/m <sup>2</sup> )
III	4	60	0,8	1	1	48

Tabella 53. Determinazione del carico da neve in copertura

#### 1.4.4.2. Carico del vento

La velocità base di riferimento del vento  $v_b$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito ad un periodo di ritorno  $T_r = 50$  anni, ed è pari a:

$$v_b = v_{b0} * c_a$$

dove:

- $v_{b0}$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab.3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione;

- $c_a$  è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s * (a_s/a_0 - 1) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

dove:

- $a_0, k_s$  sono parametri forniti nella Tab.3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione;
- $a_s$  è l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione.

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32



**Figura 31.** Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_s$

**Figura 32.** Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

La velocità di riferimento  $v_r$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito al periodo di ritorno di progetto  $T_r$ .

$$v_r = v_b * c_r$$

- $v_b$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata
- $c_r$  è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto  $T_r$  fornito dalla relazione

$$c_r = 0.75 * \sqrt{1 - 0.2 * \ln[-\ln * (1 - 1/T_r)]}$$

Quindi:

$v_{b,0}$ (m/s)	$a_s$	$c_a$	$v_b$	$T_r$	$c_r$	$v_r$ (m/s)
27	4	1	27	50	1,0007	27.02

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r * c_e * c_p * c_d$$

dove:

- $q_r$  è la pressione cinetica di riferimento data dall'espressione

$$q_r = \frac{1}{2} * \rho * v_r^2 \quad \text{in cui } \rho \text{ è la densità dell'aria pari a } 1.25 \text{ kg/m}^3$$

•  $c_e$  è il coefficiente di esposizione che dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. Per altezze sul suolo non maggiori di 200 m è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_r^2 * c_t * \ln(z/z_0) * [7 + c_t * \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

dove:

- $k_r$ ,  $z_0$ ,  $z_{min}$  sono assegnati in Tab.3.3.II in funzione della categoria di esposizione del sito.
- $c_t$  è il coefficiente di topografia, posto generalmente uguale a 1.

Categoria di esposizione del sito	$K_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

**Tabella 54.** Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media non superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, e D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa); c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...)

**Tabella 55.** Classi di rugosità del terreno

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa					
	mare					
	2 km	10 km	30 km	500m	750m	
A	- -	IV	IV	V	V	V
B	- -	III	III	IV	IV	IV
C	- -	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

**Tabella 56.** Definizione delle categorie di esposizione

$q_r$	Rugosità	Esposizione	$c_e(z)$	$c_e(z_{min})$
456	D	I	2,982	1,883

**Tabella 57.** Definizione dei coefficienti di esposizione



●  $c_p$  è il coefficiente di pressione e dipende dalla tipologia, dalla geometria della costruzione e dal suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il coefficiente globale  $c_{pe}$  che può essere utilizzato in tutti i casi in cui la rappresentazione delle azioni aereodinamiche del vento possa essere effettuata in maniera semplificata, rivolta alla valutazione delle azioni globali su porzioni estese di costruzioni o delle risultanti delle azioni indotte dal vento sugli elementi principali della struttura. I coefficienti  $c_{pe}$  da assumere sulle pareti dell'edificio a pianta rettangolare sono diagrammati in base al rapporto  $h/d$ , avendo indicato con  $h$  l'altezza del manufatto e con  $d$  la profondità dell'edificio, valutata parallelamente al flusso di lavoro:

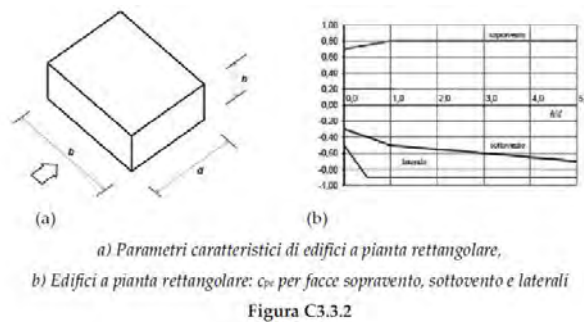


Figura C3.3.2

Tabella C3.3.I: Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravvento, sottovento e laterali

Faccia sopravvento	$C_U = 2,0$	$C_U = 1,5$
$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = 0,7 + 0,1 \cdot h/d$	$h/d \leq 0,5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,8 \cdot h/d$	$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = -0,3 - 0,2 \cdot h/d$
$h/d > 1$ : $c_{pe} = 0,8$	$h/d > 0,5$ : $c_{pe} = -0,9$	$1 < h/d \leq 5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,05 \cdot (h/d - 1)$

Tabella 58. Coefficienti di pressione delle facciate secondo NTC2018

Quindi i coefficienti per le facce sopravvento e sottovento sono:

b	d	h	h/d	$c_{pe}$ -sopravvento	$c_{pe}$ -sottovento
44	10	14	1,40	0,80	-0,52

Tabella 59. Definizione dei coefficienti di pressione

## COPERTURA PIANA

Per la copertura piana, l'altezza di riferimento  $z_e$  è pari alla quota massima della copertura stessa, inclusa la presenza dei parapetti e di altri analoghi elementi. I coefficienti globali  $c_{pe}$  da assumere sulle coperture di un edificio a pianta rettangolare sono riportati di seguito:

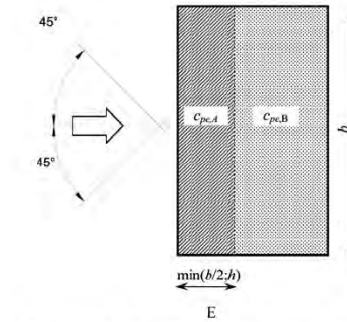


Figura C3.3.5 - Schema di riferimento per coperture piane

Tabella C3.3.III - Edifici rettangolari:  $c_{pe}$  per coperture piane.

Fascia sopravento di profondità pari al minimo tra $b/2$ e $h$ :	$c_{pe,A} = -0,80$
Restanti zone	$c_{pe,B} = \pm 0,20$

#### Definizione $c_{pe}$ per coperture piano

Le pressioni interne agli edifici dipendono dalla superficie delle aperture che questi presentano verso l'esterno. Nel caso in esame si assumono valori del coefficiente di pressione interno pari a  $c_{pi} = +0,2$  e  $c_{pi} = -0,30$ , considerando il caso che di volta in volta conduce alla situazione maggiormente gravosa.

- $c_d$  è il coefficiente dinamico e può essere assunto cautelativamente pari a 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m in altezza e capannoni industriali.

In funzione dei coefficienti analizzati e della pressione cinetica di riferimento, si calcola la pressione del vento per la copertura e per le facciate sopravento e sottovento considerando i valori massimi e minimi.

Facciata	Sopravento	Sottovento
$p_{min}$ (daN/m <sup>2</sup> )	516	-619
$p_{max}$ (daN/m <sup>2</sup> )	816	-980
Copertura	Sopravento	Sottovento
$p$ (daN/m <sup>2</sup> )	-1361	-544

#### 1.4.5. Interventi per il miglioramento sismico – edifici in muratura

Gli interventi previsti per la riduzione del rischio sismico si dividono in:

- interventi che possono consentire il miglioramento di almeno due Classi di Rischio o l'adeguamento sismico.

La tipologia di interventi considerati riguarda l'utilizzo di:

- cappotto sismico applicato alle pareti esterne dell'edificio.

Questa tipologia di interventi, viene presa in considerazione nel caso in cui le lavorazioni vengono eseguite senza dover in alcun modo evacuare gli inquilini dell'edificio, e quando la struttura risulta regolare in pianta e in altezza. Per gli edifici in cemento armato, nel caso di struttura a telai in entrambe le direzioni, è prevista la possibilità di ritenere valido il passaggio di più Classi di Rischio con la possibilità di raggiungere l'adeguamento sismico a seconda della tipologia di struttura.

#### **1.4.5.1. Sintesi degli interventi previsti**

##### **CAPPOTTO SISMICO**

Il cappotto sismico viene applicato sulle facciate esterne dell'edificio al fine di realizzare una nuova "pelle" sismo-resistente. E' costituito da una lastra sottile in calcestruzzo armato gettato in opera all'interno di due strati di materiale isolante, preinseriti in una maglia tridimensionale in acciaio zincato. La lastra in calcestruzzo può avere spessori variabili in base alla tipologia di intervento e nel caso in esame si ipotizza uno spessore di circa 8-10 cm; a livello delle travi esterne di piano si realizza un nuovo cordolo dello spessore della lastra più la larghezza dello strato di isolante addossato alla parete di circa 4 cm.

Il getto e l'armatura di rinforzo vengono resi solidali alla struttura esistente mediante, sia l'inserimento di connettori disposti a livello dei cordoli di piano e, se necessario, sui pilastri, sia disponendo opportuni ancoraggi sulla fondazione esistente o su una nuova fondazione addossata a quella esistente

La maglia tridimensionale in acciaio zincato consente di semplificare le operazioni di posa in opera delle armature strutturali, di minimizzare gli sfridi di cantiere e di realizzare uno strato di finitura ad intonaco particolarmente solida che garantisce la massima protezione del materiale isolante da urti accidentali ed agenti atmosferici.

Le norme NTC18 trattano le pareti in calcestruzzo soltanto per quanto riguarda le prescrizioni da seguire per strutture a comportamento dissipativo. Le lastre in calcestruzzo vengono invece dimensionate per garantire un comportamento elastico e non dissipativo nei confronti dell'azione sismica di progetto, rientrando nella tipologia di "strutture non dissipative". Per questo motivo le verifiche in resistenza degli elementi in calcestruzzo vengono effettuate seguendo l'approccio fornito dalla norma per gli elementi strutturali a comportamento non dissipativo, contenute nel capitolo 4 delle NTC18 mentre le prescrizioni contenute nel capitolo 7 non risultano vincolanti per il dimensionamento delle pareti.

Per quanto riguarda le connessioni tra edificio esistente e cappotto sismico, la valutazione analitica della resistenza degli ancoraggi metallici per calcestruzzo può essere effettuata secondo le linee

guida definite dal documento ETAG001-1997: "Linee guida per il benessere tecnico europeo di ancoraggi metallici da utilizzare nel calcestruzzo" e dai relativi allegati.

#### **1.4.6. Conclusioni**

Per quanto concerne gli aspetti prettamente strutturali, l'intervento di miglioramento sismico adottato per la tipologia oggetto della presente relazione, prevede l'utilizzo di un cappotto sismico, un sistema integrato di rafforzamento strutturale e miglioramento del benessere termoigrometrico dell'edificio. Questo intervento, oltre a non interrompere il normale esercizio della struttura permette la riduzione delle tempistiche del cantiere, in quanto i moduli da applicare sulle pareti esterne, risultano prefabbricati e sono comprensivi delle varie forometrie; in cantiere, l'attività sarà quella di prevedere il collegamento con la struttura esistente e la realizzazione del getto all'interno del cassero e, se necessario, il getto armato della nuova porzione di fondazione.

Gli interventi strutturali previsti sono mirati al miglioramento sismico attraverso l'incremento di almeno due Classi di Rischio o l'adeguamento sismico, da valutare nel dettaglio nelle fasi progettuali successive. Con ciò si intende il miglioramento del rischio della costruzione con incidenza sul valore PAM e sulla capacità che la struttura possiede rispetto allo stato limite della salvaguardia sulla vita. Tale valore è stato valutato come rapporto tra  $PGA_a$  (SLV) anteoperam e la  $PGA_p$  (SLV) postoperam, determinata attraverso il metodo convenzionale nel rispetto della normativa vigente (NTC 2018) e della circolare ministeriale applicativa del 21 gennaio 2019.

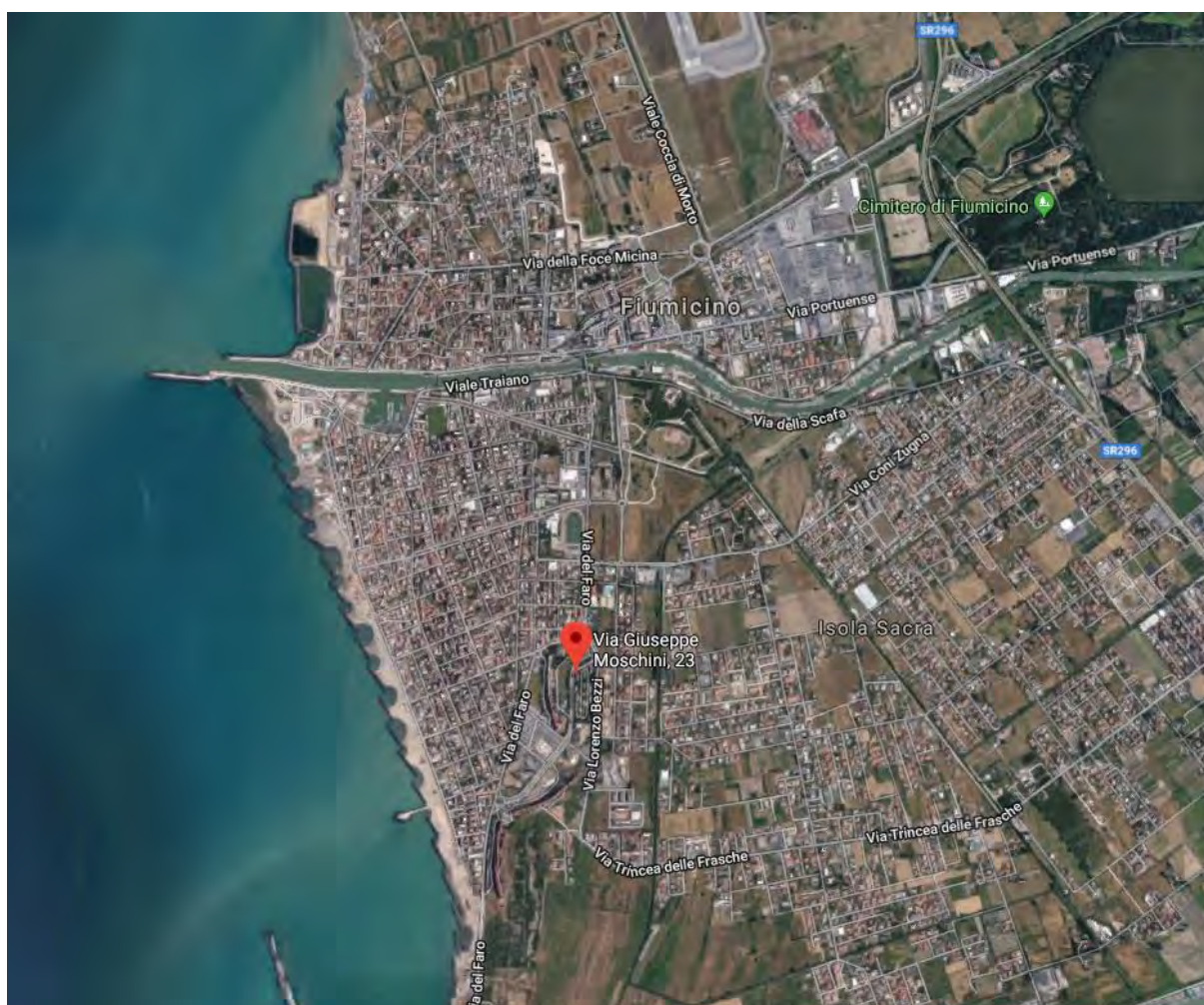
## 1.5. Tipologia FM05

### 1.5.1. Individuazione dei siti in esame

Di seguito si riporta una tabella che riassume i parametri generali del sito in esame, con gli identificativi e le coordinate dei punti che includono gli edifici.

Provincia	Comune	Tipologia	Via	Latitudine	Longitudine
Roma	Fiumicino	FM05	Via G. Moschini n° 23	41.7592°	12.2354°
Roma	Fiumicino	FM05	Via G. Moschini n° 27	41.7592°	12.2354°
Roma	Fiumicino	FM05	Via G. Moschini n° 31	41.7592°	12.2354°

**Tabella 60.** Parametri generali del sito in esame

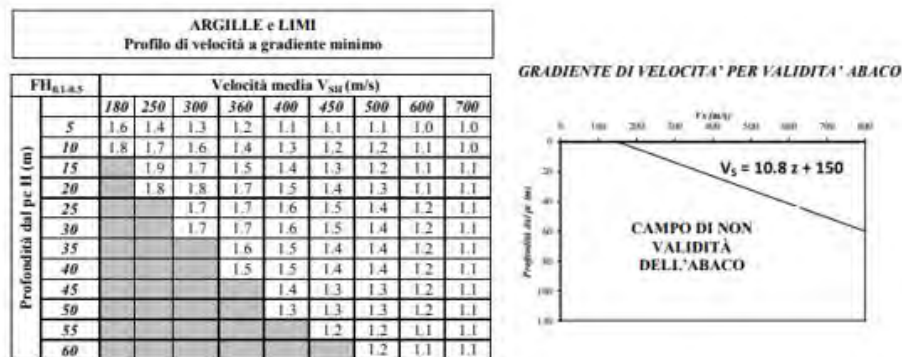


**Figura 33.** Individuazione del sito in esame (immagine da google earth)

### 1.5.2. Determinazione della categoria di sottosuolo

Per la determinazione della categoria di sottosuolo, in assenza di indagini geologiche specifiche per ogni intervento da realizzare, è possibile stimare in via preliminare e con le approssimazioni del caso, la velocità delle onde VS facendo specifico riferimento agli abachi regionali di microzonazione sismica ai sensi della DGR Lazio n. 545 del 26 novembre 2010, forniti sul portale della Regione

Lazio. Nello specifico andando ad individuare la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica per il comune di interesse, è possibile risalire alla tipologia del sottosuolo e relativo spessore. Dalla carta riportata in figura 2, si evidenzia che il sito oggetto del presente studio ricade all'interno delle zone stabili suscettibili di amplificazione sismica (SA9) che sono caratterizzate dalla presenza nel primo strato di 5 m da limi carboniosi, argille torbose e da un secondo strato massimo di 20 m di dune costiere. In funzione di questo, entrando in via approssimativa nell'abaco ( $V_s/h$ ) riportato in figura 2, relativo alle ghiaie alluvionali, detritiche e sabbie di alterazione, si determina il valore di  $V_s$  che viene utilizzato per la stima approssimata della categoria di sottosuolo entrando nella tabella 3.2.II del D.M. 17 Gennaio 2018.



**Tabella 61.** Abaco per le ghiaie alluvionali, detritiche e sabbie di alterazione

Nello specifico facendo riferimento all'andamento della velocità  $V_s$  con la profondità  $z$  dello strato dal piano campagna, si ottiene un valore delle velocità  $V_s$  pari a:

$$V_s = 10.8 * z + 150 = 258 \text{ m/s}$$



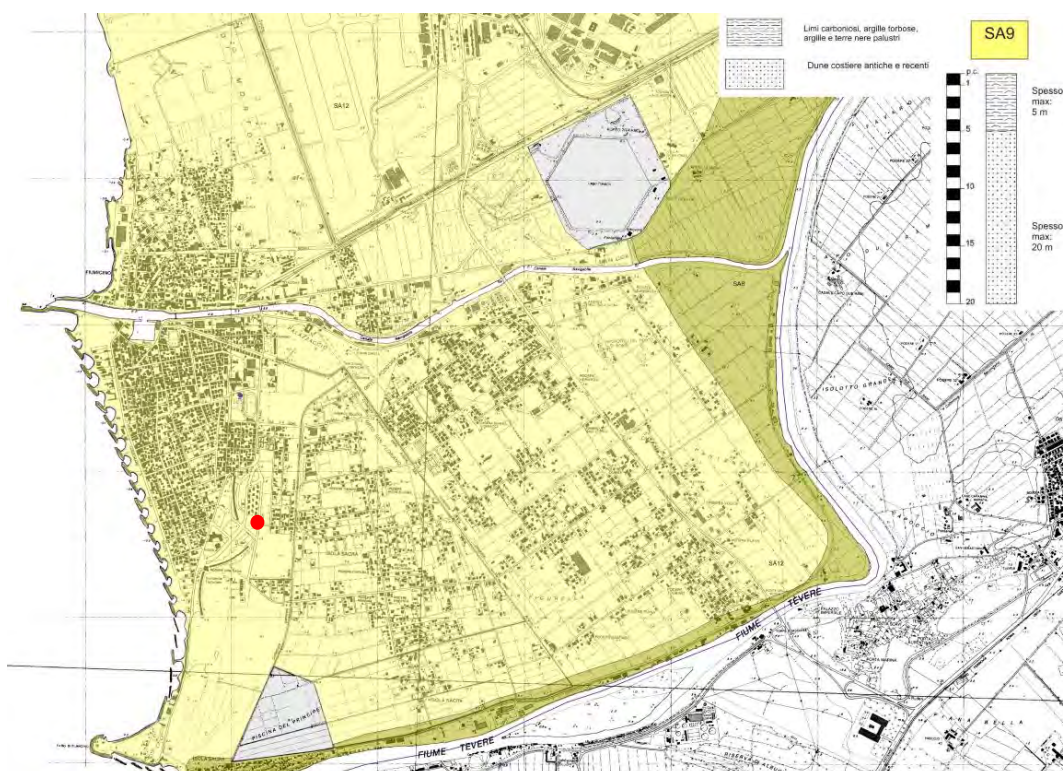


Figura 34. Zona omogenea in prospettiva sismica

In relazione alle formulazioni sopra riportate avendo ottenuto un valore delle Vs pari a 258 m/s ed entrando nella tabella 3 sotto riportata si ottiene una categoria di sottosuolo C “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*”.

Per le condizioni topografiche che nel caso specifico si configurano in superficiali semplici si può adottare la classificazione riportata nella tabella 4 e nello specifico si ricade nella categoria T1.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 62. Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 63. Tab. 3.2. III – Categorie topografiche

### 1.5.3. Analisi sismica

#### 1.5.3.1. Determinazione del fattore di comportamento q

Si riportano in dettaglio le caratteristiche principali della struttura in esame, utili per il calcolo del fattore di comportamento q e dell'azione sismica.

Classe d'uso	Vita nominale	Coeff. Uso	Duttilità	Regolarità in pianta	Regolarità in altezza	Tipologia strutturale
II	50	1	B	si	si	Muratura

L'analisi strutturale per azioni sismiche utilizzata per la verifica è del tipo lineare (cap. 7.3.1 NTC 2018). Per sistemi non dissipativi (SLE), gli effetti delle azioni sono calcolati riferendosi ad uno spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di comportamento  $q=1$  per lo stato limite di operatività (SLO) (cap. 3.2.3.4 NTC 2018) e un fattore di comportamento  $q \leq 1.5$  per stato limite di danno (SLD) (cap. 3.2.3.5 NTC 2018). Per sistemi dissipativi (SLU), gli effetti delle azioni sono calcolati riferendosi ad uno spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di struttura  $q \geq 1.5$  (cap. 3.2.3.5 NTC 2018).

Il calcolo del fattore di comportamento per i sistemi dissipativi è stato eseguito seguendo quanto riportato al capitolo 7 delle NTC 2018 in funzione dei parametri generali della struttura in esame. Si riportano, in tabella, i valori del fattore di comportamento utili per la valutazione dell'azione sismica nelle tre direzioni:

$q_0$	$\alpha_u/\alpha_i$	$k_r$	$q_x$	$q_y$	$q_z$
$1,75 * \alpha_u/\alpha_i$	1.7	1	2.975	2.975	1.5

L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento  $V_r$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso. Fissato il periodo di riferimento  $V_r$  e la probabilità di superamento  $P_{ver}$  associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno  $T_r$  e i relativi parametri di pericolosità sismica:

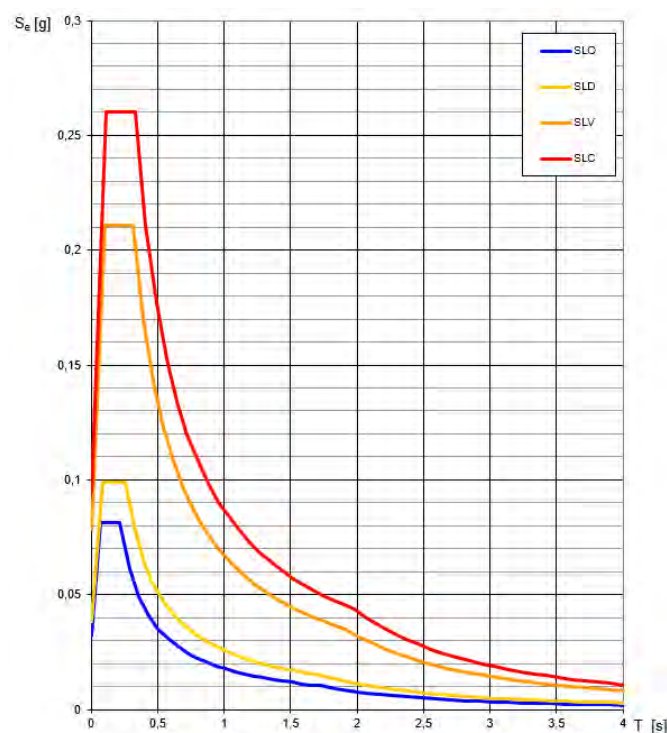
- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

- $T_c^*$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0,032	2,531	0,219
SLD	50	0,038	2,585	0,259
SLV	475	0,078	2,690	0,319
SLC	975	0,095	2,746	0,333

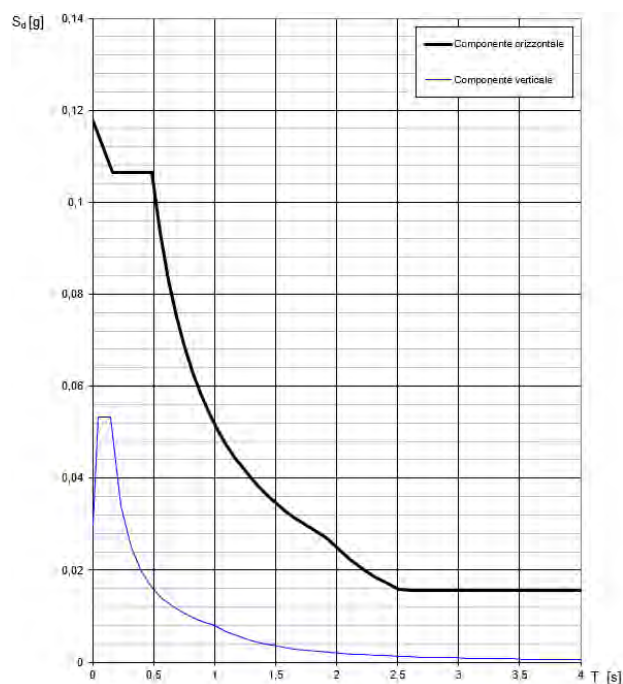
**Tabella 64.** Valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  in funzione dei vari stati limite

### 1.5.3.2. Spettri di risposta

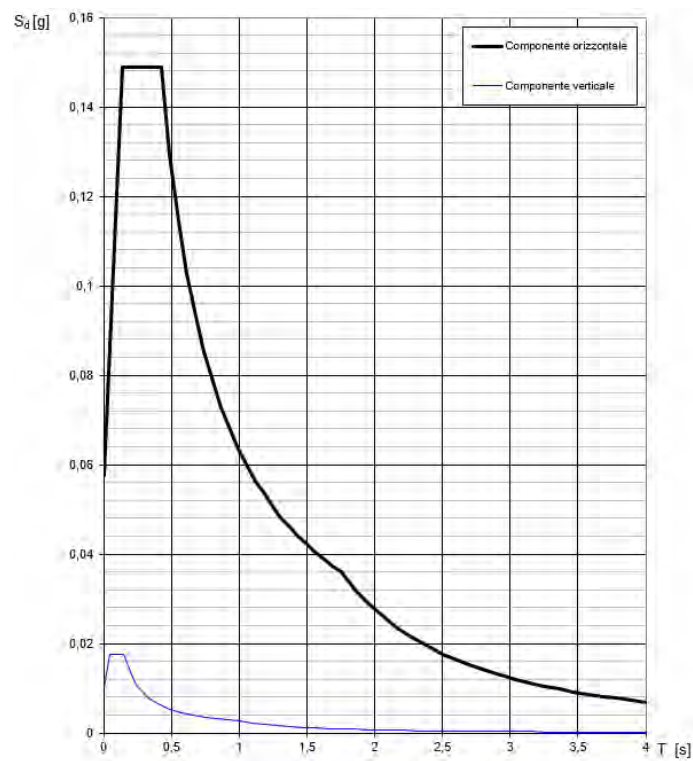


**Figura 35.** Spettri di risposta elastici per i diversi stati limite

Con l'utilizzo del fattore di comportamento e dei parametri sismici dipendenti dal tipo di struttura in esame, precedentemente calcolati, si sono determinati gli spettri di calcolo agli stati limite SLV e SLD. Nel caso di utilizzo di isolatori sismici si farà riferimento allo spettro ad SLV per la sovrastruttura e ad SLC per gli isolatori. Tali spettri saranno opportunamente scalati in funzione dello smorzamento e del periodo scelto.



**Figura 36.** Spettri di risposta (componenti orizz.\_vert.) per lo SLV



**Figura 37.** Spettri di risposta (componenti orizz.\_vert.) per lo SLD

#### 1.5.4. Carichi di progetto

##### 1.5.4.1. Carico della neve

Tale calcolo viene effettuato ai sensi di DM del 17 Gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni" e della Circolare Ministeriale Applicativa del 21 Gennaio 2019. Il carico neve sulle coperture è valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i * q_{sk} * C_e *$$

dove:

- $\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura;

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

**Tabella 65.** Tab. 3.4.II – Valori dei coefficienti di forma

- $q_{sk}$  è il valore di riferimento del carico neve al suolo e dipende dalla zona climatica e dall'altitudine di riferimento del sito  $a_s$ , se è maggiore o inferiore a 200 m;





**Figura 38.** Zone di carico della neve

- $C_e$  è il coefficiente di esposizione che viene utilizzato per modificare il carico neve in funzione delle caratteristiche dell'area in cui sorge l'opera;

Topografia	Descrizione	$C_e$
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

**Tabella 66.** Tab. 3.4.I – Valori di  $C_z$  per diverse classi di esposizione

- $C_t$  è il coefficiente termico, generalmente assunto pari a 1;

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare e si calcola il valore del carico neve in copertura:

Zona	$s_s$ (m)	$q_{sk}$ (daN/m <sup>2</sup> )	$\mu_i$	$C_e$	$C_t$	$q_s$ (daN/m <sup>2</sup> )
III	4	60	0,8	1	1	48

**Tabella 67.** Determinazione del carico da neve in copertura

#### 1.5.4.2. Carico del vento

La velocità base di riferimento del vento  $v_b$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito ad un periodo di ritorno  $T_r = 50$  anni, ed è pari a:

$$v_b = v_{b0} * C_a$$

dove:

- $v_{b0}$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab.3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione;



- $c_a$  è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s * (a_s/a_0 - 1) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

dove:

- $a_0, k_s$  sono parametri forniti nella Tab.3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione;
- $a_s$  è l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione.

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32



**Figura 39.** Valori dei parametri  $v_{b,0}, a_0, k_s$

**Figura 40.** Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

La velocità di riferimento  $v_r$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito al periodo di ritorno di progetto  $T_r$ .

$$v_r = v_b * c_r$$

- $v_b$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata
- $c_r$  è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto  $T_r$  fornito dalla relazione

$$c_r = 0.75 * \sqrt{1 - 0.2 * \ln[-\ln * (1 - 1/T_r)]}$$

Quindi:

$v_{b,0}$ (m/s)	$a_s$	$c_a$	$v_b$	$T_r$	$c_r$	$v_r$ (m/s)
27	4	1	27	50	1,0007	27.02

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r * c_e * c_p * c_d$$

dove:

- $q_r$  è la pressione cinetica di riferimento data dall'espressione

$$q_r = \frac{1}{2} * \rho * v_r^2 \quad \text{in cui } \rho \text{ è la densità dell'aria pari a } 1.25 \text{ kg/m}^3$$

•  $c_e$  è il coefficiente di esposizione che dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. Per altezze sul suolo non maggiori di 200 m è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_r^2 * c_t * \ln(z/z_0) * [7 + c_t * \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

dove:

- $k_r$ ,  $z_0$ ,  $z_{min}$  sono assegnati in Tab.3.3.II in funzione della categoria di esposizione del sito.
- $c_t$  è il coefficiente di topografia, posto generalmente uguale a 1.

Categoria di esposizione del sito	$K_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

**Tabella 68.** Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media non superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, e D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa); c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...)

**Tabella 69.** Classi di rugosità del terreno

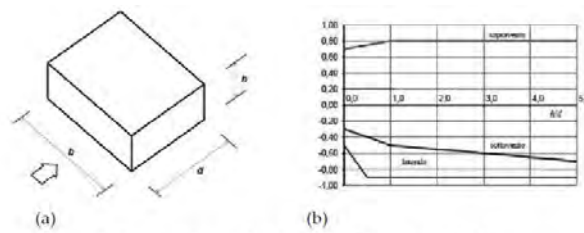
ZONE 1,2,3,4,5						
	costa					
	mare					
	2 km	10 km	30 km	500m	750m	
A	- -	IV	IV	V	V	V
B	- -	III	III	IV	IV	IV
C	- -	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

**Tabella 70.** Definizione delle categorie di esposizione

$q_r$	Rugosità	Esposizione	$c_e(z)$	$c_e(z_{min})$
456	D	I	2,982	1,883

**Tabella 71.** Definizione dei coefficienti di esposizione

●  $c_p$  è il coefficiente di pressione e dipende dalla tipologia, dalla geometria della costruzione e dal suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il coefficiente globale  $c_{pe}$  che può essere utilizzato in tutti i casi in cui la rappresentazione delle azioni aereodinamiche del vento possa essere effettuata in maniera semplificata, rivolta alla valutazione delle azioni globali su porzioni estese di costruzioni o delle risultanti delle azioni indotte dal vento sugli elementi principali della struttura. I coefficienti  $c_{pe}$  da assumere sulle pareti dell'edificio a pianta rettangolare sono diagrammati in base al rapporto  $h/d$ , avendo indicato con  $h$  l'altezza del manufatto e con  $d$  la profondità dell'edificio, valutata parallelamente al flusso di lavoro:



a) Parametri caratteristici di edifici a pianta rettangolare.  
b) Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravvento, sottovento e laterali

Figura C3.3.2

Tabella C3.3.I: Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravvento, sottovento e laterali

Faccia sopravvento	$C_U = 2,0$	$C_U = 1,5$
$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = 0,7 + 0,1 \cdot h/d$	$h/d \leq 0,5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,8 \cdot h/d$	$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = -0,3 - 0,2 \cdot h/d$
$h/d > 1$ : $c_{pe} = 0,8$	$h/d > 0,5$ : $c_{pe} = -0,9$	$1 < h/d \leq 5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,05 \cdot (h/d - 1)$

Tabella 72. Coefficienti di pressione delle facciate secondo NTC2018

Quindi i coefficienti per le facce sopravvento e sottovento sono:

b	d	h	h/d	$c_{pe}$ -sopravento	$c_{pe}$ -sottovento
15	20	13	0,65	0,80	-0,48

Tabella 73. Definizione dei coefficienti di pressione

## COPERTURA PIANA

Per la copertura piana, l'altezza di riferimento  $z_e$  è pari alla quota massima della copertura stessa, inclusa la presenza dei parapetti e di altri analoghi elementi. I coefficienti globali  $c_{pe}$  da assumere sulle coperture di un edificio a pianta rettangolare sono riportati di seguito:

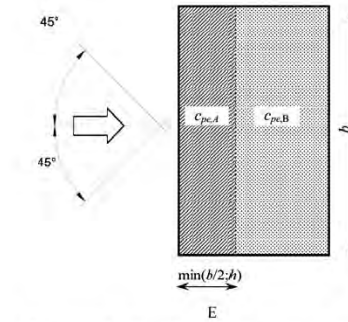


Figura C3.3.5 - Schema di riferimento per coperture piane

Tabella C3.3.III - Edifici rettangolari:  $c_{pe}$  per coperture piane.

Fascia sopravento di profondità pari al minimo tra $b/2$ e $h$ :	$c_{pe,A} = -0,80$
Restanti zone	$c_{pe,B} = \pm 0,20$

#### Definizione $c_{pe}$ per coperture piano

Le pressioni interne agli edifici dipendono dalla superficie delle aperture che questi presentano verso l'esterno. Nel caso in esame si assumono valori del coefficiente di pressione interno pari a  $c_{pi} = +0,2$  e  $c_{pi} = -0,30$ , considerando il caso che di volta in volta conduce alla situazione maggiormente gravosa.

- $c_d$  è il coefficiente dinamico e può essere assunto cautelativamente pari a 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m in altezza e capannoni industriali.

In funzione dei coefficienti analizzati e della pressione cinetica di riferimento, si calcola la pressione del vento per la copertura e per le facciate sopravento e sottovento considerando i valori massimi e minimi.

Facciata	Sopravento	Sottovento
$p_{min}$ (daN/m <sup>2</sup> )	485	-627
$p_{max}$ (daN/m <sup>2</sup> )	757	-978
Copertura	Sopravento	Sottovento
$p$ (daN/m <sup>2</sup> )	-1474	-670

#### 1.5.5. Interventi per il miglioramento sismico – edifici in muratura

Gli interventi previsti per la riduzione del rischio sismico si dividono in:

- interventi che possono consentire il miglioramento di almeno due Classi di Rischio o l'adeguamento sismico.

La tipologia di interventi considerati riguarda l'utilizzo di:

- cappotto sismico applicato alle pareti esterne dell'edificio.

Questa tipologia di interventi, viene presa in considerazione nel caso in cui le lavorazioni vengono eseguite senza dover in alcun modo evacuare gli inquilini dell'edificio, e quando la struttura risulta regolare in pianta e in altezza. Per gli edifici in cemento armato, nel caso di struttura a telai in entrambe le direzioni, è prevista la possibilità di ritenere valido il passaggio di più Classi di Rischio con la possibilità di raggiungere l'adeguamento sismico a seconda della tipologia di struttura.

#### **1.5.5.1. Sintesi degli interventi previsti**

##### **CAPPOTTO SISMICO**

Il cappotto sismico viene applicato sulle facciate esterne dell'edificio al fine di realizzare una nuova "pelle" sismo-resistente. E' costituito da una lastra sottile in calcestruzzo armato gettato in opera all'interno di due strati di materiale isolante, preinseriti in una maglia tridimensionale in acciaio zincato. La lastra in calcestruzzo può avere spessori variabili in base alla tipologia di intervento e nel caso in esame si ipotizza uno spessore di circa 8-10 cm; a livello delle travi esterne di piano si realizza un nuovo cordolo dello spessore della lastra più la larghezza dello strato di isolante addossato alla parete di circa 4 cm.

Il getto e l'armatura di rinforzo vengono resi solidali alla struttura esistente mediante, sia l'inserimento di connettori disposti a livello dei cordoli di piano e, se necessario, sui pilastri, sia disponendo opportuni ancoraggi sulla fondazione esistente o su una nuova fondazione addossata a quella esistente

La maglia tridimensionale in acciaio zincato consente di semplificare le operazioni di posa in opera delle armature strutturali, di minimizzare gli sfridi di cantiere e di realizzare uno strato di finitura ad intonaco particolarmente solida che garantisce la massima protezione del materiale isolante da urti accidentali ed agenti atmosferici.

Le norme NTC18 trattano le pareti in calcestruzzo soltanto per quanto riguarda le prescrizioni da seguire per strutture a comportamento dissipativo. Le lastre in calcestruzzo vengono invece dimensionate per garantire un comportamento elastico e non dissipativo nei confronti dell'azione sismica di progetto, rientrando nella tipologia di "strutture non dissipative". Per questo motivo le verifiche in resistenza degli elementi in calcestruzzo vengono effettuate seguendo l'approccio fornito dalla norma per gli elementi strutturali a comportamento non dissipativo, contenute nel capitolo 4 delle NTC18 mentre le prescrizioni contenute nel capitolo 7 non risultano vincolanti per il dimensionamento delle pareti.

Per quanto riguarda le connessioni tra edificio esistente e cappotto sismico, la valutazione analitica della resistenza degli ancoraggi metallici per calcestruzzo può essere effettuata secondo le linee

guida definite dal documento ETAG001-1997: "Linee guida per il benessere tecnico europeo di ancoraggi metallici da utilizzare nel calcestruzzo" e dai relativi allegati.

#### **1.5.6. Conclusioni**

Per quanto concerne gli aspetti prettamente strutturali, l'intervento di miglioramento sismico adottato per la tipologia oggetto della presente relazione, prevede l'utilizzo di un cappotto sismico, un sistema integrato di rafforzamento strutturale e miglioramento del benessere termoigrometrico dell'edificio. Questo intervento, oltre a non interrompere il normale esercizio della struttura permette la riduzione delle tempistiche del cantiere, in quanto i moduli da applicare sulle pareti esterne, risultano prefabbricati e sono comprensivi delle varie forometrie; in cantiere, l'attività sarà quella di prevedere il collegamento con la struttura esistente e la realizzazione del getto all'interno del cassero e, se necessario, il getto armato della nuova porzione di fondazione.

Gli interventi strutturali previsti sono mirati al miglioramento sismico attraverso l'incremento di almeno due Classi di Rischio o l'adeguamento sismico, da valutare nel dettaglio nelle fasi progettuali successive. Con ciò si intende il miglioramento del rischio della costruzione con incidenza sul valore PAM e sulla capacità che la struttura possiede rispetto allo stato limite della salvaguardia sulla vita. Tale valore è stato valutato come rapporto tra  $PGA_a$  (SLV) anteoperam e la  $PGA_p$  (SLV) postoperam, determinata attraverso il metodo convenzionale nel rispetto della normativa vigente (NTC 2018) e della circolare ministeriale applicativa del 21 gennaio 2019.



## 1.6. Tipologia FM06

### 1.6.1. Individuazione dei siti in esame

Di seguito si riporta una tabella che riassume i parametri generali del sito in esame, con gli identificativi e le coordinate dei punti che includono gli edifici.

Provincia	Comune	Tipologia	Via	Latitudine	Longitudine
Roma	Fiumicino	FM06	Via Bruno Caleri 3 - 2°	41.4534°	12.1406°
Roma	Fiumicino	FM06	Via L. Bezzi 22 - 3°	41.4534°	12.1406°
Roma	Fiumicino	FM06	Via L. Bezzi 26 - 5°	41.4534°	12.1406°
Roma	Fiumicino	FM06	Via L. Bezzi 28 - 6°	41.4534°	12.1406°
Roma	Fiumicino	FM06	Via L. Bezzi 32 - 8°	41.4534°	12.1406°
Roma	Fiumicino	FM06	Via G. Moschini 25 - 10°	41.4534°	12.1406°
Roma	Fiumicino	FM06	Via G. Moschini 29 - 12°	41.4534°	12.1406°

**Tabella 74.** Parametri generali del sito in esame

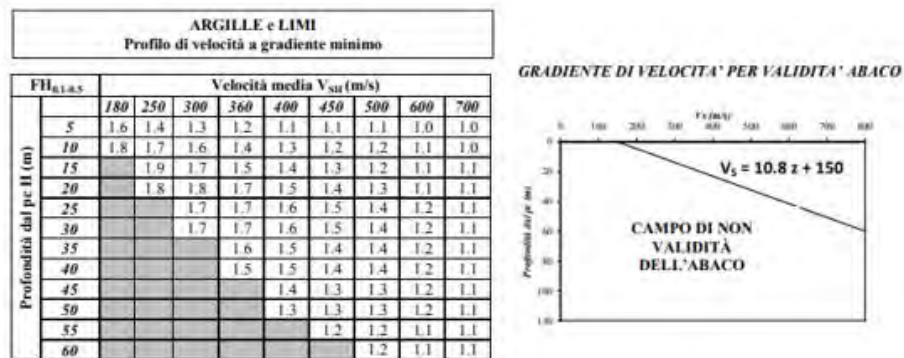


**Figura 41.** Individuazione del sito in esame (immagine da google earth)

### 1.6.2. Determinazione della categoria di sottosuolo

Per la determinazione della categoria di sottosuolo, in assenza di indagini geologiche specifiche per ogni intervento da realizzare, è possibile stimare in via preliminare e con le approssimazioni del caso, la velocità delle onde VS facendo specifico riferimento agli abachi regionali di microzonazione sismica ai sensi della DGR Lazio n. 545 del 26 novembre 2010, forniti sul portale della Regione Lazio. Nello specifico andando ad individuare la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica per il comune di interesse, è possibile risalire alla tipologia del sottosuolo e relativo spessore.

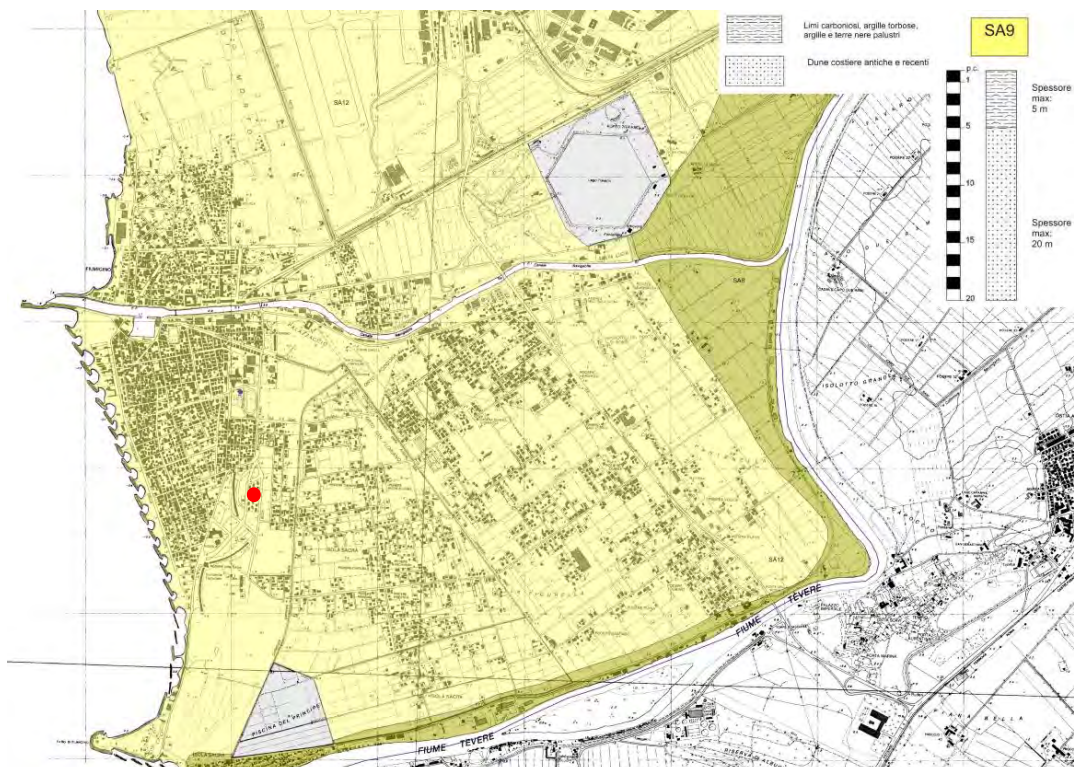
Dalla carta riportata in figura 2, si evidenzia che il sito oggetto del presente studio ricade all'interno delle zone stabili suscettibili di amplificazione sismica (SA9) che sono caratterizzate dalla presenza nel primo strato di 5 m da limi carboniosi, argille torbose e da un secondo strato massimo di 20 m di dune costiere. In funzione di questo, entrando in via approssimativa nell'abaco ( $V_s/h$ ) riportato in figura 2, relativo alle ghiaie alluvionali, detritiche e sabbie di alterazione, si determina il valore di  $V_s$  che viene utilizzato per la stima approssimata della categoria di sottosuolo entrando nella tabella 3.2.II del D.M. 17 Gennaio 2018.



**Tabella 75.** Abaco per le ghiaie alluvionali, detritiche e sabbie di alterazione

Nello specifico facendo riferimento all'andamento della velocità  $V_s$  con la profondità  $z$  dello strato dal piano campagna, si ottiene un valore delle velocità  $V_s$  pari a:

$$V_s = 10.8 * z + 150 = 258 \text{ m/s}$$



**Figura 42.** Zona omogenea in prospettiva sismica



In relazione alle formulazioni sopra riportate avendo ottenuto un valore delle Vs pari a 258 m/s ed entrando nella tabella 3 sotto riportata si ottiene una categoria di sottosuolo C “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*”.

Per le condizioni topografiche che nel caso specifico si configurano in superficiali semplici si può adottare la classificazione riportata nella tabella 4 e nello specifico si ricade nella categoria T1.

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
<b>E</b>	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

**Tabella 76.** Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

**Tabella 77.** Tab. 3.2. III – Categorie topografiche

### 1.6.3. Analisi sismica

#### 1.6.3.1. Determinazione del fattore di comportamento q

Si riportano in dettaglio le caratteristiche principali della struttura in esame, utili per il calcolo del fattore di comportamento q e dell'azione sismica.

Classe d'uso	Vita nominale	Coeff. Uso	Duttilità	Regolarità in pianta	Regolarità in altezza	Tipologia strutturale
II	50	1	B	sì	sì	Muratura

L'analisi strutturale per azioni sismiche utilizzata per la verifica è del tipo lineare (cap. 7.3.1 NTC 2018). Per sistemi non dissipativi (SLE), gli effetti delle azioni sono calcolati riferendosi ad uno spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di comportamento  $q=1$  per lo stato limite di operatività (SLO) (cap. 3.2.3.4 NTC 2018) e un fattore di comportamento  $q \leq 1.5$  per stato limite di danno (SLD) (cap. 3.2.3.5 NTC 2018). Per sistemi dissipativi (SLU), gli effetti delle azioni sono

calcolati riferendosi ad uno spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di struttura  $q \geq 1.5$  (cap. 3.2.3.5 NTC 2018).

Il calcolo del fattore di comportamento per i sistemi dissipativi è stato eseguito seguendo quanto riportato al capitolo 7 delle NTC 2018 in funzione dei parametri generali della struttura in esame. Si riportano, in tabella, i valori del fattore di comportamento utili per la valutazione dell'azione sismica nelle tre direzioni:

$q_0$	$\alpha_u/\alpha_i$	$k_r$	$q_x$	$q_y$	$q_z$
$1,75^* \alpha_u/\alpha_i$	1.7	1	2.975	2.975	1.5

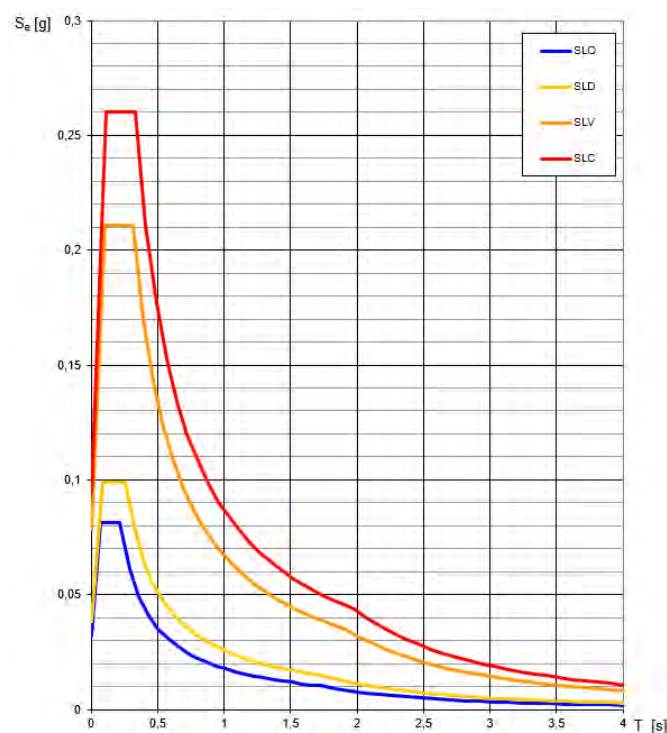
L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento  $V_r$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso. Fissato il periodo di riferimento  $V_r$  e la probabilità di superamento  $P_{ver}$  associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno  $T_r$  e i relativi parametri di pericolosità sismica:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0,032	2,531	0,219
SLD	50	0,038	2,585	0,259
SLV	475	0,078	2,690	0,319
SLC	975	0,095	2,746	0,333

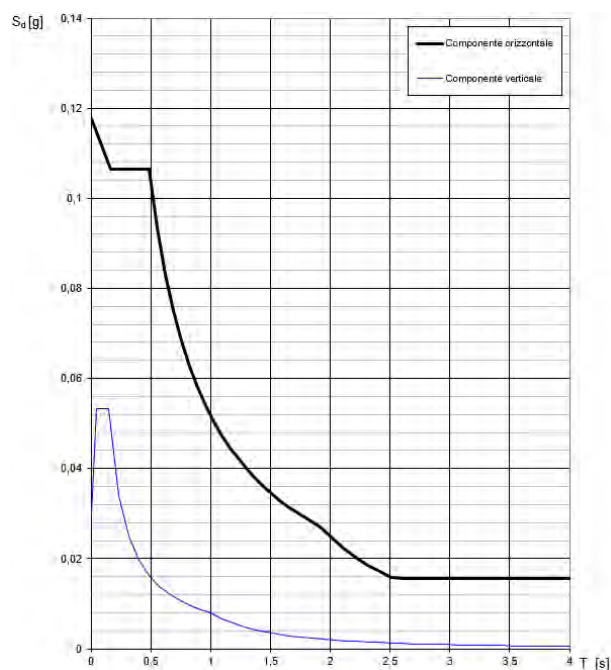
**Tabella 78.** Valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  in funzione dei vari stati limite

### 1.6.3.2. Spettri di risposta



**Figura 43.** Spettri di risposta elastici per i diversi stati limite

Con l'utilizzo del fattore di comportamento e dei parametri sismici dipendenti dal tipo di struttura in esame, precedentemente calcolati, si sono determinati gli spettri di calcolo agli stati limite SLV e SLD. Nel caso di utilizzo di isolatori sismici si farà riferimento allo spettro ad SLV per la sovrastruttura e ad SLC per gli isolatori. Tali spettri saranno opportunamente scalati in funzione dello smorzamento e del periodo scelto.



**Figura 44.** Spettri di risposta (componenti orizz.\_vert.) per lo SLV

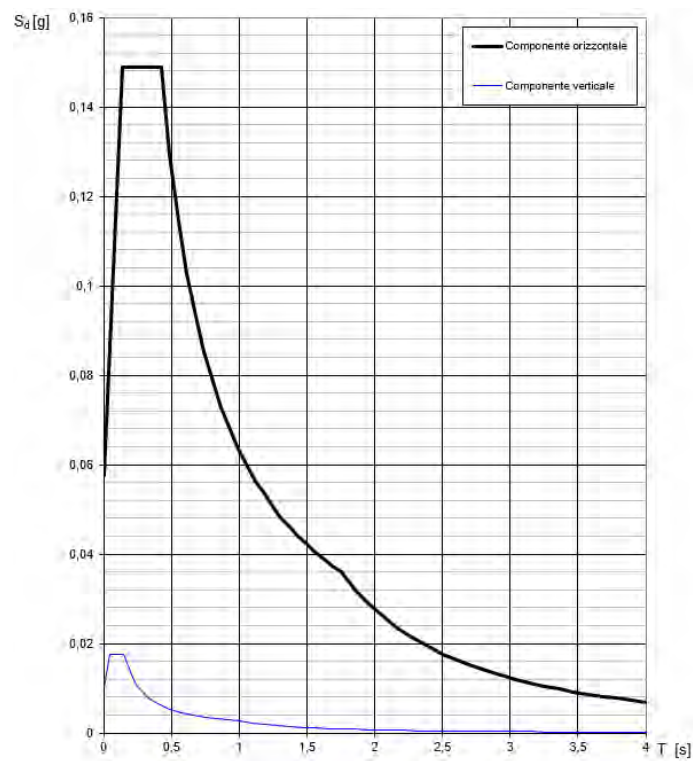


Figura 45. Spettri di risposta (componenti orizz.\_vert.) per lo SLD

#### 1.6.4. Carichi di progetto

##### 1.6.4.1. Carico della neve

Tale calcolo viene effettuato ai sensi di DM del 17 Gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni" e della Circolare Ministeriale Applicativa del 21 Gennaio 2019. Il carico neve sulle coperture è valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i * q_{sk} * C_e *$$

dove:

- $\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura;

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Tabella 79. Tab. 3.4.II – Valori dei coefficienti di forma

- $q_{sk}$  è il valore di riferimento del carico neve al suolo e dipende dalla zona climatica e dall'altitudine di riferimento del sito  $a_s$ , se è maggiore o inferiore a 200 m;





Figura 46. Zone di carico della neve

- $C_e$  è il coefficiente di esposizione che viene utilizzato per modificare il carico neve in funzione delle caratteristiche dell'area in cui sorge l'opera;

Topografia	Descrizione	$C_e$
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

Tabella 80. Tab. 3.4.I – Valori di  $C_z$  per diverse classi di esposizione

- $C_t$  è il coefficiente termico, generalmente assunto pari a 1;

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare e si calcola il valore del carico neve in copertura:

Zona	$s_s$ (m)	$q_{sk}$ (daN/m <sup>2</sup> )	$\mu_i$	$C_e$	$C_t$	$q_s$ (daN/m <sup>2</sup> )
III	3	60	0,8	1	1	48

Tabella 81. Determinazione del carico da neve in copertura

#### 1.6.4.2. Carico del vento

La velocità base di riferimento del vento  $v_b$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito ad un periodo di ritorno  $T_r = 50$  anni, ed è pari a:

$$v_b = v_{b0} * C_a$$

dove:

- $v_{b0}$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab.3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione;

- $c_a$  è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s * (a_s/a_0 - 1) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

dove:

- $a_0, k_s$  sono parametri forniti nella Tab.3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione;
- $a_s$  è l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione.

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32



**Figura 47.** Valori dei parametri  $v_{b,0}, a_0, k_s$

**Figura 48.** Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

La velocità di riferimento  $v_r$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito al periodo di ritorno di progetto  $T_r$ .

$$v_r = v_b * c_r$$

- $v_b$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata
- $c_r$  è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto  $T_r$  fornito dalla relazione

$$c_r = 0.75 * \sqrt{1 - 0.2 * \ln[-\ln * (1 - 1/T_r)]}$$

Quindi:

$v_{b,0}$ (m/s)	$a_s$	$c_a$	$v_b$	$T_r$	$c_r$	$v_r$ (m/s)
27	3	1	27	50	1,0007	27.02

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r * c_e * c_p * c_d$$

dove:

- $q_r$  è la pressione cinetica di riferimento data dall'espressione

$$q_r = \frac{1}{2} * \rho * v_r^2 \quad \text{in cui } \rho \text{ è la densità dell'aria pari a } 1.25 \text{ kg/m}^3$$

•  $c_e$  è il coefficiente di esposizione che dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. Per altezze sul suolo non maggiori di 200 m è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_r^2 * c_t * \ln(z/z_0) * [7 + c_t * \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

dove:

- $k_r$ ,  $z_0$ ,  $z_{min}$  sono assegnati in Tab.3.3.II in funzione della categoria di esposizione del sito.
- $c_t$  è il coefficiente di topografia, posto generalmente uguale a 1.

Categoria di esposizione del sito	$K_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

**Tabella 82.** Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media non superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, e D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa); c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...)

**Tabella 83.** Classi di rugosità del terreno

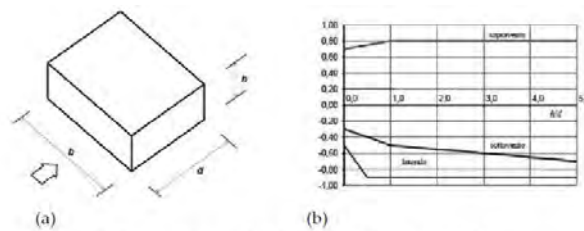
ZONE 1,2,3,4,5						
	costa	mare	2 km	10 km	30 km	750m
A	- -	IV	IV	V	V	V
B	- -	III	III	IV	IV	IV
C	- -	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

**Tabella 84.** Definizione delle categorie di esposizione

$q_r$	Rugosità	Esposizione	$c_e(z)$	$c_e(z_{min})$
456	D	I	2,927	1,883

**Tabella 85.** Definizione dei coefficienti di esposizione

●  $c_p$  è il coefficiente di pressione e dipende dalla tipologia, dalla geometria della costruzione e dal suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il coefficiente globale  $c_{pe}$  che può essere utilizzato in tutti i casi in cui la rappresentazione delle azioni aereodinamiche del vento possa essere effettuata in maniera semplificata, rivolta alla valutazione delle azioni globali su porzioni estese di costruzioni o delle risultanti delle azioni indotte dal vento sugli elementi principali della struttura. I coefficienti  $c_{pe}$  da assumere sulle pareti dell'edificio a pianta rettangolare sono diagrammati in base al rapporto  $h/d$ , avendo indicato con  $h$  l'altezza del manufatto e con  $d$  la profondità dell'edificio, valutata parallelamente al flusso di lavoro:



a) Parametri caratteristici di edifici a pianta rettangolare.  
b) Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravvento, sottovento e laterali

Figura C3.3.2

Tabella C3.3.I: Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravvento, sottovento e laterali

Faccia sopravvento	$C_U = 2,0$	$C_U = 1,5$
$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = 0,7 + 0,1 \cdot h/d$	$h/d \leq 0,5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,8 \cdot h/d$	$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = -0,3 - 0,2 \cdot h/d$
$h/d > 1$ : $c_{pe} = 0,8$	$h/d > 0,5$ : $c_{pe} = -0,9$	$1 < h/d \leq 5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,05 \cdot (h/d - 1)$

Tabella 86. Coefficienti di pressione delle facciate secondo NTC2018

Quindi i coefficienti per le facce sopravvento e sottovento sono:

b	d	h	h/d	$c_{pe}$ -sopravvento	$c_{pe}$ -sottovento
21.5	9.6	12.8	1.33	0.8	-0.52

Tabella 87. Definizione dei coefficienti di pressione

## COPERTURA PIANA

Per la copertura piana, l'altezza di riferimento  $z_e$  è pari alla quota massima della copertura stessa, inclusa la presenza dei parapetti e di altri analoghi elementi. I coefficienti globali  $c_{pe}$  da assumere sulle coperture di un edificio a pianta rettangolare sono riportati di seguito:

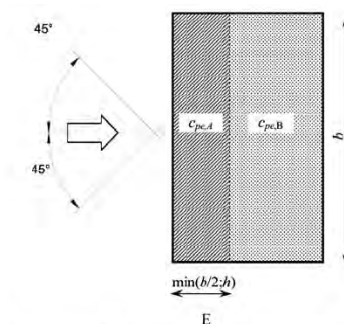


Figura C3.3.5 - Schema di riferimento per coperture piane

Tabella C3.3.III - Edifici rettangolari:  $c_{pe}$  per coperture piane.

Fascia sopravento di profondità pari al minimo tra $b/2$ e $h$ :	$c_{pe,A} = -0,80$
Restanti zone	$c_{pe,B} = \pm 0,20$

**Tabella 88.** Definizione  $c_{pe}$  per coperture piano

Le pressioni interne agli edifici dipendono dalla superficie delle aperture che questi presentano verso l'esterno. Nel caso in esame si assumono valori del coefficiente di pressione interno pari a  $c_{pi} = +0,2$  e  $c_{pi} = -0,30$ , considerando il caso che di volta in volta conduce alla situazione maggiormente gravosa.

- $c_d$  è il coefficiente dinamico e può essere assunto cautelativamente pari a 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m in altezza e capannoni industriali.

In funzione dei coefficienti analizzati e della pressione cinetica di riferimento, si calcola la pressione del vento per la copertura e per le facciate sopravento e sottovento considerando i valori massimi e minimi.

Facciata	Sopravento	Sottovento
$p_{min}$ (daN/m <sup>2</sup> )	516	-616
$p_{max}$ (daN/m <sup>2</sup> )	801	-957
Copertura	Sopravento	Sottovento
$p$ (daN/m <sup>2</sup> )	-1335	-534

### **1.6.5. Interventi per il miglioramento sismico – edifici in muratura**

Gli interventi previsti per la riduzione del rischio sismico si dividono in:

- interventi che possono consentire il miglioramento di almeno due Classi di Rischio o l'adeguamento sismico.

La tipologia di interventi considerati riguarda l'utilizzo di:

- cappotto sismico applicato alle pareti esterne dell'edificio.

Questa tipologia di interventi, viene presa in considerazione nel caso in cui le lavorazioni vengono eseguite senza dover in alcun modo evacuare gli inquilini dell'edificio, e quando la struttura risulta regolare in pianta e in altezza. Per gli edifici in cemento armato, nel caso di struttura a telai in entrambe le direzioni, è prevista la possibilità di ritenere valido il passaggio di più Classi di Rischio con la possibilità di raggiungere l'adeguamento sismico a seconda della tipologia di struttura.

#### **1.6.5.1. Sintesi degli interventi previsti**

##### **CAPPOTTO SISMICO**

Il cappotto sismico viene applicato sulle facciate esterne dell'edificio al fine di realizzare una nuova "pelle" sismo-resistente. E' costituito da una lastra sottile in calcestruzzo armato gettato in opera all'interno di due strati di materiale isolante, preinseriti in una maglia tridimensionale in acciaio zincato. La lastra in calcestruzzo può avere spessori variabili in base alla tipologia di intervento e nel caso in esame si ipotizza uno spessore di circa 8-10 cm; a livello delle travi esterne di piano si realizza un nuovo cordolo dello spessore della lastra più la larghezza dello strato di isolante addossato alla parete di circa 4 cm.

Il getto e l'armatura di rinforzo vengono resi solidali alla struttura esistente mediante, sia l'inserimento di connettori disposti a livello dei cordoli di piano e, se necessario, sui pilastri, sia disponendo opportuni ancoraggi sulla fondazione esistente o su una nuova fondazione addossata a quella esistente

La maglia tridimensionale in acciaio zincato consente di semplificare le operazioni di posa in opera delle armature strutturali, di minimizzare gli sfridi di cantiere e di realizzare uno strato di finitura ad intonaco particolarmente solida che garantisce la massima protezione del materiale isolante da urti accidentali ed agenti atmosferici.

Le norme NTC18 trattano le pareti in calcestruzzo soltanto per quanto riguarda le prescrizioni da seguire per strutture a comportamento dissipativo. Le lastre in calcestruzzo vengono invece dimensionate per garantire un comportamento elastico e non dissipativo nei confronti dell'azione sismica di progetto, rientrando nella tipologia di "strutture non dissipative". Per questo motivo le verifiche in resistenza degli elementi in calcestruzzo vengono effettuate seguendo l'approccio



fornito dalla norma per gli elementi strutturali a comportamento non dissipativo, contenute nel capitolo 4 delle NTC18 mentre le prescrizioni contenute nel capitolo 7 non risultano vincolanti per il dimensionamento delle pareti.

Per quanto riguarda le connessioni tra edificio esistente e cappotto sismico, la valutazione analitica della resistenza degli ancoraggi metallici per calcestruzzo può essere effettuata secondo le linee guida definite dal documento ETAG001-1997: "Linee guida per il benessere tecnico europeo di ancoraggi metallici da utilizzare nel calcestruzzo" e dai relativi allegati.

#### **1.6.6. Conclusioni**

Per quanto concerne gli aspetti prettamente strutturali, l'intervento di miglioramento sismico adottato per la tipologia oggetto della presente relazione, prevede l'utilizzo di un cappotto sismico, un sistema integrato di rafforzamento strutturale e miglioramento del benessere termoigrometrico dell'edificio. Questo intervento, oltre a non interrompere il normale esercizio della struttura permette la riduzione delle tempistiche del cantiere, in quanto i moduli da applicare sulle pareti esterne, risultano prefabbricati e sono comprensivi delle varie forometrie; in cantiere, l'attività sarà quella di prevedere il collegamento con la struttura esistente e la realizzazione del getto all'interno del cassero e, se necessario, il getto armato della nuova porzione di fondazione.

Gli interventi strutturali previsti sono mirati al miglioramento sismico attraverso l'incremento di almeno due Classi di Rischio o l'adeguamento sismico, da valutare nel dettaglio nelle fasi progettuali successive. Con ciò si intende il miglioramento del rischio della costruzione con incidenza sul valore PAM e sulla capacità che la struttura possiede rispetto allo stato limite della salvaguardia sulla vita. Tale valore è stato valutato come rapporto tra PGAa (SLV) anteoperam e la PGAp (SLV) postoperam, determinata attraverso il metodo convenzionale nel rispetto della normativa vigente (NTC 2018) e della circolare ministeriale applicativa del 21 gennaio 2019.

## 1.7. Tipologia FM07

### 1.7.1. Individuazione dei siti in esame

Di seguito si riporta una tabella che riassume i parametri generali del sito in esame, con gli identificativi e le coordinate dei punti che includono gli edifici.

Provincia	Comune	Tipologia	Via	Latitudine	Longitudine
Roma	Fiumicino	FM07	Via del serbatoio 40- 4°	41.4629°	13.1356°
Roma	Fiumicino	FM07	Via del serbatoio 40- 5°	41.4629°	13.1356°

**Tabella 89.** Parametri generali del sito in esame



**Figura 49.** Individuazione del sito in esame (immagine da google earth)

### 1.7.2. Determinazione della categoria di sottosuolo

Per la determinazione della categoria di sottosuolo, in assenza di indagini geologiche specifiche per ogni intervento da realizzare, è possibile stimare in via preliminare e con le approssimazioni del caso, la velocità delle onde VS facendo specifico riferimento agli abachi regionali di microzonazione sismica ai sensi della DGR Lazio n. 545 del 26 novembre 2010, forniti sul portale della Regione Lazio. Nello specifico andando ad individuare la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica per il comune di interesse, è possibile risalire alla tipologia del sottosuolo e relativo spessore. Dalla carta riportata in figura 2, si evidenzia che il sito oggetto del presente studio ricade all'interno delle zone stabili suscettibili di amplificazione sismica (SA9) che sono caratterizzate dalla presenza nel primo strato di 5 m da limi carboniosi, argille torbose e da un secondo strato massimo di 20 m di dune costiere. In funzione di questo, entrando in via approssimativa nell'abaco ( $V_s/h$ ) riportato

in figura 2, relativo alle ghiaie alluvionali, detritiche e sabbie di alterazione, si determina il valore di  $V_s$  che viene utilizzato per la stima approssimata della categoria di sottosuolo entrando nella tabella 3.2.II del D.M. 17 Gennaio 2018.

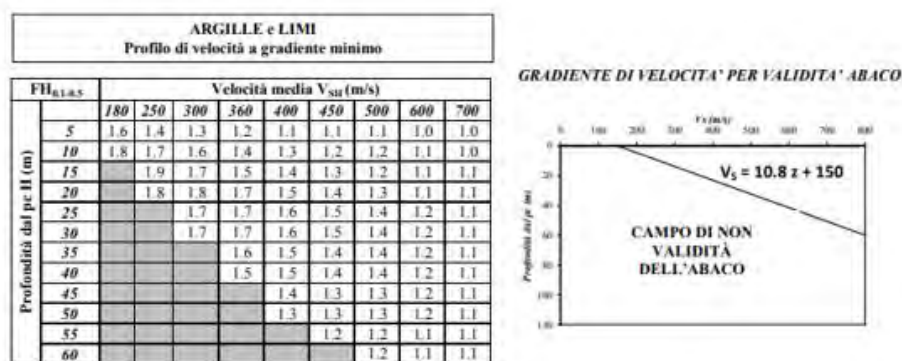


Tabella 90. Abaco per le ghiaie alluvionali, detritiche e sabbie di alterazione

Nello specifico facendo riferimento all'andamento della velocità  $V_s$  con la profondità  $z$  dello strato dal piano campagna, si ottiene un valore delle velocità  $V_s$  pari a:

$$V_s = 10.8 * z + 150 = 258 \text{ m/s}$$

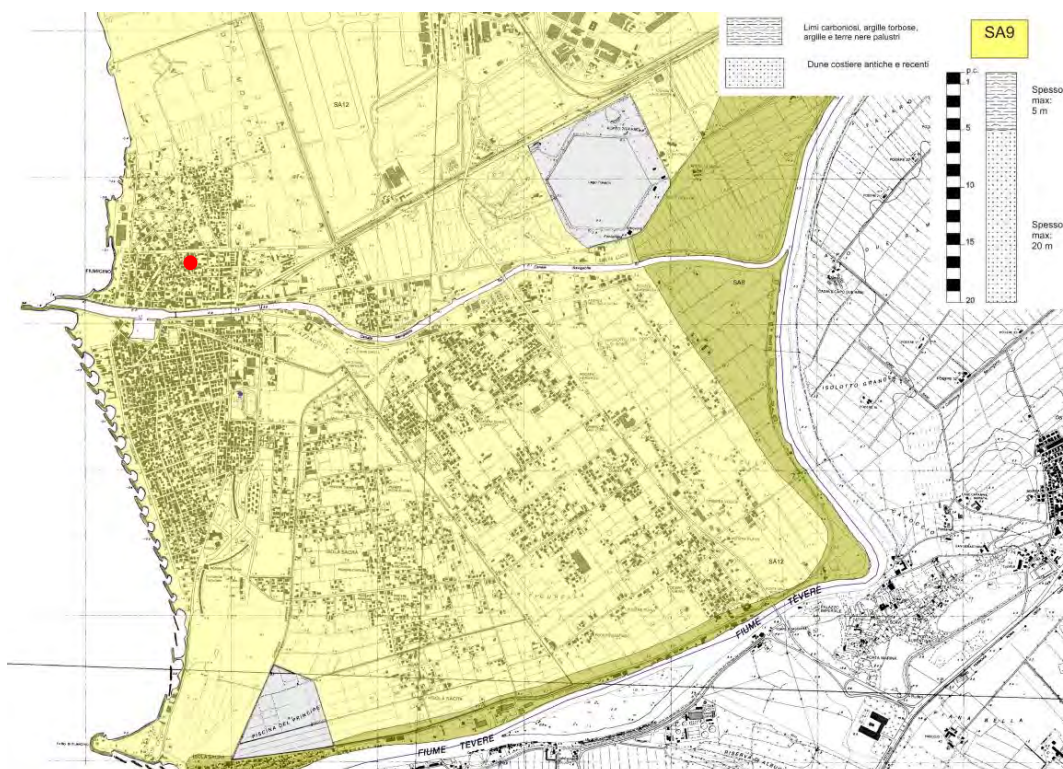


Figura 50. Zona omogenea in prospettiva sismica

In relazione alle formulazioni sopra riportate avendo ottenuto un valore delle  $V_s$  pari a 258 m/s ed entrando nella tabella 3 sotto riportata si ottiene una categoria di sottosuolo C "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti".



Per le condizioni topografiche che nel caso specifico si configurano in superficiali semplici si può adottare la classificazione riportata nella tabella 4 e nello specifico si ricade nella categoria T1.

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
<b>E</b>	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

**Tabella 91.** Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

**Tabella 92.** Tab. 3.2. III – Categorie topografiche

### 1.7.3. Analisi sismica

#### 1.7.3.1. Determinazione del fattore di comportamento q

Si riportano in dettaglio le caratteristiche principali della struttura in esame, utili per il calcolo del fattore di comportamento q e dell'azione sismica.

Classe d'uso	Vita nominale	Coeff. Uso	Duttilità	Regolarità in pianta	Regolarità in altezza	Tipologia strutturale
II	50	1	B	si	si	Muratura

L'analisi strutturale per azioni sismiche utilizzata per la verifica è del tipo lineare (cap. 7.3.1 NTC 2018). Per sistemi non dissipativi (SLE), gli effetti delle azioni sono calcolati riferendosi ad uno spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di comportamento  $q=1$  per lo stato limite di operatività (SLO) (cap. 3.2.3.4 NTC 2018) e un fattore di comportamento  $q \leq 1.5$  per stato limite di danno (SLD) (cap. 3.2.3.5 NTC 2018). Per sistemi dissipativi (SLU), gli effetti delle azioni sono calcolati riferendosi ad uno spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di struttura  $q \geq 1.5$  (cap. 3.2.3.5 NTC 2018).

Il calcolo del fattore di comportamento per i sistemi dissipativi è stato eseguito seguendo quanto riportato al capitolo 7 delle NTC 2018 in funzione dei parametri generali della struttura in esame. Si riportano, in tabella, i valori del fattore di comportamento utili per la valutazione dell'azione sismica nelle tre direzioni:

$q_0$	$\alpha_u/\alpha_i$	$k_r$	$q_x$	$q_y$	$q_z$
$1,75^* \alpha_u/\alpha_i$	1.7	1	2.975	2.975	1.5

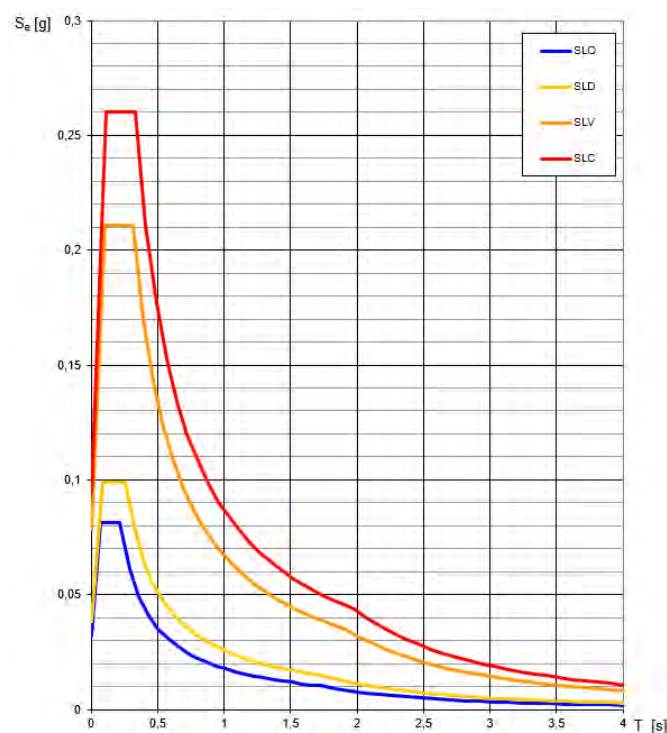
L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento  $V_r$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso. Fissato il periodo di riferimento  $V_r$  e la probabilità di superamento  $P_{ver}$  associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno  $T_r$  e i relativi parametri di pericolosità sismica:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0,032	2,531	0,219
SLD	50	0,038	2,585	0,259
SLV	475	0,078	2,690	0,319
SLC	975	0,095	2,746	0,333

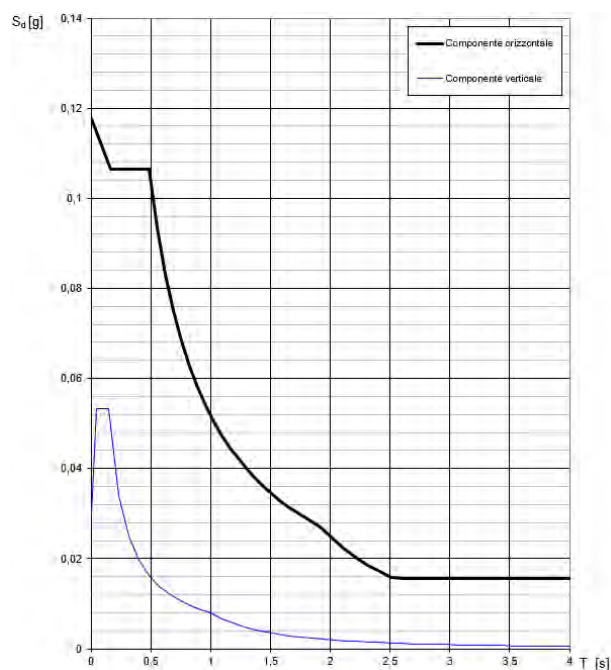
**Tabella 93.** Valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  in funzione dei vari stati limite

### 1.7.3.2. Spettri di risposta



**Figura 51.** Spettri di risposta elastici per i diversi stati limite

Con l'utilizzo del fattore di comportamento e dei parametri sismici dipendenti dal tipo di struttura in esame, precedentemente calcolati, si sono determinati gli spettri di calcolo agli stati limite SLV e SLD. Nel caso di utilizzo di isolatori sismici si farà riferimento allo spettro ad SLV per la sovrastruttura e ad SLC per gli isolatori. Tali spettri saranno opportunamente scalati in funzione dello smorzamento e del periodo scelto.



**Figura 52.** Spettri di risposta (componenti orizz.\_vert.) per lo SLV



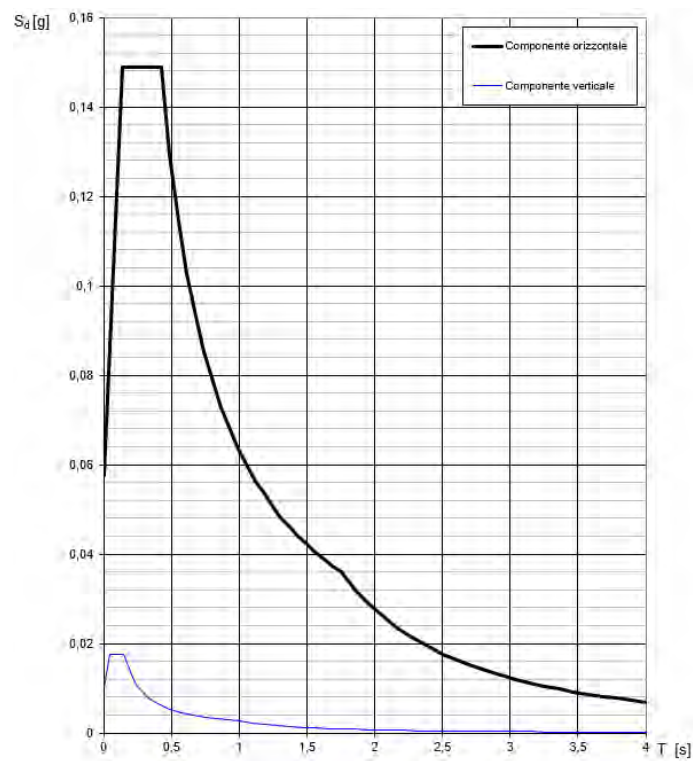


Figura 53. Spettri di risposta (componenti orizz.\_vert.) per lo SLD

#### 1.7.4. Carichi di progetto

##### 1.7.4.1. Carico della neve

Tale calcolo viene effettuato ai sensi di DM del 17 Gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni" e della Circolare Ministeriale Applicativa del 21 Gennaio 2019. Il carico neve sulle coperture è valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i * q_{sk} * C_e *$$

dove:

- $\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura;

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Tabella 94. Tab. 3.4.II – Valori dei coefficienti di forma

- $q_{sk}$  è il valore di riferimento del carico neve al suolo e dipende dalla zona climatica e dall'altitudine di riferimento del sito  $a_s$ , se è maggiore o inferiore a 200 m;



**Figura 54.** Zone di carico della neve

- $C_e$  è il coefficiente di esposizione che viene utilizzato per modificare il carico neve in funzione delle caratteristiche dell'area in cui sorge l'opera;

Topografia	Descrizione	$C_e$
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

**Tabella 95.** Tab. 3.4.I – Valori di  $C_z$  per diverse classi di esposizione

- $C_t$  è il coefficiente termico, generalmente assunto pari a 1;

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare e si calcola il valore del carico neve in copertura:

Zona	$s_s$ (m)	$q_{sk}$ (daN/m <sup>2</sup> )	$\mu_i$	$C_e$	$C_t$	$q_s$ (daN/m <sup>2</sup> )
III	5	60	0,8	1	1	48

**Tabella 96.** Determinazione del carico da neve in copertura

#### 1.7.4.2. Carico del vento

La velocità base di riferimento del vento  $v_b$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito ad un periodo di ritorno  $T_r = 50$  anni, ed è pari a:

$$v_b = v_{b0} * C_a$$

dove:

- $v_{b0}$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab.3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione;

- $c_a$  è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s * (a_s/a_0 - 1) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

dove:

- $a_0, k_s$  sono parametri forniti nella Tab.3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione;
- $a_s$  è l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione.

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32



**Figura 55.** Valori dei parametri  $v_{b,0}, a_0, k_s$

**Figura 56.** Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

La velocità di riferimento  $v_r$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito al periodo di ritorno di progetto  $T_r$ .

$$v_r = v_b * c_r$$

- $v_b$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata
- $c_r$  è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto  $T_r$  fornito dalla relazione

$$c_r = 0.75 * \sqrt{1 - 0.2 * \ln[-\ln * (1 - 1/T_r)]}$$

Quindi:

$v_{b,0}$ (m/s)	$a_s$	$c_a$	$v_b$	$T_r$	$c_r$	$v_r$ (m/s)
27	5	1	27	50	1,0007	27.02

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r * c_e * c_p * c_d$$

dove:

- $q_r$  è la pressione cinetica di riferimento data dall'espressione

$$q_r = \frac{1}{2} * \rho * v_r^2 \quad \text{in cui } \rho \text{ è la densità dell'aria pari a } 1.25 \text{ kg/m}^3$$

•  $c_e$  è il coefficiente di esposizione che dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. Per altezze sul suolo non maggiori di 200 m è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_r^2 * c_t * \ln(z/z_0) * [7 + c_t * \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

dove:

- $k_r$ ,  $z_0$ ,  $z_{min}$  sono assegnati in Tab.3.3.II in funzione della categoria di esposizione del sito.
- $c_t$  è il coefficiente di topografia, posto generalmente uguale a 1.

Categoria di esposizione del sito	$K_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

**Tabella 97.** Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media non superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, e D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa); c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innestate o ghiacciate, ...)

**Tabella 98.** Classi di rugosità del terreno

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa					
	mare					
	2 km	10 km	30 km	500m	750m	
A	- -	IV	IV	V	V	V
B	- -	III	III	IV	IV	IV
C	- -	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

**Tabella 99.** Definizione delle categorie di esposizione

$q_r$	Rugosità	Esposizione	$c_e(z)$	$c_e(z_{min})$
456	D	I	2,834	1,883

**Tabella 100.** Definizione dei coefficienti di esposizione

●  $c_p$  è il coefficiente di pressione e dipende dalla tipologia, dalla geometria della costruzione e dal suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il coefficiente globale  $c_{pe}$  che può essere utilizzato in tutti i casi in cui la rappresentazione delle azioni aereodinamiche del vento possa essere effettuata in maniera semplificata, rivolta alla valutazione delle azioni globali su porzioni estese di costruzioni o delle risultanti delle azioni indotte dal vento sugli elementi principali della struttura. I coefficienti  $c_{pe}$  da assumere sulle pareti dell'edificio a pianta rettangolare sono diagrammati in base al rapporto  $h/d$ , avendo indicato con  $h$  l'altezza del manufatto e con  $d$  la profondità dell'edificio, valutata parallelamente al flusso di lavoro:

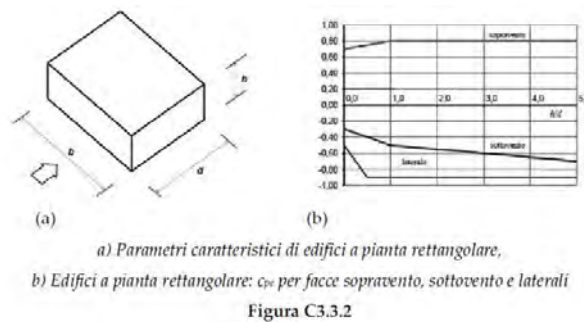


Figura C3.3.2

Tabella C3.3.I: Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravvento, sottovento e laterali

Faccia sopravvento	$C_U = 2,0$	$C_U = 1,5$
$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = 0,7 + 0,1 \cdot h/d$	$h/d \leq 0,5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,8 \cdot h/d$	$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = -0,3 - 0,2 \cdot h/d$
$h/d > 1$ : $c_{pe} = 0,8$	$h/d > 0,5$ : $c_{pe} = -0,9$	$1 < h/d \leq 5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,05 \cdot (h/d - 1)$

Tabella 101. Coefficienti di pressione delle facciate secondo NTC2018

Quindi i coefficienti per le facce sopravvento e sottovento sono:

b	d	h	h/d	$c_{pe}$ -sopravvento	$c_{pe}$ -sottovento
26,3	10	11	1,10	0,80	-0,51

Tabella 102. Definizione dei coefficienti di pressione

## COPERTURA PIANA

Per la copertura piana, l'altezza di riferimento  $z_e$  è pari alla quota massima della copertura stessa, inclusa la presenza dei parapetti e di altri analoghi elementi. I coefficienti globali  $c_{pe}$  da assumere sulle coperture di un edificio a pianta rettangolare sono riportati di seguito:

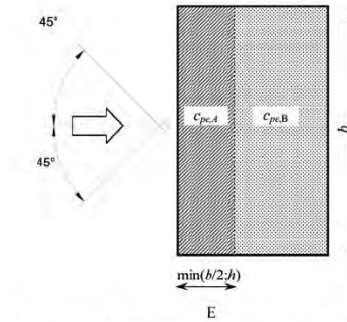


Figura C3.3.5 - Schema di riferimento per coperture piane

Tabella C3.3.III - Edifici rettangolari:  $c_{pe}$  per coperture piane.

Fascia sopravento di profondità pari al minimo tra $b/2$ e $h$ :	$c_{pe,A} = -0,80$
Restanti zone	$c_{pe,B} = \pm 0,20$

**Tabella 103.** Definizione  $c_{pe}$  per coperture piano

Le pressioni interne agli edifici dipendono dalla superficie delle aperture che questi presentano verso l'esterno. Nel caso in esame si assumono valori del coefficiente di pressione interno pari a  $c_{pi} = +0,2$  e  $c_{pi} = -0,30$ , considerando il caso che di volta in volta conduce alla situazione maggiormente gravosa.

- $c_d$  è il coefficiente dinamico e può essere assunto cautelativamente pari a 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m in altezza e capannoni industriali.

In funzione dei coefficienti analizzati e della pressione cinetica di riferimento, si calcola la pressione del vento per la copertura e per le facciate sopravento e sottovento considerando i valori massimi e minimi.

Facciata	Sopravento	Sottovento
$p_{min}$ (daN/m <sup>2</sup> )	516	-606
$p_{max}$ (daN/m <sup>2</sup> )	776	-912
Copertura	Sopravento	Sottovento
$p$ (daN/m <sup>2</sup> )	-1293	-517



### **1.7.5. Interventi per il miglioramento sismico – edifici in muratura**

Gli interventi previsti per la riduzione del rischio sismico si dividono in:

- interventi che possono consentire il miglioramento di almeno due Classi di Rischio o l'adeguamento sismico.

La tipologia di interventi considerati riguarda l'utilizzo di:

- cappotto sismico applicato alle pareti esterne dell'edificio.

Questa tipologia di interventi, viene presa in considerazione nel caso in cui le lavorazioni vengono eseguite senza dover in alcun modo evacuare gli inquilini dell'edificio, e quando la struttura risulta regolare in pianta e in altezza. Per gli edifici in cemento armato, nel caso di struttura a telai in entrambe le direzioni, è prevista la possibilità di ritenere valido il passaggio di più Classi di Rischio con la possibilità di raggiungere l'adeguamento sismico a seconda della tipologia di struttura.

#### **1.7.5.1. Sintesi degli interventi previsti**

##### **CAPPOTTO SISMICO**

Il cappotto sismico viene applicato sulle facciate esterne dell'edificio al fine di realizzare una nuova "pelle" sismo-resistente. E' costituito da una lastra sottile in calcestruzzo armato gettato in opera all'interno di due strati di materiale isolante, preinseriti in una maglia tridimensionale in acciaio zincato. La lastra in calcestruzzo può avere spessori variabili in base alla tipologia di intervento e nel caso in esame si ipotizza uno spessore di circa 8-10 cm; a livello delle travi esterne di piano si realizza un nuovo cordolo dello spessore della lastra più la larghezza dello strato di isolante addossato alla parete di circa 4 cm.

Il getto e l'armatura di rinforzo vengono resi solidali alla struttura esistente mediante, sia l'inserimento di connettori disposti a livello dei cordoli di piano e, se necessario, sui pilastri, sia disponendo opportuni ancoraggi sulla fondazione esistente o su una nuova fondazione addossata a quella esistente

La maglia tridimensionale in acciaio zincato consente di semplificare le operazioni di posa in opera delle armature strutturali, di minimizzare gli sfridi di cantiere e di realizzare uno strato di finitura ad intonaco particolarmente solida che garantisce la massima protezione del materiale isolante da urti accidentali ed agenti atmosferici.

Le norme NTC18 trattano le pareti in calcestruzzo soltanto per quanto riguarda le prescrizioni da seguire per strutture a comportamento dissipativo. Le lastre in calcestruzzo vengono invece dimensionate per garantire un comportamento elastico e non dissipativo nei confronti dell'azione sismica di progetto, rientrando nella tipologia di "strutture non dissipative". Per questo motivo le verifiche in resistenza degli elementi in calcestruzzo vengono effettuate seguendo l'approccio

fornito dalla norma per gli elementi strutturali a comportamento non dissipativo, contenute nel capitolo 4 delle NTC18 mentre le prescrizioni contenute nel capitolo 7 non risultano vincolanti per il dimensionamento delle pareti.

Per quanto riguarda le connessioni tra edificio esistente e cappotto sismico, la valutazione analitica della resistenza degli ancoraggi metallici per calcestruzzo può essere effettuata secondo le linee guida definite dal documento ETAG001-1997: "Linee guida per il benessere tecnico europeo di ancoraggi metallici da utilizzare nel calcestruzzo" e dai relativi allegati.

#### **1.7.6. Conclusioni**

Per quanto concerne gli aspetti prettamente strutturali, l'intervento di miglioramento sismico adottato per la tipologia oggetto della presente relazione, prevede l'utilizzo di un cappotto sismico, un sistema integrato di rafforzamento strutturale e miglioramento del benessere termoigrometrico dell'edificio. Questo intervento, oltre a non interrompere il normale esercizio della struttura permette la riduzione delle tempistiche del cantiere, in quanto i moduli da applicare sulle pareti esterne, risultano prefabbricati e sono comprensivi delle varie forometrie; in cantiere, l'attività sarà quella di prevedere il collegamento con la struttura esistente e la realizzazione del getto all'interno del cassero e, se necessario, il getto armato della nuova porzione di fondazione.

Gli interventi strutturali previsti sono mirati al miglioramento sismico attraverso l'incremento di almeno due Classi di Rischio o l'adeguamento sismico, da valutare nel dettaglio nelle fasi progettuali successive. Con ciò si intende il miglioramento del rischio della costruzione con incidenza sul valore PAM e sulla capacità che la struttura possiede rispetto allo stato limite della salvaguardia sulla vita. Tale valore è stato valutato come rapporto tra PGAa (SLV) anteoperam e la PGAp (SLV) postoperam, determinata attraverso il metodo convenzionale nel rispetto della normativa vigente (NTC 2018) e della circolare ministeriale applicativa del 21 gennaio 2019.

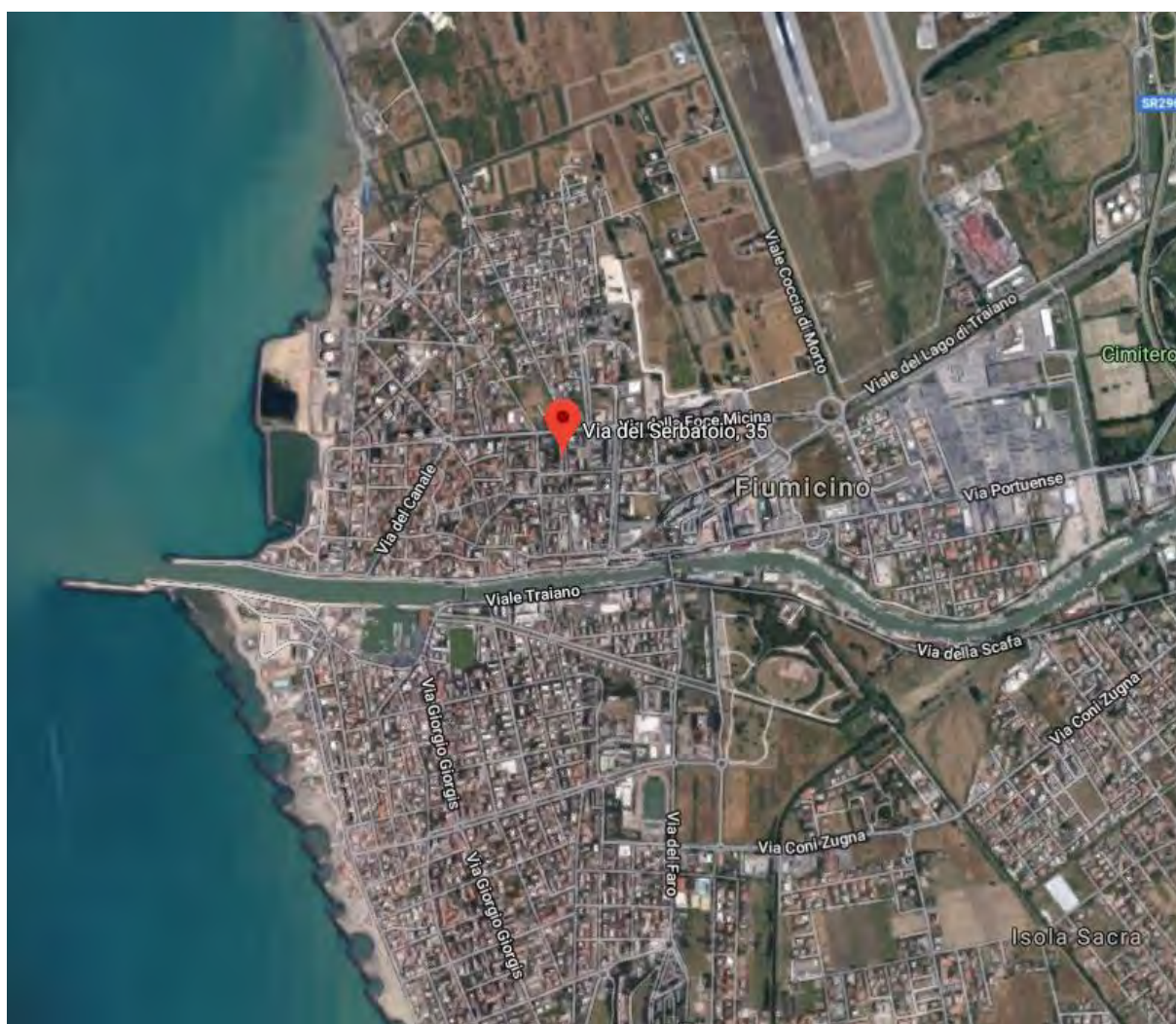
## 1.8. Tipologia FM08

### 1.8.1. Individuazione dei siti in esame

Di seguito si riporta una tabella che riassume i parametri generali del sito in esame, con gli identificativi e le coordinate dei punti che includono gli edifici.

Provincia	Comune	Tipologia	Via	Latitudine	Longitudine
Roma	Fiumicino	FM08	Via del Serbatoio n° 35	41.4627°	12.1353°
Roma	Fiumicino	FM08	Via del Serbatoio n° 43	41.4627°	12.1353°

**Tabella 104.** Parametri generali del sito in esame

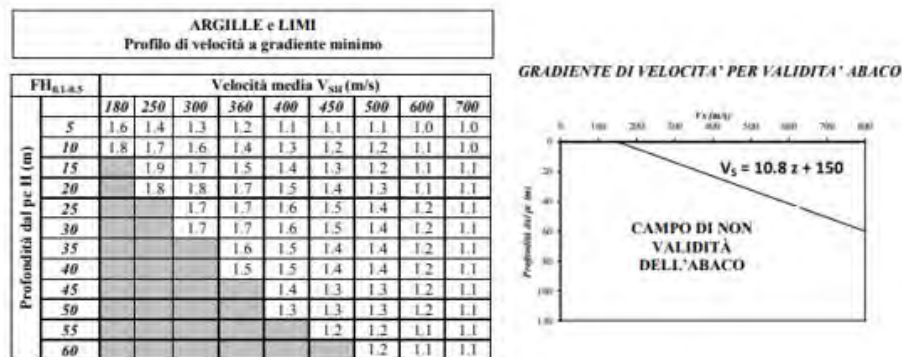


**Figura 57.** Individuazione del sito in esame (immagine da google earth)

### 1.8.2. Determinazione della categoria di sottosuolo

Per la determinazione della categoria di sottosuolo, in assenza di indagini geologiche specifiche per ogni intervento da realizzare, è possibile stimare in via preliminare e con le approssimazioni del caso, la velocità delle onde VS facendo specifico riferimento agli abachi regionali di microzonazione sismica ai sensi della DGR Lazio n. 545 del 26 novembre 2010, forniti sul portale della Regione

Lazio. Nello specifico andando ad individuare la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica per il comune di interesse, è possibile risalire alla tipologia del sottosuolo e relativo spessore. Dalla carta riportata in figura 2, si evidenzia che il sito oggetto del presente studio ricade all'interno delle zone stabili suscettibili di amplificazione sismica (SA9) che sono caratterizzate dalla presenza nel primo strato di 5 m da limi carboniosi, argille torbose e da un secondo strato massimo di 20 m di dune costiere. In funzione di questo, entrando in via approssimativa nell'abaco ( $V_s/h$ ) riportato in figura 2, relativo alle ghiaie alluvionali, detritiche e sabbie di alterazione, si determina il valore di  $V_s$  che viene utilizzato per la stima approssimata della categoria di sottosuolo entrando nella tabella 3.2.II del D.M. 17 Gennaio 2018.

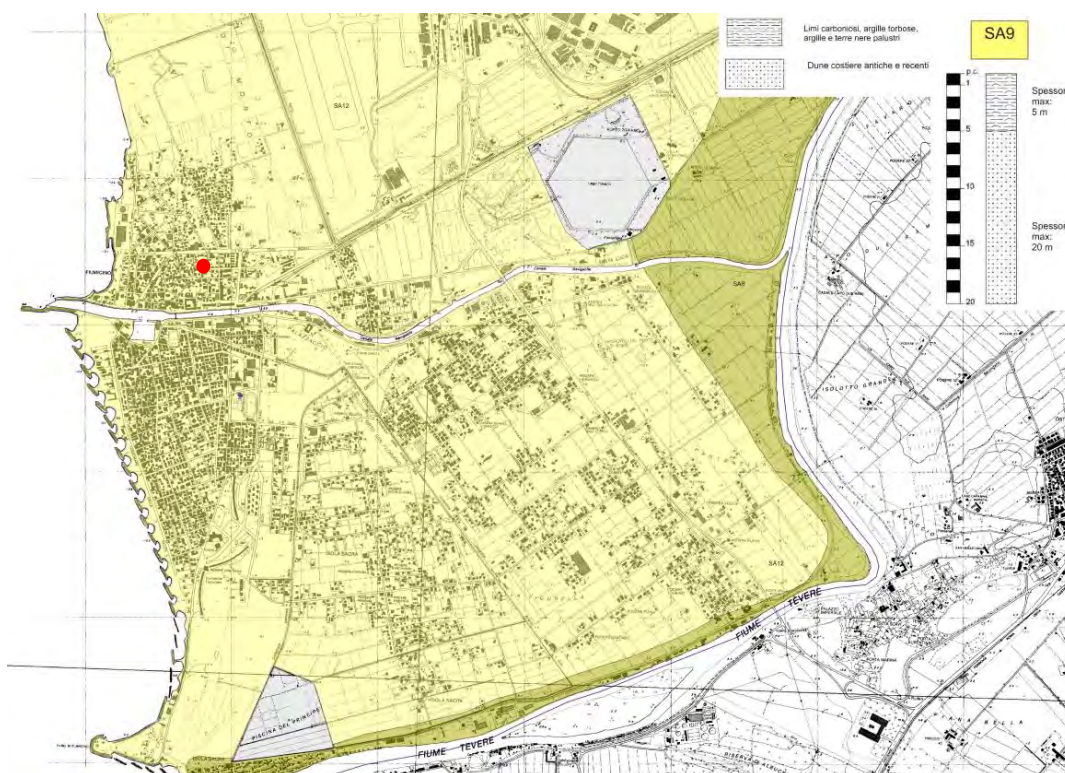


**Tabella 105.** Abaco per le ghiaie alluvionali, detritiche e sabbie di alterazione

Nello specifico facendo riferimento all'andamento della velocità  $V_s$  con la profondità  $z$  dello strato dal piano campagna, si ottiene un valore delle velocità  $V_s$  pari a:

$$V_s = 10.8 * z + 150 = 258 \text{ m/s}$$





**Figura 58.** Zona omogenea in prospettiva sismica

In relazione alle formulazioni sopra riportate avendo ottenuto un valore delle Vs pari a 258 m/s ed entrando nella tabella 3 sotto riportata si ottiene una categoria di sottosuolo C “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*”.

Per le condizioni topografiche che nel caso specifico si configurano in superficiali semplici si può adottare la classificazione riportata nella tabella 4 e nello specifico si ricade nella categoria T1.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

**Tabella 106.** Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

**Tabella 107.** Tab. 3.2. III – Categorie topografiche

### 1.8.3. Analisi sismica

#### 1.8.3.1. Determinazione del fattore di comportamento q

Si riportano in dettaglio le caratteristiche principali della struttura in esame, utili per il calcolo del fattore di comportamento q e dell'azione sismica.

Classe d'uso	Vita nominale	Coeff. Uso	Duttilità	Regolarità in pianta	Regolarità in altezza	Tipologia strutturale
II	50	1	B	no	no	Muratura

L'analisi strutturale per azioni sismiche utilizzata per la verifica è del tipo lineare (cap. 7.3.1 NTC 2018). Per sistemi non dissipativi (SLE), gli effetti delle azioni sono calcolati riferendosi ad uno spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di comportamento  $q=1$  per lo stato limite di operatività (SLO) (cap. 3.2.3.4 NTC 2018) e un fattore di comportamento  $q \leq 1.5$  per stato limite di danno (SLD) (cap. 3.2.3.5 NTC 2018). Per sistemi dissipativi (SLU), gli effetti delle azioni sono calcolati riferendosi ad uno spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di struttura  $q \geq 1.5$  (cap. 3.2.3.5 NTC 2018).

Il calcolo del fattore di comportamento per i sistemi dissipativi è stato eseguito seguendo quanto riportato al capitolo 7 delle NTC 2018 in funzione dei parametri generali della struttura in esame. Si riportano, in tabella, i valori del fattore di comportamento utili per la valutazione dell'azione sismica nelle tre direzioni:

$q_0$	$\alpha_u/\alpha_i$	$k_r$	$q_x$	$q_y$	$q_z$
$1,75^* \alpha_u/\alpha_i$	1.35	0.8	1.89	1.89	1.5

L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento  $V_r$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso. Fissato il periodo di riferimento  $V_r$  e la probabilità di superamento  $P_{ver}$  associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno  $T_r$  e i relativi parametri di pericolosità sismica:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

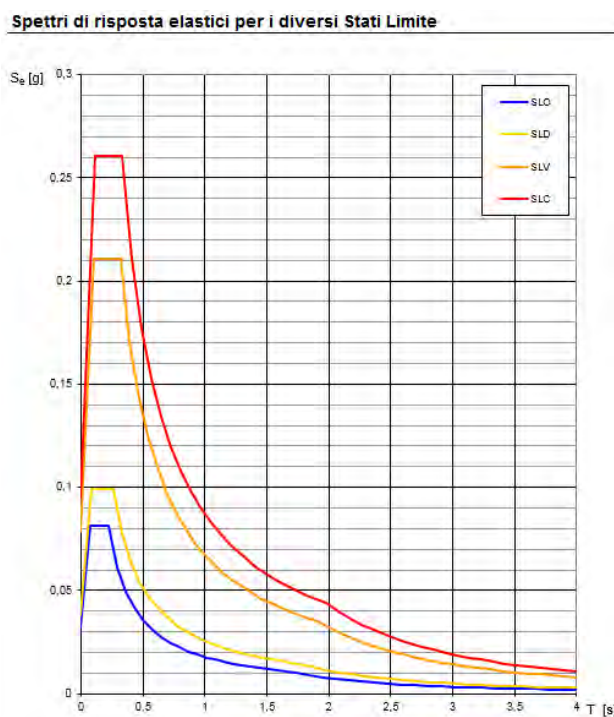


- $T_c^*$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0,032	2,531	0,219
SLD	50	0,038	2,585	0,259
SLV	475	0,078	2,690	0,319
SLC	975	0,095	2,746	0,333

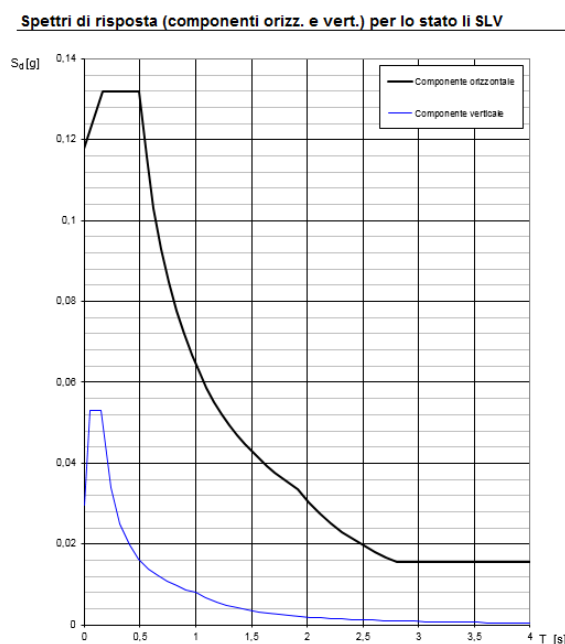
**Tabella 108.** Valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  in funzione dei vari stati limite

### 1.8.3.2. Spettri di risposta

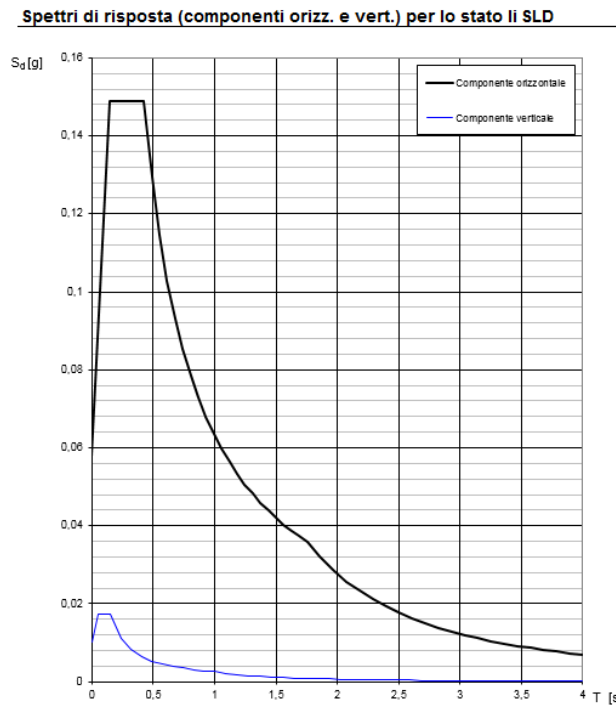


**Figura 59.** Spettri di risposta elastici per i diversi stati limite

Con l'utilizzo del fattore di comportamento e dei parametri sismici dipendenti dal tipo di struttura in esame, precedentemente calcolati, si sono determinati gli spettri di calcolo agli stati limite SLV e SLD. Nel caso di utilizzo di isolatori sismici si farà riferimento allo spettro ad SLV per la sovrastruttura e ad SLC per gli isolatori. Tali spettri saranno opportunamente scalati in funzione dello smorzamento e del periodo scelto.



**Figura 60.** Spettri di risposta (componenti orizz.\_vert.) per lo SLV



**Figura 61.** Spettri di risposta (componenti orizz.\_vert.) per lo SLD

#### 1.8.4. Carichi di progetto

##### 1.8.4.1. Carico della neve

Tale calcolo viene effettuato ai sensi di DM del 17 Gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni" e della Circolare Ministeriale Applicativa del 21 Gennaio 2019. Il carico neve sulle coperture è valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i * q_{sk} * C_e *$$

dove:

- $\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura;

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

**Tabella 109.** Tab. 3.4.II – Valori dei coefficienti di forma

- $q_{sk}$  è il valore di riferimento del carico neve al suolo e dipende dalla zona climatica e dall'altitudine di riferimento del sito  $a_s$ , se è maggiore o inferiore a 200 m;



**Figura 62.** Zone di carico della neve

- $C_e$  è il coefficiente di esposizione che viene utilizzato per modificare il carico neve in funzione delle caratteristiche dell'area in cui sorge l'opera;

Topografia	Descrizione	$C_e$
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

**Tabella 110.** Tab. 3.4.I – Valori di  $C_z$  per diverse classi di esposizione

- $C_t$  è il coefficiente termico, generalmente assunto pari a 1;

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare e si calcola il valore del carico neve in copertura:

Zona	$s_s$ (m)	$q_{sk}$ (daN/m <sup>2</sup> )	$\mu_i$	$C_e$	$C_t$	$q_s$ (daN/m <sup>2</sup> )
III	4	60	0,8	1	1	48

**Tabella 111.** Determinazione del carico da neve in copertura

#### 1.8.4.2. Carico del vento

La velocità base di riferimento del vento  $v_b$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito ad un periodo di ritorno  $T_r = 50$  anni, ed è pari a:

$$v_b = v_{b0} * c_a$$

dove:

- $v_{b0}$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab.3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione;

- $c_a$  è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s * (a_s/a_0 - 1) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

dove:

- $a_0, k_s$  sono parametri forniti nella Tab.3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione;
- $a_s$  è l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione.

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32



**Figura 63.** Valori dei parametri  $v_{b,0}, a_0, k_s$

**Figura 64.** Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

La velocità di riferimento  $v_r$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito al periodo di ritorno di progetto  $T_r$ .

$$v_r = v_b * c_r$$

- $v_b$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata
- $c_r$  è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto  $T_r$  fornito dalla relazione

$$c_r = 0.75 * \sqrt{1 - 0.2 * \ln[-\ln * (1 - 1/T_r)]}$$

Quindi:

$v_{b,0}$ (m/s)	$a_s$	$c_a$	$v_b$	$T_r$	$c_r$	$v_r$ (m/s)
27	4	1	27	50	1,0007	27.02

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r * c_e * c_p * c_d$$

dove:

- $q_r$  è la pressione cinetica di riferimento data dall'espressione

$$q_r = \frac{1}{2} * \rho * v_r^2 \quad \text{in cui } \rho \text{ è la densità dell'aria pari a } 1.25 \text{ kg/m}^3$$

•  $c_e$  è il coefficiente di esposizione che dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. Per altezze sul suolo non maggiori di 200 m è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_r^2 * c_t * \ln(z/z_0) * [7 + c_t * \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

dove:

- $k_r$ ,  $z_0$ ,  $z_{min}$  sono assegnati in Tab.3.3.II in funzione della categoria di esposizione del sito.
- $c_t$  è il coefficiente di topografia, posto generalmente uguale a 1.

Categoria di esposizione del sito	$K_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

**Tabella 112.** Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media non superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, e D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa); c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...)

**Tabella 113.** Classi di rugosità del terreno

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa					
	mare					
	2 km	10 km	30 km	500m	750m	
A	- -	IV	IV	V	V	V
B	- -	III	III	IV	IV	IV
C	- -	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

**Tabella 114.** Definizione delle categorie di esposizione

$q_r$	Rugosità	Esposizione	$c_e(z)$	$c_e(z_{min})$
456	D	I	2,982	1,883

**Tabella 115.** Definizione dei coefficienti di esposizione



●  $c_p$  è il coefficiente di pressione e dipende dalla tipologia, dalla geometria della costruzione e dal suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il coefficiente globale  $c_{pe}$  che può essere utilizzato in tutti i casi in cui la rappresentazione delle azioni aereodinamiche del vento possa essere effettuata in maniera semplificata, rivolta alla valutazione delle azioni globali su porzioni estese di costruzioni o delle risultanti delle azioni indotte dal vento sugli elementi principali della struttura. I coefficienti  $c_{pe}$  da assumere sulle pareti dell'edificio a pianta rettangolare sono diagrammati in base al rapporto  $h/d$ , avendo indicato con  $h$  l'altezza del manufatto e con  $d$  la profondità dell'edificio, valutata parallelamente al flusso di lavoro:

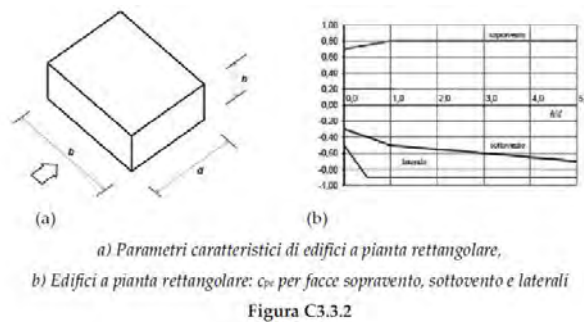


Figura C3.3.2

Tabella C3.3.I: Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravvento, sottovento e laterali

Faccia sopravvento	$C_U = 2,0$	$C_U = 1,5$
$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = 0,7 + 0,1 \cdot h/d$	$h/d \leq 0,5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,8 \cdot h/d$	$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = -0,3 - 0,2 \cdot h/d$
$h/d > 1$ : $c_{pe} = 0,8$	$h/d > 0,5$ : $c_{pe} = -0,9$	$1 < h/d \leq 5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,05 \cdot (h/d - 1)$

Tabella 116. Coefficienti di pressione delle facciate secondo NTC2018

Quindi i coefficienti per le facce sopravvento e sottovento sono:

b	d	h	h/d	$c_{pe}$ -sopravvento	$c_{pe}$ -sottovento
45	12	13	1,08	0,80	-0,50

Tabella 117. Definizione dei coefficienti di pressione

## COPERTURA PIANA

Per la copertura piana, l'altezza di riferimento  $z_e$  è pari alla quota massima della copertura stessa, inclusa la presenza dei parapetti e di altri analoghi elementi. I coefficienti globali  $c_{pe}$  da assumere sulle coperture di un edificio a pianta rettangolare sono riportati di seguito:

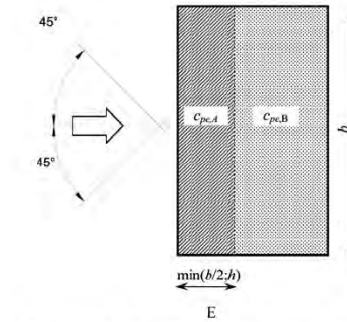


Figura C3.3.5 - Schema di riferimento per coperture piane

Tabella C3.3.III - Edifici rettangolari:  $c_{pe}$  per coperture piane.

Fascia sopravento di profondità pari al minimo tra $b/2$ e $h$ :	$c_{pe,A} = -0,80$
Restanti zone	$c_{pe,B} = \pm 0,20$

#### Definizione $c_{pe}$ per coperture piano

Le pressioni interne agli edifici dipendono dalla superficie delle aperture che questi presentano verso l'esterno. Nel caso in esame si assumono valori del coefficiente di pressione interno pari a  $c_{pi} = +0,2$  e  $c_{pi} = -0,30$ , considerando il caso che di volta in volta conduce alla situazione maggiormente gravosa.

- $c_d$  è il coefficiente dinamico e può essere assunto cautelativamente pari a 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m in altezza e capannoni industriali.

In funzione dei coefficienti analizzati e della pressione cinetica di riferimento, si calcola la pressione del vento per la copertura e per le facciate sopravento e sottovento considerando i valori massimi e minimi.

Facciata	Sopravento	Sottovento
$p_{min}$ (daN/m <sup>2</sup> )	516	-605
$p_{max}$ (daN/m <sup>2</sup> )	804	-943
Copertura	Sopravento	Sottovento
$p$ (daN/m <sup>2</sup> )	-1340	-536

#### 1.8.5. Interventi per il miglioramento sismico – edifici in muratura

Gli interventi previsti per la riduzione del rischio sismico si dividono in:

- interventi che possono consentire il miglioramento di almeno due Classi di Rischio o l'adeguamento sismico.

La tipologia di interventi considerati riguarda l'utilizzo di:

- cappotto sismico applicato alle pareti esterne dell'edificio.

Questa tipologia di interventi, viene presa in considerazione nel caso in cui le lavorazioni vengono eseguite senza dover in alcun modo evacuare gli inquilini dell'edificio, e quando la struttura risulta regolare in pianta e in altezza. Per gli edifici in cemento armato, nel caso di struttura a telai in entrambe le direzioni, è prevista la possibilità di ritenere valido il passaggio di più Classi di Rischio con la possibilità di raggiungere l'adeguamento sismico a seconda della tipologia di struttura.

#### **1.8.5.1. Sintesi degli interventi previsti**

##### **CAPPOTTO SISMICO**

Il cappotto sismico viene applicato sulle facciate esterne dell'edificio al fine di realizzare una nuova "pelle" sismo-resistente. E' costituito da una lastra sottile in calcestruzzo armato gettato in opera all'interno di due strati di materiale isolante, preinseriti in una maglia tridimensionale in acciaio zincato. La lastra in calcestruzzo può avere spessori variabili in base alla tipologia di intervento e nel caso in esame si ipotizza uno spessore di circa 8-10 cm; a livello delle travi esterne di piano si realizza un nuovo cordolo dello spessore della lastra più la larghezza dello strato di isolante addossato alla parete di circa 4 cm.

Il getto e l'armatura di rinforzo vengono resi solidali alla struttura esistente mediante, sia l'inserimento di connettori disposti a livello dei cordoli di piano e, se necessario, sui pilastri, sia disponendo opportuni ancoraggi sulla fondazione esistente o su una nuova fondazione addossata a quella esistente

La maglia tridimensionale in acciaio zincato, consente di semplificare le operazioni di posa in opera delle armature strutturali, di minimizzare gli sfridi di cantiere e di realizzare uno strato di finitura ad intonaco particolarmente solida che garantisce la massima protezione del materiale isolante da urti accidentali ed agenti atmosferici.

Le norme NTC18 trattano le pareti in calcestruzzo soltanto per quanto riguarda le prescrizioni da seguire per strutture a comportamento dissipativo. Le lastre in calcestruzzo vengono invece dimensionate per garantire un comportamento elastico e non dissipativo nei confronti dell'azione sismica di progetto, rientrando nella tipologia di "strutture non dissipative". Per questo motivo le verifiche in resistenza degli elementi in calcestruzzo vengono effettuate seguendo l'approccio fornito dalla norma per gli elementi strutturali a comportamento non dissipativo, contenute nel capitolo 4 delle NTC18 mentre le prescrizioni contenute nel capitolo 7 non risultano vincolanti per il dimensionamento delle pareti.

Per quanto riguarda le connessioni tra edificio esistente e cappotto sismico, la valutazione analitica della resistenza degli ancoraggi metallici per calcestruzzo può essere effettuata secondo le linee

guida definite dal documento ETAG001-1997: "Linee guida per il benessere tecnico europeo di ancoraggi metallici da utilizzare nel calcestruzzo" e dai relativi allegati.

#### **1.8.6. Conclusioni**

Per quanto concerne gli aspetti prettamente strutturali, l'intervento di miglioramento sismico adottato per la tipologia oggetto della presente relazione, prevede l'utilizzo di un cappotto sismico, un sistema integrato di rafforzamento strutturale e miglioramento del benessere termoigrometrico dell'edificio. Questo intervento, oltre a non interrompere il normale esercizio della struttura permette la riduzione delle tempistiche del cantiere, in quanto i moduli da applicare sulle pareti esterne, risultano prefabbricati e sono comprensivi delle varie forometrie; in cantiere, l'attività sarà quella di prevedere il collegamento con la struttura esistente e la realizzazione del getto all'interno del cassero e, se necessario, il getto armato della nuova porzione di fondazione.

Gli interventi strutturali previsti sono mirati al miglioramento sismico attraverso l'incremento di almeno due Classi di Rischio o l'adeguamento sismico, da valutare nel dettaglio nelle fasi progettuali successive. Con ciò si intende il miglioramento del rischio della costruzione con incidenza sul valore PAM e sulla capacità che la struttura possiede rispetto allo stato limite della salvaguardia sulla vita. Tale valore è stato valutato come rapporto tra  $PGA_a$  (SLV) anteoperam e la  $PGA_p$  (SLV) postoperam, determinata attraverso il metodo convenzionale nel rispetto della normativa vigente (NTC 2018) e della circolare ministeriale applicativa del 21 gennaio 2019.

## 1.9. Tipologia FM09

### 1.9.1. Individuazione dei siti in esame

Di seguito si riporta una tabella che riassume i parametri generali del sito in esame, con gli identificativi e le coordinate dei punti che includono gli edifici.

Provincia	Comune	Tipologia	Via	Latitudine	Longitudine
Roma	Fiumicino	FM09	Via del Porto Claudio 17- 13°	41.4629°	13.1356°
Roma	Fiumicino	FM09	Via del Porto Claudio 17- 14°	41.4629°	13.1356°

**Tabella 118.** Parametri generali del sito in esame



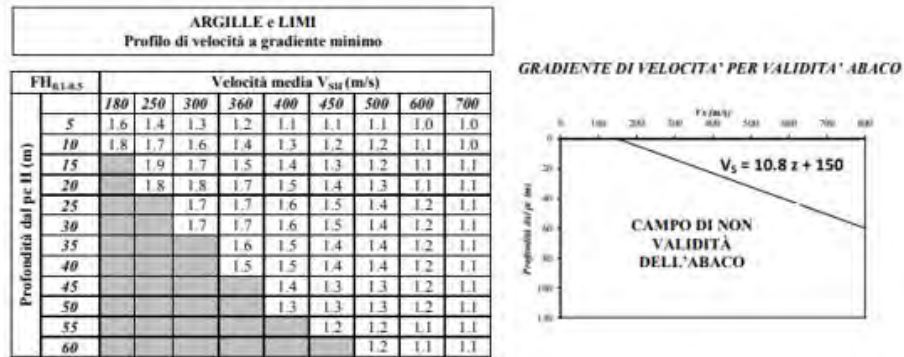
**Figura 65.** Individuazione del sito in esame (immagine da google earth)

### 1.9.2. Determinazione della categoria di sottosuolo

Per la determinazione della categoria di sottosuolo, in assenza di indagini geologiche specifiche per ogni intervento da realizzare, è possibile stimare in via preliminare e con le approssimazioni del caso, la velocità delle onde VS facendo specifico riferimento agli abachi regionali di microzonazione sismica ai sensi della DGR Lazio n. 545 del 26 novembre 2010, forniti sul portale della Regione Lazio. Nello specifico andando ad individuare la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica per il comune di interesse, è possibile risalire alla tipologia del sottosuolo e relativo spessore. Dalla carta riportata in figura 2, si evidenzia che il sito oggetto del presente studio ricade all'interno delle zone stabili suscettibili di amplificazione sismica (SA9) che sono caratterizzate dalla presenza nel primo strato di 5 m da limi carboniosi, argille torbose e da un secondo strato massimo di 20 m di dune costiere. In funzione di questo, entrando in via approssimativa nell'abaco ( $V_s/h$ ) riportato in figura 2, relativo alle ghiaie alluvionali, detritiche e sabbie di alterazione, si determina il valore di



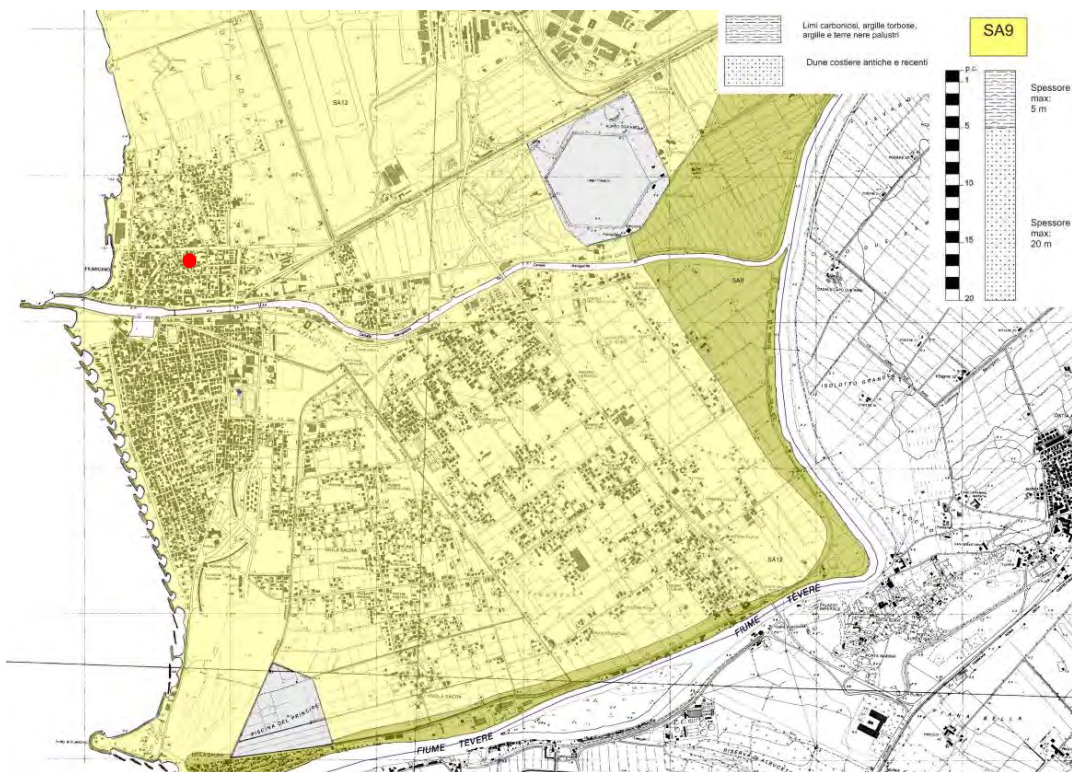
$V_s$  che viene utilizzato per la stima approssimata della categoria di sottosuolo entrando nella tabella 3.2.II del D.M. 17 Gennaio 2018.



**Tabella 119.** Abaco per le ghiaie alluvionali, detritiche e sabbie di alterazione

Nello specifico facendo riferimento all'andamento della velocità  $V_s$  con la profondità  $z$  dello strato dal piano campagna, si ottiene un valore delle velocità  $V_s$  pari a:

$$V_s = 10.8 * z + 150 = 258 \text{ m/s}$$



**Figura 66.** Zona omogenea in prospettiva sismica

In relazione alle formulazioni sopra riportate avendo ottenuto un valore delle  $V_s$  pari a 258 m/s ed entrando nella tabella 3 sotto riportata si ottiene una categoria di sottosuolo C “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*”.



Per le condizioni topografiche che nel caso specifico si configurano in superficiali semplici si può adottare la classificazione riportata nella tabella 4 e nello specifico si ricade nella categoria T1.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

**Tabella 120.** Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

**Tabella 121.** Tab. 3.2. III – Categorie topografiche

### 1.9.3. Analisi sismica

#### 1.9.3.1. Determinazione del fattore di comportamento q

Si riportano in dettaglio le caratteristiche principali della struttura in esame, utili per il calcolo del fattore di comportamento q e dell'azione sismica.

Classe d'uso	Vita nominale	Coeff. Uso	Duttilità	Regolarità in pianta	Regolarità in altezza	Tipologia strutturale
II	50	1	B	sì	sì	Muratura

L'analisi strutturale per azioni sismiche utilizzata per la verifica è del tipo lineare (cap. 7.3.1 NTC 2018). Per sistemi non dissipativi (SLE), gli effetti delle azioni sono calcolati riferendosi ad uno spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di comportamento  $q=1$  per lo stato limite di operatività (SLO) (cap. 3.2.3.4 NTC 2018) e un fattore di comportamento  $q \leq 1.5$  per stato limite di danno (SLD) (cap. 3.2.3.5 NTC 2018). Per sistemi dissipativi (SLU), gli effetti delle azioni sono calcolati riferendosi ad uno spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di struttura  $q \geq 1.5$  (cap. 3.2.3.5 NTC 2018).

Il calcolo del fattore di comportamento per i sistemi dissipativi è stato eseguito seguendo quanto riportato al capitolo 7 delle NTC 2018 in funzione dei parametri generali della struttura in esame. Si riportano, in tabella, i valori del fattore di comportamento utili per la valutazione dell'azione sismica nelle tre direzioni:

$q_0$	$\alpha_u/\alpha_i$	$k_r$	$q_x$	$q_y$	$q_z$
$1,75^* \alpha_u/\alpha_i$	1.7	1	2.975	2.975	1.5

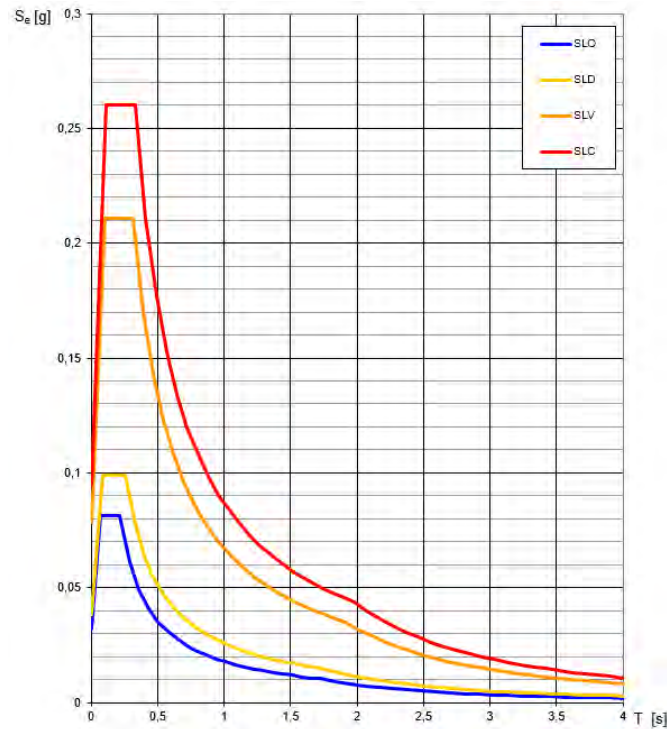
L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento  $V_r$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso. Fissato il periodo di riferimento  $V_r$  e la probabilità di superamento  $P_{ver}$  associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno  $T_r$  e i relativi parametri di pericolosità sismica:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0,032	2,531	0,219
SLD	50	0,038	2,585	0,259
SLV	475	0,078	2,690	0,319
SLC	975	0,095	2,746	0,333

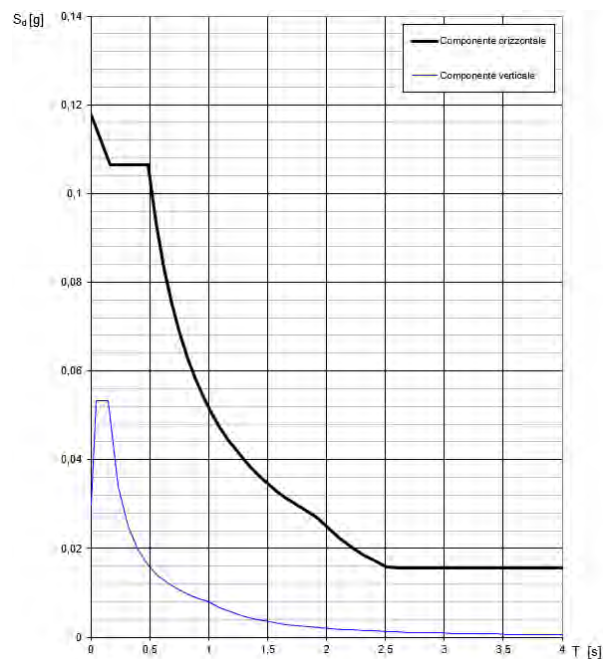
**Tabella 122.** Valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  in funzione dei vari stati limite

### 1.9.3.2. Spettri di risposta

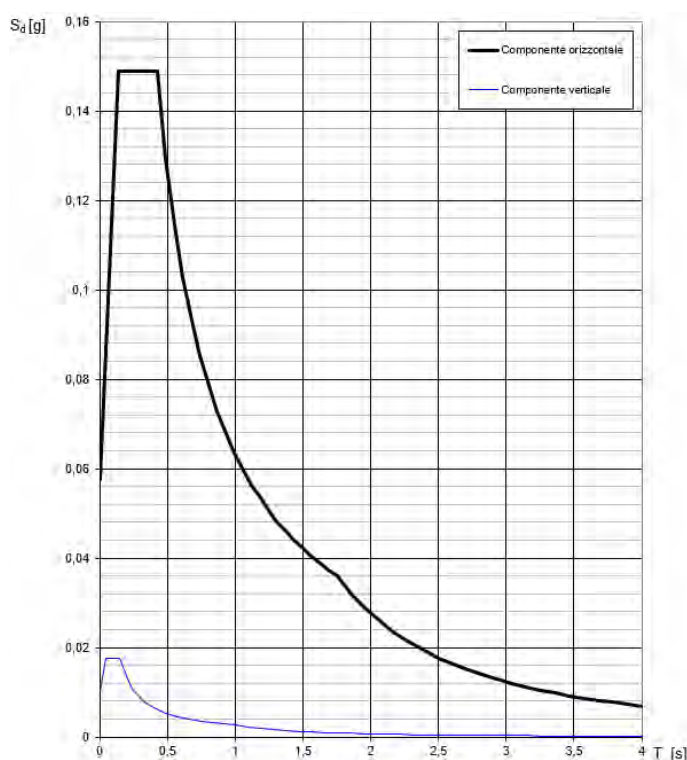


**Figura 67.** Spettri di risposta elastici per i diversi stati limite

Con l'utilizzo del fattore di comportamento e dei parametri sismici dipendenti dal tipo di struttura in esame, precedentemente calcolati, si sono determinati gli spettri di calcolo agli stati limite SLV e SLD. Nel caso di utilizzo di isolatori sismici si farà riferimento allo spettro ad SLV per la sovrastruttura e ad SLC per gli isolatori. Tali spettri saranno opportunamente scalati in funzione dello smorzamento e del periodo scelto.



**Figura 68.** Spettri di risposta (componenti orizz.\_vert.) per lo SLV



**Figura 69.** Spettri di risposta (componenti orizz.\_vert.) per lo SLD

#### 1.9.4. Carichi di progetto

##### 1.9.4.1. Carico della neve

Tale calcolo viene effettuato ai sensi di DM del 17 Gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni" e della Circolare Ministeriale Applicativa del 21 Gennaio 2019. Il carico neve sulle coperture è valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i * q_{sk} * C_e *$$

dove:

- $\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura;

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

**Tabella 123.** Tab. 3.4.II – Valori dei coefficienti di forma

- $q_{sk}$  è il valore di riferimento del carico neve al suolo e dipende dalla zona climatica e dall'altitudine di riferimento del sito  $a_s$ , se è maggiore o inferiore a 200 m;



Figura 70. Zone di carico della neve

- $C_e$  è il coefficiente di esposizione che viene utilizzato per modificare il carico neve in funzione delle caratteristiche dell'area in cui sorge l'opera;

Topografia	Descrizione	$C_e$
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

Tabella 124. Tab. 3.4.I – Valori di  $C_z$  per diverse classi di esposizione

- $C_t$  è il coefficiente termico, generalmente assunto pari a 1;

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare e si calcola il valore del carico neve in copertura:

Zona	$s_s$ (m)	$q_{sk}$ (daN/m <sup>2</sup> )	$\mu_i$	$C_e$	$C_t$	$q_s$ (daN/m <sup>2</sup> )
III	5	60	0,8	1	1	48

Tabella 125. Determinazione del carico da neve in copertura

#### 1.9.4.2. Carico del vento

La velocità base di riferimento del vento  $v_b$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito ad un periodo di ritorno  $T_r = 50$  anni, ed è pari a:

$$v_b = v_{b0} * C_a$$

dove:

- $v_{b0}$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab.3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione;

- $c_a$  è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s * (a_s/a_0 - 1) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

dove:

- $a_0, k_s$  sono parametri forniti nella Tab.3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione;
- $a_s$  è l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione.

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32



**Figura 71.** Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_s$

**Figura 72.** Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

La velocità di riferimento  $v_r$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito al periodo di ritorno di progetto  $T_r$ .

$$v_r = v_b * c_r$$

- $v_b$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata
- $c_r$  è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto  $T_r$  fornito dalla relazione

$$c_r = 0.75 * \sqrt{1 - 0.2 * \ln[-\ln * (1 - 1/T_r)]}$$

Quindi:

$v_{b,0}$ (m/s)	$a_s$	$c_a$	$v_b$	$T_r$	$c_r$	$v_r$ (m/s)
27	5	1	27	50	1,0007	27.02

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r * c_e * c_p * c_d$$

dove:

- $q_r$  è la pressione cinetica di riferimento data dall'espressione

$$q_r = \frac{1}{2} * \rho * v_r^2 \quad \text{in cui } \rho \text{ è la densità dell'aria pari a } 1.25 \text{ kg/m}^3$$



•  $c_e$  è il coefficiente di esposizione che dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. Per altezze sul suolo non maggiori di 200 m è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_r^2 * c_t * \ln(z/z_0) * [7 + c_t * \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

dove:

- $k_r$ ,  $z_0$ ,  $z_{min}$  sono assegnati in Tab.3.3.II in funzione della categoria di esposizione del sito.
- $c_t$  è il coefficiente di topografia, posto generalmente uguale a 1.

Categoria di esposizione del sito	$K_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

**Tabella 126.** Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media non superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, e D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa); c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...)

**Tabella 127.** Classi di rugosità del terreno

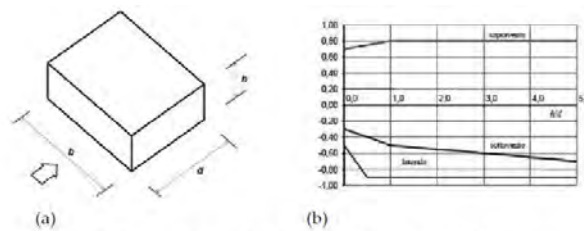
ZONE 1,2,3,4,5						
	costa					
	mare					
	2 km	10 km	30 km	500m	750m	
A	- -	IV	IV	V	V	V
B	- -	III	III	IV	IV	IV
C	- -	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

**Tabella 128.** Definizione delle categorie di esposizione

$q_r$	Rugosità	Esposizione	$c_e(z)$	$c_e(z_{min})$
456	D	I	2,834	1,883

**Tabella 129.** Definizione dei coefficienti di esposizione

●  $c_p$  è il coefficiente di pressione e dipende dalla tipologia, dalla geometria della costruzione e dal suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il coefficiente globale  $c_{pe}$  che può essere utilizzato in tutti i casi in cui la rappresentazione delle azioni aereodinamiche del vento possa essere effettuata in maniera semplificata, rivolta alla valutazione delle azioni globali su porzioni estese di costruzioni o delle risultanti delle azioni indotte dal vento sugli elementi principali della struttura. I coefficienti  $c_{pe}$  da assumere sulle pareti dell'edificio a pianta rettangolare sono diagrammati in base al rapporto  $h/d$ , avendo indicato con  $h$  l'altezza del manufatto e con  $d$  la profondità dell'edificio, valutata parallelamente al flusso di lavoro:



a) Parametri caratteristici di edifici a pianta rettangolare.  
b) Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravvento, sottovento e laterali

Figura C3.3.2

Tabella C3.3.I: Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravvento, sottovento e laterali

Faccia sopravvento	$C_U = 2,0$	$C_U = 1,5$
$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = 0,7 + 0,1 \cdot h/d$	$h/d \leq 0,5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,8 \cdot h/d$	$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = -0,3 - 0,2 \cdot h/d$
$h/d > 1$ : $c_{pe} = 0,8$	$h/d > 0,5$ : $c_{pe} = -0,9$	$1 < h/d \leq 5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,05 \cdot (h/d - 1)$

Tabella 130. Coefficienti di pressione delle facciate secondo NTC2018

Quindi i coefficienti per le facce sopravvento e sottovento sono:

b	d	h	h/d	$c_{pe}$ -sopravvento	$c_{pe}$ -sottovento
26,3	10	12,8	1,28	0,80	-0,51

Tabella 131. Definizione dei coefficienti di pressione

## COPERTURA PIANA

Per la copertura piana, l'altezza di riferimento  $z_e$  è pari alla quota massima della copertura stessa, inclusa la presenza dei parapetti e di altri analoghi elementi. I coefficienti globali  $c_{pe}$  da assumere sulle coperture di un edificio a pianta rettangolare sono riportati di seguito:

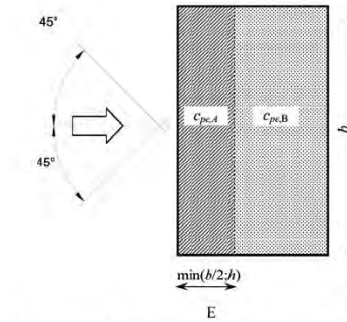


Figura C3.3.5 - Schema di riferimento per coperture piane

Tabella C3.3.III - Edifici rettangolari:  $c_{pe}$  per coperture piane.

Fascia sovravento di profondità pari al minimo tra $b/2$ e $h$ :	$c_{pe,A} = -0,80$
Restanti zone	$c_{pe,B} = \pm 0,20$

**Tabella 132.** Definizione  $c_{pe}$  per coperture piano

Le pressioni interne agli edifici dipendono dalla superficie delle aperture che questi presentano verso l'esterno. Nel caso in esame si assumono valori del coefficiente di pressione interno pari a  $c_{pi} = +0,2$  e  $c_{pi} = -0,30$ , considerando il caso che di volta in volta conduce alla situazione maggiormente gravosa.

- $c_d$  è il coefficiente dinamico e può essere assunto cautelativamente pari a 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m in altezza e capannoni industriali.

In funzione dei coefficienti analizzati e della pressione cinetica di riferimento, si calcola la pressione del vento per la copertura e per le facciate sovravento e sottovento considerando i valori massimi e minimi.

Facciata	Sopravento	Sottovento
$p_{min}$ (daN/m <sup>2</sup> )	516	-614
$p_{max}$ (daN/m <sup>2</sup> )	801	-954
Copertura	Sopravento	Sottovento
$p$ (daN/m <sup>2</sup> )	-1335	-534

### **1.9.5. Interventi per il miglioramento sismico – edifici in muratura**

Gli interventi previsti per la riduzione del rischio sismico si dividono in:

- interventi che possono consentire il miglioramento di almeno due Classi di Rischio o l'adeguamento sismico.

La tipologia di interventi considerati riguarda l'utilizzo di:

- cappotto sismico applicato alle pareti esterne dell'edificio.

Questa tipologia di interventi, viene presa in considerazione nel caso in cui le lavorazioni vengono eseguite senza dover in alcun modo evacuare gli inquilini dell'edificio, e quando la struttura risulta regolare in pianta e in altezza. Per gli edifici in cemento armato, nel caso di struttura a telai in entrambe le direzioni, è prevista la possibilità di ritenere valido il passaggio di più Classi di Rischio con la possibilità di raggiungere l'adeguamento sismico a seconda della tipologia di struttura.

#### **1.9.5.1. Sintesi degli interventi previsti**

##### **CAPPOTTO SISMICO**

Il cappotto sismico viene applicato sulle facciate esterne dell'edificio al fine di realizzare una nuova "pelle" sismo-resistente. E' costituito da una lastra sottile in calcestruzzo armato gettato in opera all'interno di due strati di materiale isolante, preinseriti in una maglia tridimensionale in acciaio zincato. La lastra in calcestruzzo può avere spessori variabili in base alla tipologia di intervento e nel caso in esame si ipotizza uno spessore di circa 8-10 cm; a livello delle travi esterne di piano si realizza un nuovo cordolo dello spessore della lastra più la larghezza dello strato di isolante addossato alla parete di circa 4 cm.

Il getto e l'armatura di rinforzo vengono resi solidali alla struttura esistente mediante, sia l'inserimento di connettori disposti a livello dei cordoli di piano e, se necessario, sui pilastri, sia disponendo opportuni ancoraggi sulla fondazione esistente o su una nuova fondazione addossata a quella esistente

La maglia tridimensionale in acciaio zincato consente di semplificare le operazioni di posa in opera delle armature strutturali, di minimizzare gli sfridi di cantiere e di realizzare uno strato di finitura ad intonaco particolarmente solida che garantisce la massima protezione del materiale isolante da urti accidentali ed agenti atmosferici.

Le norme NTC18 trattano le pareti in calcestruzzo soltanto per quanto riguarda le prescrizioni da seguire per strutture a comportamento dissipativo. Le lastre in calcestruzzo vengono invece dimensionate per garantire un comportamento elastico e non dissipativo nei confronti dell'azione sismica di progetto, rientrando nella tipologia di "strutture non dissipative". Per questo motivo le verifiche in resistenza degli elementi in calcestruzzo vengono effettuate seguendo l'approccio

fornito dalla norma per gli elementi strutturali a comportamento non dissipativo, contenute nel capitolo 4 delle NTC18 mentre le prescrizioni contenute nel capitolo 7 non risultano vincolanti per il dimensionamento delle pareti.

Per quanto riguarda le connessioni tra edificio esistente e cappotto sismico, la valutazione analitica della resistenza degli ancoraggi metallici per calcestruzzo può essere effettuata secondo le linee guida definite dal documento ETAG001-1997: "Linee guida per il benessere tecnico europeo di ancoraggi metallici da utilizzare nel calcestruzzo" e dai relativi allegati.

#### **1.9.6. Conclusioni**

Per quanto concerne gli aspetti prettamente strutturali, l'intervento di miglioramento sismico adottato per la tipologia oggetto della presente relazione, prevede l'utilizzo di un cappotto sismico, un sistema integrato di rafforzamento strutturale e miglioramento del benessere termoigrometrico dell'edificio. Questo intervento, oltre a non interrompere il normale esercizio della struttura permette la riduzione delle tempistiche del cantiere, in quanto i moduli da applicare sulle pareti esterne, risultano prefabbricati e sono comprensivi delle varie forometrie; in cantiere, l'attività sarà quella di prevedere il collegamento con la struttura esistente e la realizzazione del getto all'interno del cassero e, se necessario, il getto armato della nuova porzione di fondazione.

Gli interventi strutturali previsti sono mirati al miglioramento sismico attraverso l'incremento di almeno due Classi di Rischio o l'adeguamento sismico, da valutare nel dettaglio nelle fasi progettuali successive. Con ciò si intende il miglioramento del rischio della costruzione con incidenza sul valore PAM e sulla capacità che la struttura possiede rispetto allo stato limite della salvaguardia sulla vita. Tale valore è stato valutato come rapporto tra PGAa (SLV) anteoperam e la PGAp (SLV) postoperam, determinata attraverso il metodo convenzionale nel rispetto della normativa vigente (NTC 2018) e della circolare ministeriale applicativa del 21 gennaio 2019.

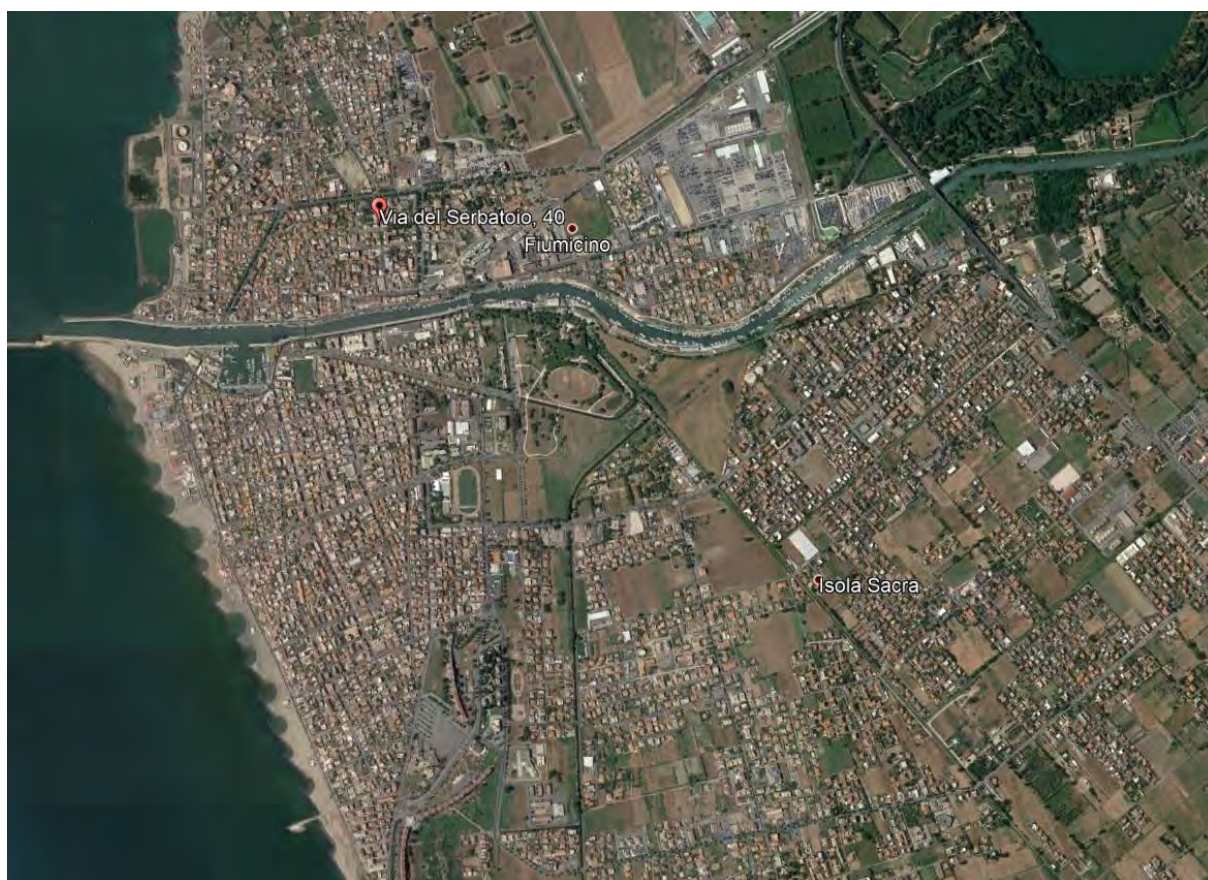
## **1.10. Tipologia FM10**

### **1.10.1. Individuazione dei siti in esame**

Di seguito si riporta una tabella che riassume i parametri generali del sito in esame, con gli identificativi e le coordinate dei punti che includono gli edifici.

Provincia	Comune	Tipologia	Via	Latitudine	Longitudine
Roma	Fiumicino	FM10	Via del Serbatoio 40 - 1°	41.4629°	13.1356°
Roma	Fiumicino	FM10	Via del Serbatoio 40 - 2°	41.4629°	13.1356°
Roma	Fiumicino	FM10	Via del Serbatoio 40 - 3°	41.4629°	13.1356°

**Tabella 133.** Parametri generali del sito in esame



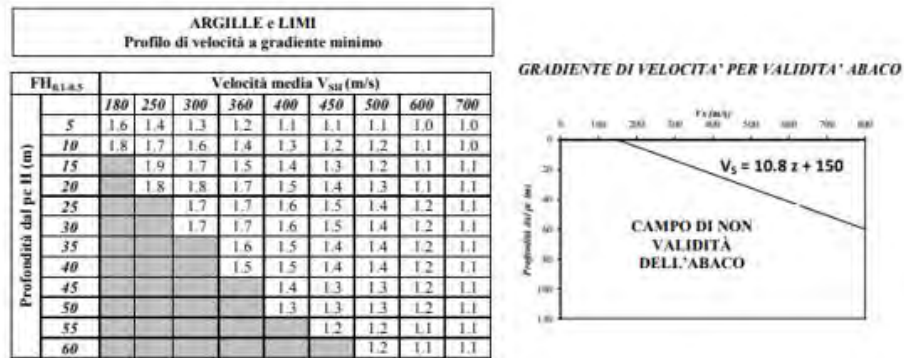
**Figura 73.** Individuazione del sito in esame (immagine da google earth)

### **1.10.2. Determinazione della categoria di sottosuolo**

Per la determinazione della categoria di sottosuolo, in assenza di indagini geologiche specifiche per ogni intervento da realizzare, è possibile stimare in via preliminare e con le approssimazioni del caso, la velocità delle onde VS facendo specifico riferimento agli abachi regionali di microzonazione sismica ai sensi della DGR Lazio n. 545 del 26 novembre 2010, forniti sul portale della Regione Lazio. Nello specifico andando ad individuare la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica per il comune di interesse, è possibile risalire alla tipologia del sottosuolo e relativo spessore. Dalla carta riportata in figura 2, si evidenzia che il sito oggetto del presente studio ricade all'interno



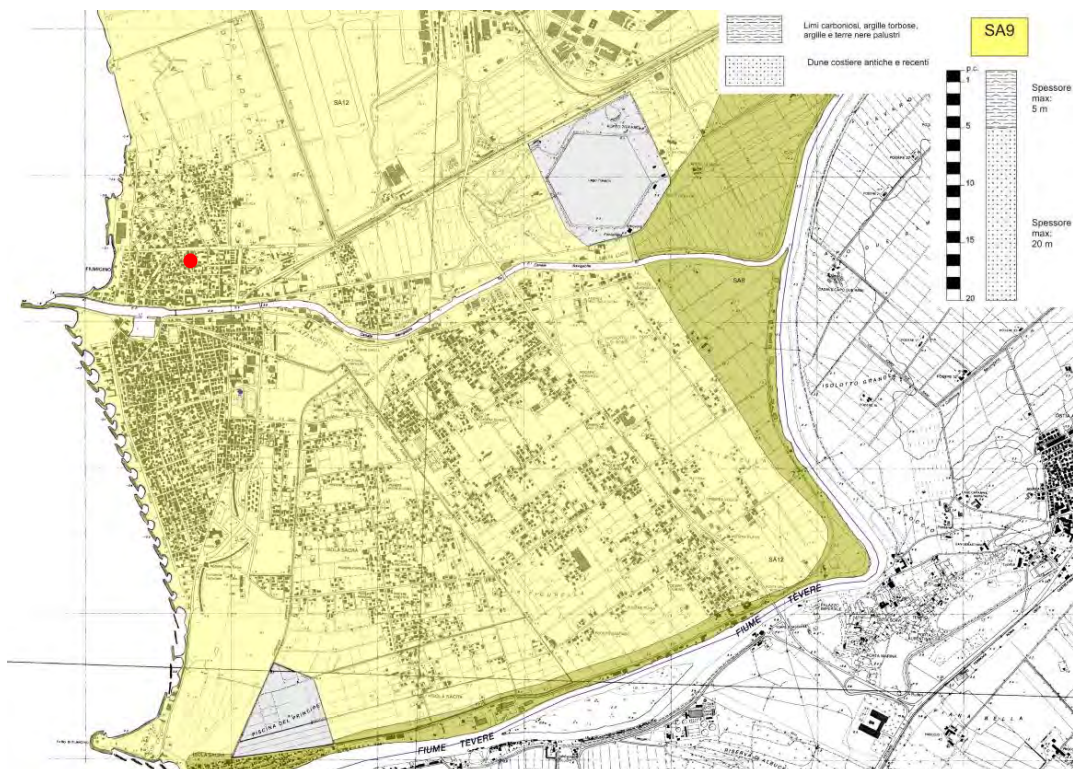
delle zone stabili suscettibili di amplificazione sismica (SA9) che sono caratterizzate dalla presenza nel primo strato di 5 m da limi carboniosi, argille torbose e da un secondo strato massimo di 20 m di dune costiere. In funzione di questo, entrando in via approssimativa nell'abaco ( $V_s/h$ ) riportato in figura 2, relativo alle ghiaie alluvionali, detritiche e sabbie di alterazione, si determina il valore di  $V_s$  che viene utilizzato per la stima approssimata della categoria di sottosuolo entrando nella tabella 3.2.II del D.M. 17 Gennaio 2018.



**Tabella 134.** Abaco per le ghiaie alluvionali, detritiche e sabbie di alterazione

Nello specifico facendo riferimento all'andamento della velocità  $V_s$  con la profondità  $z$  dello strato dal piano campagna, si ottiene un valore delle velocità  $V_s$  pari a:

$$V_s = 10.8 * z + 150 = 258 \text{ m/s}$$



**Figura 74.** Zona omogenea in prospettiva sismica

In relazione alle formulazioni sopra riportate avendo ottenuto un valore delle Vs pari a 258 m/s ed entrando nella tabella 3 sotto riportata si ottiene una categoria di sottosuolo C “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*”.

Per le condizioni topografiche che nel caso specifico si configurano in superficiali semplici si può adottare la classificazione riportata nella tabella 4 e nello specifico si ricade nella categoria T1.

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
<b>E</b>	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

**Tabella 135.** Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
<b>T1</b>	<b>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media <math>i \leq 15^\circ</math></b>
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

**Tabella 136.** Tab. 3.2. III – Categorie topografiche

### 1.10.3. Analisi sismica

#### 1.10.3.1. Determinazione del fattore di comportamento q

Si riportano in dettaglio le caratteristiche principali della struttura in esame, utili per il calcolo del fattore di comportamento q e dell'azione sismica.

Classe d'uso	Vita nominale	Coeff. Uso	Duttilità	Regolarità in pianta	Regolarità in altezza	Tipologia strutturale
II	50	1	B	sì	sì	Muratura

L'analisi strutturale per azioni sismiche utilizzata per la verifica è del tipo lineare (cap. 7.3.1 NTC 2018). Per sistemi non dissipativi (SLE), gli effetti delle azioni sono calcolati riferendosi ad uno spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di comportamento  $q=1$  per lo stato limite di operatività (SLO) (cap. 3.2.3.4 NTC 2018) e un fattore di comportamento  $q \leq 1.5$  per stato limite di danno (SLD) (cap. 3.2.3.5 NTC 2018). Per sistemi dissipativi (SLU), gli effetti delle azioni sono

calcolati riferendosi ad uno spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di struttura  $q \geq 1.5$  (cap. 3.2.3.5 NTC 2018).

Il calcolo del fattore di comportamento per i sistemi dissipativi è stato eseguito seguendo quanto riportato al capitolo 7 delle NTC 2018 in funzione dei parametri generali della struttura in esame. Si riportano, in tabella, i valori del fattore di comportamento utili per la valutazione dell'azione sismica nelle tre direzioni:

$q_0$	$\alpha_u/\alpha_i$	$k_r$	$q_x$	$q_y$	$q_z$
$1,75^* \alpha_u/\alpha_i$	1.7	1	2.975	2.975	1.5

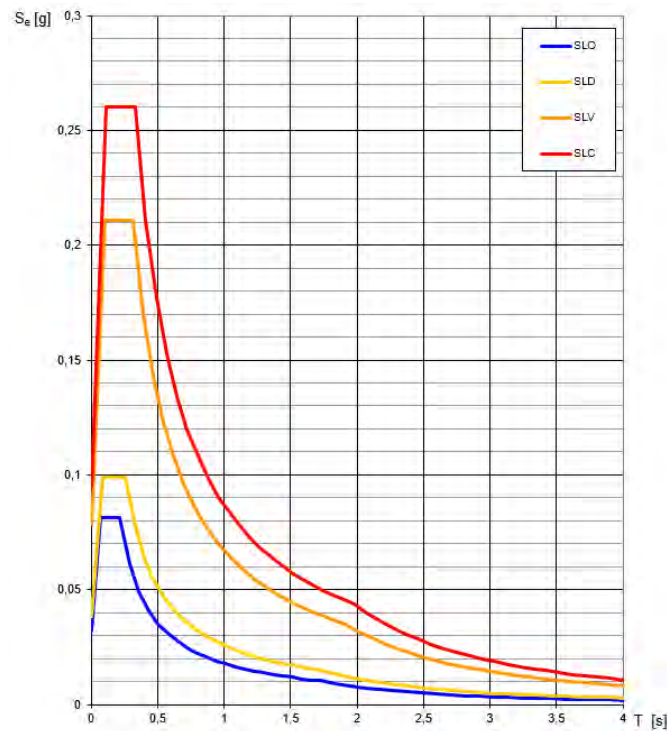
L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento  $V_r$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso. Fissato il periodo di riferimento  $V_r$  e la probabilità di superamento  $P_{ver}$  associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno  $T_r$  e i relativi parametri di pericolosità sismica:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0,032	2,531	0,219
SLD	50	0,038	2,585	0,259
SLV	475	0,078	2,690	0,319
SLC	975	0,095	2,746	0,333

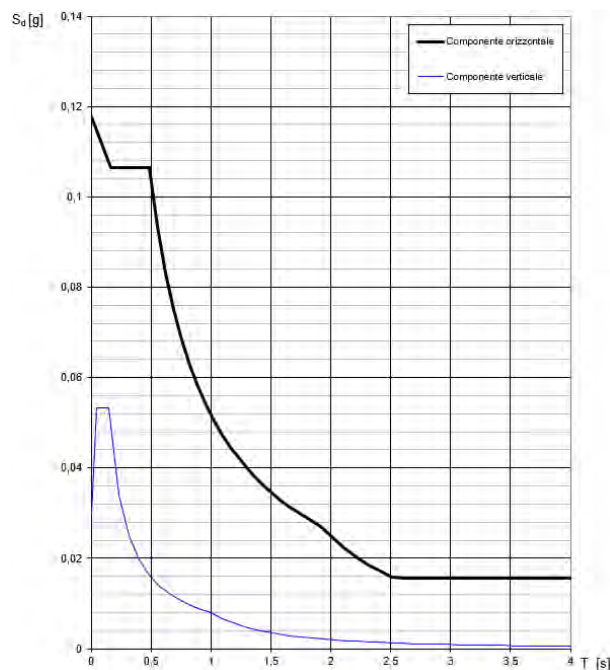
**Tabella 137.** Valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  in funzione dei vari stati limite

### 1.10.3.2. Spettri di risposta



**Figura 75.** Spettri di risposta elastici per i diversi stati limite

Con l'utilizzo del fattore di comportamento e dei parametri sismici dipendenti dal tipo di struttura in esame, precedentemente calcolati, si sono determinati gli spettri di calcolo agli stati limite SLV e SLD. Nel caso di utilizzo di isolatori sismici si farà riferimento allo spettro ad SLV per la sovrastruttura e ad SLC per gli isolatori. Tali spettri saranno opportunamente scalati in funzione dello smorzamento e del periodo scelto.



**Figura 76.** Spettri di risposta (componenti orizz.\_vert.) per lo SLV



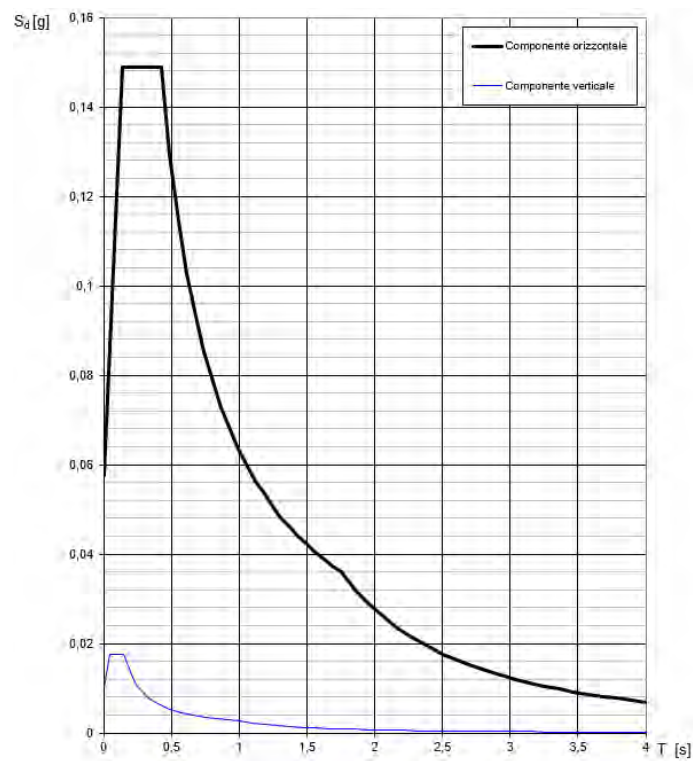


Figura 77. Spettri di risposta (componenti orizz.\_vert.) per lo SLD

#### 1.10.4. Carichi di progetto

##### 1.10.4.1. Carico della neve

Tale calcolo viene effettuato ai sensi di DM del 17 Gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni" e della Circolare Ministeriale Applicativa del 21 Gennaio 2019. Il carico neve sulle coperture è valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i * q_{sk} * C_e *$$

dove:

- $\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura;

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Tabella 138. Tab. 3.4.II – Valori dei coefficienti di forma

- $q_{sk}$  è il valore di riferimento del carico neve al suolo e dipende dalla zona climatica e dall'altitudine di riferimento del sito  $a_s$ , se è maggiore o inferiore a 200 m;



**Figura 78.** Zone di carico della neve

- $C_e$  è il coefficiente di esposizione che viene utilizzato per modificare il carico neve in funzione delle caratteristiche dell'area in cui sorge l'opera;

Topografia	Descrizione	$C_e$
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

**Tabella 139.** Tab. 3.4.I – Valori di  $C_z$  per diverse classi di esposizione

- $C_t$  è il coefficiente termico, generalmente assunto pari a 1;

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare e si calcola il valore del carico neve in copertura:

Zona	$s_s$ (m)	$q_{sk}$ (daN/m <sup>2</sup> )	$\mu_i$	$C_e$	$C_t$	$q_s$ (daN/m <sup>2</sup> )
III	5	60	0,8	1	1	48

**Tabella 140.** Determinazione del carico da neve in copertura

#### 1.10.4.2. Carico del vento

La velocità base di riferimento del vento  $v_b$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito ad un periodo di ritorno  $T_r = 50$  anni, ed è pari a:

$$v_b = v_{b0} * C_a$$

dove:

- $v_{b0}$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab.3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione;



- $c_a$  è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s * (a_s/a_0 - 1) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

dove:

- $a_0, k_s$  sono parametri forniti nella Tab.3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione;
- $a_s$  è l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione.

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32



**Figura 79.** Valori dei parametri  $v_{b,0}, a_0, k_s$

**Figura 80.** Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

La velocità di riferimento  $v_r$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito al periodo di ritorno di progetto  $T_r$ .

$$v_r = v_b * c_r$$

- $v_b$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata
- $c_r$  è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto  $T_r$  fornito dalla relazione

$$c_r = 0.75 * \sqrt{1 - 0.2 * \ln[-\ln * (1 - 1/T_r)]}$$

Quindi:

$v_{b,0}$ (m/s)	$a_s$	$c_a$	$v_b$	$T_r$	$c_r$	$v_r$ (m/s)
27	5	1	27	50	1,0007	27.02

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r * c_e * c_p * c_d$$

dove:

- $q_r$  è la pressione cinetica di riferimento data dall'espressione

$$q_r = \frac{1}{2} * \rho * v_r^2 \quad \text{in cui } \rho \text{ è la densità dell'aria pari a } 1.25 \text{ kg/m}^3$$

•  $c_e$  è il coefficiente di esposizione che dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. Per altezze sul suolo non maggiori di 200 m è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_r^2 * c_t * \ln(z/z_0) * [7 + c_t * \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

dove:

- $k_r$ ,  $z_0$ ,  $z_{min}$  sono assegnati in Tab.3.3.II in funzione della categoria di esposizione del sito.
- $c_t$  è il coefficiente di topografia, posto generalmente uguale a 1.

Categoria di esposizione del sito	$K_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

**Tabella 141.** Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media non superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, e D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa); c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...)

**Tabella 142.** Classi di rugosità del terreno

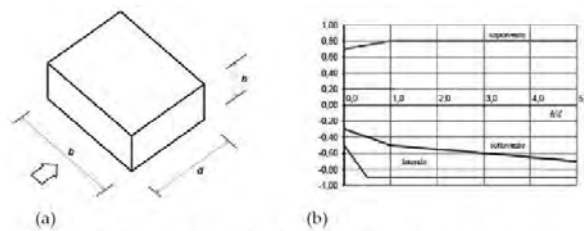
ZONE 1,2,3,4,5						
	costa					
	mare					
	2 km	10 km	30 km	500m	750m	
A	- -	IV	IV	V	V	V
B	- -	III	III	IV	IV	IV
C	- -	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

**Tabella 143.** Definizione delle categorie di esposizione

$q_r$	Rugosità	Esposizione	$c_e(z)$	$c_e(z_{min})$
456	D	I	2,540	1,883

**Tabella 144.** Definizione dei coefficienti di esposizione

●  $c_p$  è il coefficiente di pressione e dipende dalla tipologia, dalla geometria della costruzione e dal suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il coefficiente globale  $c_{pe}$  che può essere utilizzato in tutti i casi in cui la rappresentazione delle azioni aereodinamiche del vento possa essere effettuata in maniera semplificata, rivolta alla valutazione delle azioni globali su porzioni estese di costruzioni o delle risultanti delle azioni indotte dal vento sugli elementi principali della struttura. I coefficienti  $c_{pe}$  da assumere sulle pareti dell'edificio a pianta rettangolare sono diagrammati in base al rapporto  $h/d$ , avendo indicato con  $h$  l'altezza del manufatto e con  $d$  la profondità dell'edificio, valutata parallelamente al flusso di lavoro:



a) Parametri caratteristici di edifici a pianta rettangolare.  
b) Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravvento, sottovento e laterali

Figura C3.3.2

Tabella C3.3.I: Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravvento, sottovento e laterali

Faccia sopravvento	$C_U = 2,0$	$C_U = 1,5$
$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = 0,7 + 0,1 \cdot h/d$	$h/d \leq 0,5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,8 \cdot h/d$	$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = -0,3 - 0,2 \cdot h/d$
$h/d > 1$ : $c_{pe} = 0,8$	$h/d > 0,5$ : $c_{pe} = -0,9$	$1 < h/d \leq 5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,05 \cdot (h/d - 1)$

Tabella 145. Coefficienti di pressione delle facciate secondo NTC2018

Quindi i coefficienti per le facce sopravvento e sottovento sono:

b	d	h	h/d	$c_{pe}$ -sopravento	$c_{pe}$ -sottovento
22.3	9.3	6.7	0.72	0,77	-0,44

Tabella 146. Definizione dei coefficienti di pressione

## COPERTURA PIANA

Per la copertura piana, l'altezza di riferimento  $z_e$  è pari alla quota massima della copertura stessa, inclusa la presenza dei parapetti e di altri analoghi elementi. I coefficienti globali  $c_{pe}$  da assumere sulle coperture di un edificio a pianta rettangolare sono riportati di seguito:

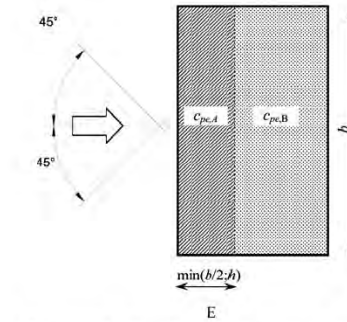


Figura C3.3.5 - Schema di riferimento per coperture piane

Tabella C3.3.III - Edifici rettangolari:  $c_{pe}$  per coperture piane.

Fascia sovravento di profondità pari al minimo tra $b/2$ e $h$ :	$c_{pe,A} = -0,80$
Restanti zone	$c_{pe,B} = \pm 0,20$

**Tabella 147.** Definizione  $c_{pe}$  per coperture piano

Le pressioni interne agli edifici dipendono dalla superficie delle aperture che questi presentano verso l'esterno. Nel caso in esame si assumono valori del coefficiente di pressione interno pari a  $c_{pi} = +0,2$  e  $c_{pi} = -0,30$ , considerando il caso che di volta in volta conduce alla situazione maggiormente gravosa.

- $c_d$  è il coefficiente dinamico e può essere assunto cautelativamente pari a 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m in altezza e capannoni industriali.

In funzione dei coefficienti analizzati e della pressione cinetica di riferimento, si calcola la pressione del vento per la copertura e per le facciate sovravento e sottovento considerando i valori massimi e minimi.

Facciata	Sopravento	Sottovento
$p_{min}$ (daN/m <sup>2</sup> )	492	-553
$p_{max}$ (daN/m <sup>2</sup> )	663	-747
Copertura	Sopravento	Sottovento
$p$ (daN/m <sup>2</sup> )	-1159	-464

### **1.10.5. Interventi per il miglioramento sismico – edifici in muratura**

Gli interventi previsti per la riduzione del rischio sismico si dividono in:

- interventi che possono consentire il miglioramento di almeno due Classi di Rischio o l'adeguamento sismico.

La tipologia di interventi considerati riguarda l'utilizzo di:

- cappotto sismico applicato alle pareti esterne dell'edificio.

Questa tipologia di interventi, viene presa in considerazione nel caso in cui le lavorazioni vengono eseguite senza dover in alcun modo evacuare gli inquilini dell'edificio, e quando la struttura risulta regolare in pianta e in altezza. Per gli edifici in cemento armato, nel caso di struttura a telai in entrambe le direzioni, è prevista la possibilità di ritenere valido il passaggio di più Classi di Rischio con la possibilità di raggiungere l'adeguamento sismico a seconda della tipologia di struttura.

#### **1.10.5.1. Sintesi degli interventi previsti**

##### **CAPPOTTO SISMICO**

Il cappotto sismico viene applicato sulle facciate esterne dell'edificio al fine di realizzare una nuova "pelle" sismo-resistente. E' costituito da una lastra sottile in calcestruzzo armato gettato in opera all'interno di due strati di materiale isolante, preinseriti in una maglia tridimensionale in acciaio zincato. La lastra in calcestruzzo può avere spessori variabili in base alla tipologia di intervento e nel caso in esame si ipotizza uno spessore di circa 8-10 cm; a livello delle travi esterne di piano si realizza un nuovo cordolo dello spessore della lastra più la larghezza dello strato di isolante addossato alla parete di circa 4 cm.

Il getto e l'armatura di rinforzo vengono resi solidali alla struttura esistente mediante, sia l'inserimento di connettori disposti a livello dei cordoli di piano e, se necessario, sui pilastri, sia disponendo opportuni ancoraggi sulla fondazione esistente o su una nuova fondazione addossata a quella esistente

La maglia tridimensionale in acciaio zincato consente di semplificare le operazioni di posa in opera delle armature strutturali, di minimizzare gli sfridi di cantiere e di realizzare uno strato di finitura ad intonaco particolarmente solida che garantisce la massima protezione del materiale isolante da urti accidentali ed agenti atmosferici.

Le norme NTC18 trattano le pareti in calcestruzzo soltanto per quanto riguarda le prescrizioni da seguire per strutture a comportamento dissipativo. Le lastre in calcestruzzo vengono invece dimensionate per garantire un comportamento elastico e non dissipativo nei confronti dell'azione sismica di progetto, rientrando nella tipologia di "strutture non dissipative". Per questo motivo le verifiche in resistenza degli elementi in calcestruzzo vengono effettuate seguendo l'approccio

fornito dalla norma per gli elementi strutturali a comportamento non dissipativo, contenute nel capitolo 4 delle NTC18 mentre le prescrizioni contenute nel capitolo 7 non risultano vincolanti per il dimensionamento delle pareti.

Per quanto riguarda le connessioni tra edificio esistente e cappotto sismico, la valutazione analitica della resistenza degli ancoraggi metallici per calcestruzzo può essere effettuata secondo le linee guida definite dal documento ETAG001-1997: "Linee guida per il benessere tecnico europeo di ancoraggi metallici da utilizzare nel calcestruzzo" e dai relativi allegati.

#### **1.10.6. Conclusioni**

Per quanto concerne gli aspetti prettamente strutturali, l'intervento di miglioramento sismico adottato per la tipologia oggetto della presente relazione, prevede l'utilizzo di un cappotto sismico, un sistema integrato di rafforzamento strutturale e miglioramento del benessere termoigrometrico dell'edificio. Questo intervento, oltre a non interrompere il normale esercizio della struttura permette la riduzione delle tempistiche del cantiere, in quanto i moduli da applicare sulle pareti esterne, risultano prefabbricati e sono comprensivi delle varie forometrie; in cantiere, l'attività sarà quella di prevedere il collegamento con la struttura esistente e la realizzazione del getto all'interno del cassero e, se necessario, il getto armato della nuova porzione di fondazione.

Gli interventi strutturali previsti sono mirati al miglioramento sismico attraverso l'incremento di almeno due Classi di Rischio o l'adeguamento sismico, da valutare nel dettaglio nelle fasi progettuali successive. Con ciò si intende il miglioramento del rischio della costruzione con incidenza sul valore PAM e sulla capacità che la struttura possiede rispetto allo stato limite della salvaguardia sulla vita. Tale valore è stato valutato come rapporto tra PGAa (SLV) anteoperam e la PGAp (SLV) postoperam, determinata attraverso il metodo convenzionale nel rispetto della normativa vigente (NTC 2018) e della circolare ministeriale applicativa del 21 gennaio 2019.



## 1.11. Tipologia FM11

### 1.11.1. Individuazione dei siti in esame

Di seguito si riporta una tabella che riassume i parametri generali del sito in esame, con gli identificativi e le coordinate dei punti che includono gli edifici.

Provincia	Comune	Tipologia	Via	Latitudine	Longitudine
Roma	Fiumicino	FM11	Via delle Orate n° 4	41.4626°	12.1352°

Tabella 148. Parametri generali del sito in esame

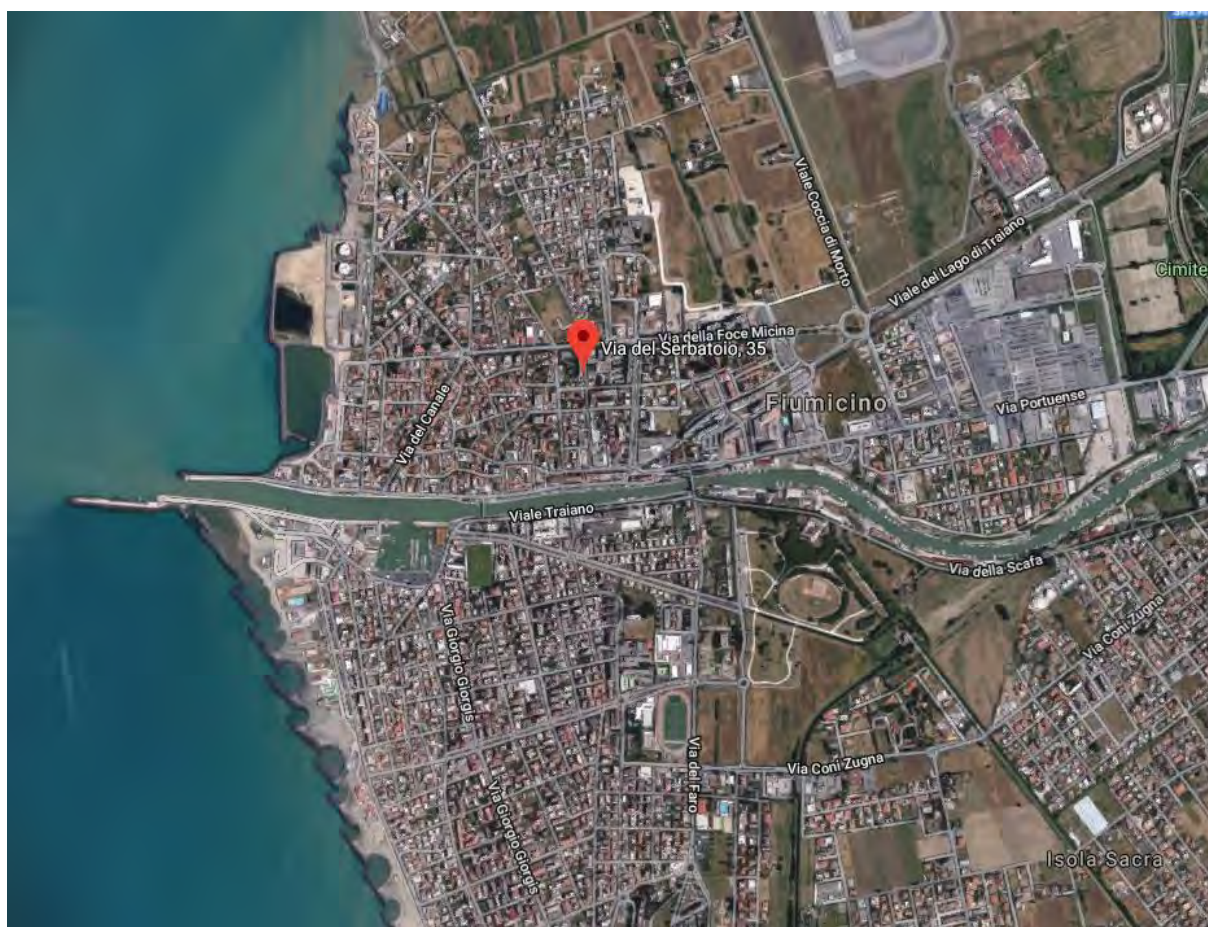
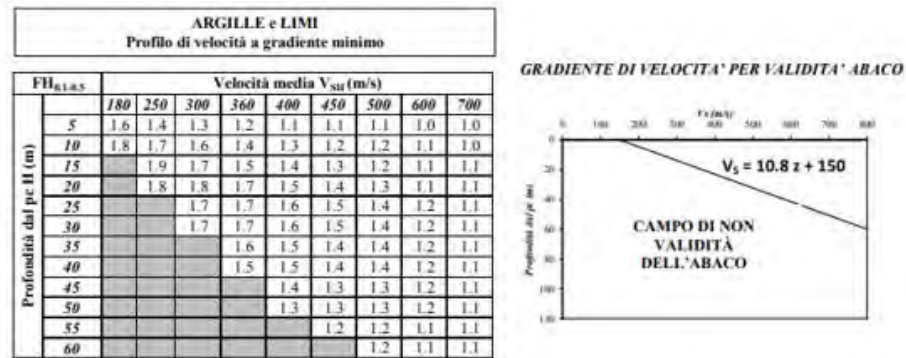


Figura 81. Individuazione del sito in esame (immagine da google earth)

### 1.11.2. Determinazione della categoria di sottosuolo

Per la determinazione della categoria di sottosuolo, in assenza di indagini geologiche specifiche per ogni intervento da realizzare, è possibile stimare in via preliminare e con le approssimazioni del caso, la velocità delle onde VS facendo specifico riferimento agli abachi regionali di microzonazione sismica ai sensi della DGR Lazio n. 545 del 26 novembre 2010, forniti sul portale della Regione Lazio. Nello specifico andando ad individuare la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica per il comune di interesse, è possibile risalire alla tipologia del sottosuolo e relativo spessore. Dalla carta riportata in figura 2, si evidenzia che il sito oggetto del presente studio ricade all'interno

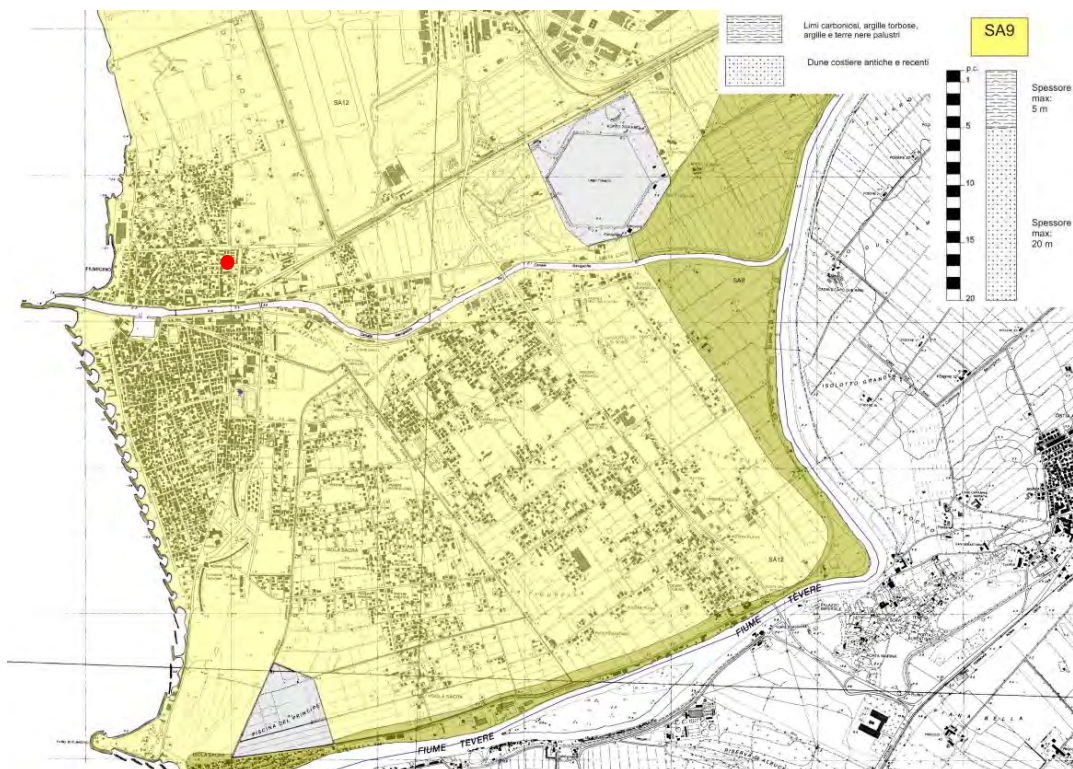
delle zone stabili suscettibili di amplificazione sismica (SA9) che sono caratterizzate dalla presenza nel primo strato di 5 m da limi carboniosi, argille torbose e da un secondo strato massimo di 20 m di dune costiere. In funzione di questo, entrando in via approssimativa nell'abaco ( $V_s/h$ ) riportato in figura 2, relativo alle ghiaie alluvionali, detritiche e sabbie di alterazione, si determina il valore di  $V_s$  che viene utilizzato per la stima approssimata della categoria di sottosuolo entrando nella tabella 3.2.II del D.M. 17 Gennaio 2018.



**Tabella 149.** Abaco per le ghiaie alluvionali, detritiche e sabbie di alterazione

Nello specifico facendo riferimento all'andamento della velocità  $V_s$  con la profondità  $z$  dello strato dal piano campagna, si ottiene un valore delle velocità  $V_s$  pari a:

$$V_s = 10.8 * z + 150 = 258 \text{ m/s}$$



**Figura 82.** Zona omogenea in prospettiva sismica



In relazione alle formulazioni sopra riportate avendo ottenuto un valore delle Vs pari a 258 m/s ed entrando nella tabella 3 sotto riportata si ottiene una categoria di sottosuolo C “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*”.

Per le condizioni topografiche che nel caso specifico si configurano in superficiali semplici si può adottare la classificazione riportata nella tabella 4 e nello specifico si ricade nella categoria T1.

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
<b>E</b>	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

**Tabella 150.** Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
<b>T1</b>	<b>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media <math>i \leq 15^\circ</math></b>
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

**Tabella 151.** Tab. 3.2. III – Categorie topografiche

### 1.11.3. Analisi sismica

#### 1.11.3.1. Determinazione del fattore di comportamento q

Si riportano in dettaglio le caratteristiche principali della struttura in esame, utili per il calcolo del fattore di comportamento q e dell'azione sismica.

Classe d'uso	Vita nominale	Coeff. Uso	Duttilità	Regolarità in pianta	Regolarità in altezza	Tipologia strutturale
II	50	1	B	sì	sì	Muratura

L'analisi strutturale per azioni sismiche utilizzata per la verifica è del tipo lineare (cap. 7.3.1 NTC 2018). Per sistemi non dissipativi (SLE), gli effetti delle azioni sono calcolati riferendosi ad uno spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di comportamento  $q=1$  per lo stato limite di operatività (SLO) (cap. 3.2.3.4 NTC 2018) e un fattore di comportamento  $q \leq 1.5$  per stato limite di danno (SLD) (cap. 3.2.3.5 NTC 2018). Per sistemi dissipativi (SLU), gli effetti delle azioni sono

calcolati riferendosi ad uno spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di struttura  $q \geq 1.5$  (cap. 3.2.3.5 NTC 2018).

Il calcolo del fattore di comportamento per i sistemi dissipativi è stato eseguito seguendo quanto riportato al capitolo 7 delle NTC 2018 in funzione dei parametri generali della struttura in esame. Si riportano, in tabella, i valori del fattore di comportamento utili per la valutazione dell'azione sismica nelle tre direzioni:

$q_0$	$\alpha_u/\alpha_i$	$k_r$	$q_x$	$q_y$	$q_z$
$1,75^* \alpha_u/\alpha_i$	1.7	1	2.975	2.975	1.5

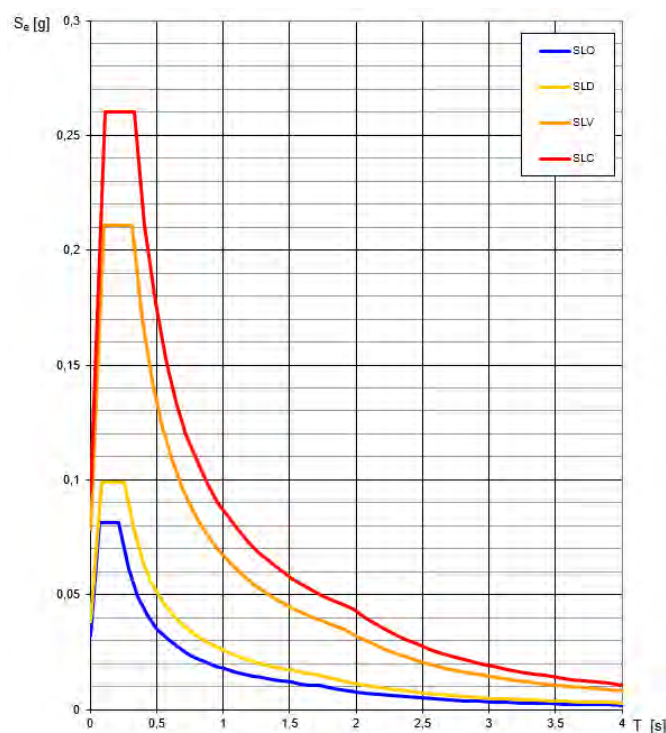
L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento  $V_r$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso. Fissato il periodo di riferimento  $V_r$  e la probabilità di superamento  $P_{ver}$  associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno  $T_r$  e i relativi parametri di pericolosità sismica:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0,032	2,531	0,219
SLD	50	0,038	2,585	0,259
SLV	475	0,078	2,690	0,319
SLC	975	0,095	2,746	0,333

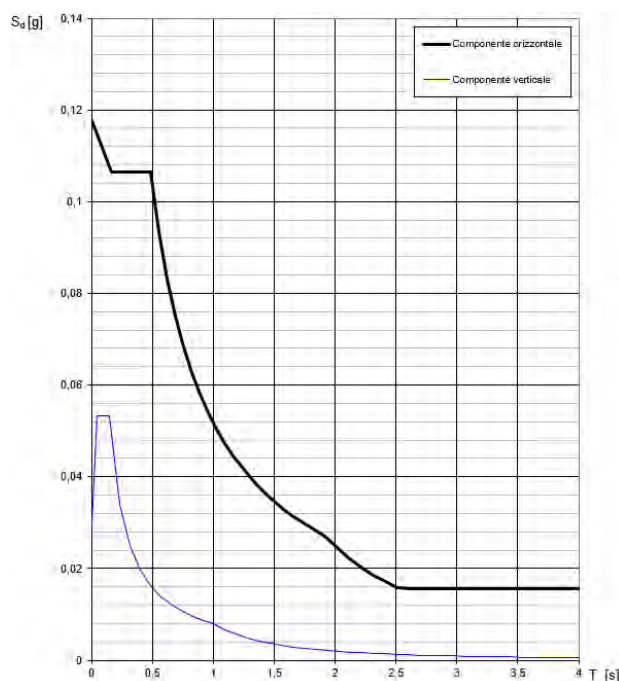
**Tabella 152.** Valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  in funzione dei vari stati limite

### 1.11.3.2. Spettri di risposta



**Figura 83.** Spettri di risposta elastici per i diversi stati limite

Con l'utilizzo del fattore di comportamento e dei parametri sismici dipendenti dal tipo di struttura in esame, precedentemente calcolati, si sono determinati gli spettri di calcolo agli stati limite SLV e SLD. Nel caso di utilizzo di isolatori sismici si farà riferimento allo spettro ad SLV per la sovrastruttura e ad SLC per gli isolatori. Tali spettri saranno opportunamente scalati in funzione dello smorzamento e del periodo scelto.



**Figura 84.** Spettri di risposta (componenti orizz.\_vert.) per lo SLV

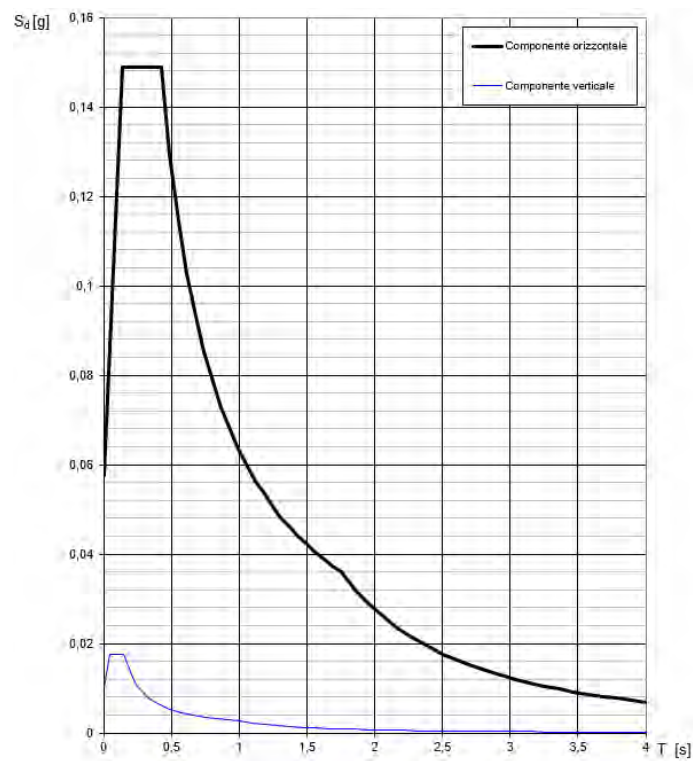


Figura 85. Spettri di risposta (componenti orizz.\_vert.) per lo SLD

#### 1.11.4. Carichi di progetto

##### 1.11.4.1. Carico della neve

Tale calcolo viene effettuato ai sensi di DM del 17 Gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni" e della Circolare Ministeriale Applicativa del 21 Gennaio 2019. Il carico neve sulle coperture è valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i * q_{sk} * C_e *$$

dove:

- $\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura;

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Tabella 153. Tab. 3.4.II – Valori dei coefficienti di forma

- $q_{sk}$  è il valore di riferimento del carico neve al suolo e dipende dalla zona climatica e dall'altitudine di riferimento del sito  $a_s$ , se è maggiore o inferiore a 200 m;





Figura 86. Zone di carico della neve

- $C_e$  è il coefficiente di esposizione che viene utilizzato per modificare il carico neve in funzione delle caratteristiche dell'area in cui sorge l'opera;

Topografia	Descrizione	$C_e$
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

Tabella 154. Tab. 3.4.I – Valori di  $C_z$  per diverse classi di esposizione

- $C_t$  è il coefficiente termico, generalmente assunto pari a 1;

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare e si calcola il valore del carico neve in copertura:

Zona	$s_s$ (m)	$q_{sk}$ (daN/m <sup>2</sup> )	$\mu_i$	$C_e$	$C_t$	$q_s$ (daN/m <sup>2</sup> )
III	4	60	0,8	1	1	48

Tabella 155. Determinazione del carico da neve in copertura

#### 1.11.4.2. Carico del vento

La velocità base di riferimento del vento  $v_b$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito ad un periodo di ritorno  $T_r = 50$  anni, ed è pari a:

$$v_b = v_{b0} * C_a$$

dove:

- $v_{b0}$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab.3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione;

- $c_a$  è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s * (a_s/a_0 - 1) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

dove:

- $a_0, k_s$  sono parametri forniti nella Tab.3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione;
- $a_s$  è l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione.

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32



**Figura 87.** Valori dei parametri  $v_{b,0}, a_0, k_s$

**Figura 88.** Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

La velocità di riferimento  $v_r$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito al periodo di ritorno di progetto  $T_r$ .

$$v_r = v_b * c_r$$

- $v_b$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata
- $c_r$  è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto  $T_r$  fornito dalla relazione

$$c_r = 0.75 * \sqrt{1 - 0.2 * \ln[-\ln * (1 - 1/T_r)]}$$

Quindi:

$v_{b,0}$ (m/s)	$a_s$	$c_a$	$v_b$	$T_r$	$c_r$	$v_r$ (m/s)
27	4	1	27	50	1,0007	27.02

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r * c_e * c_p * c_d$$

dove:

- $q_r$  è la pressione cinetica di riferimento data dall'espressione

$$q_r = \frac{1}{2} * \rho * v_r^2 \quad \text{in cui } \rho \text{ è la densità dell'aria pari a } 1.25 \text{ kg/m}^3$$

•  $c_e$  è il coefficiente di esposizione che dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. Per altezze sul suolo non maggiori di 200 m è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_r^2 * c_t * \ln(z/z_0) * [7 + c_t * \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

dove:

- $k_r$ ,  $z_0$ ,  $z_{min}$  sono assegnati in Tab.3.3.II in funzione della categoria di esposizione del sito.
- $c_t$  è il coefficiente di topografia, posto generalmente uguale a 1.

Categoria di esposizione del sito	$K_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

**Tabella 156.** Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media non superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, e D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa); c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innestate o ghiacciate, ...)

**Tabella 157.** Classi di rugosità del terreno

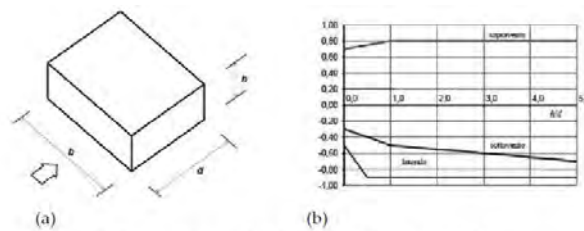
ZONE 1,2,3,4,5						
	costa	mare	2 km	10 km	30 km	750m
A	- -	IV	IV	V	V	V
B	- -	III	III	IV	IV	IV
C	- -	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

**Tabella 158.** Definizione delle categorie di esposizione

$q_r$	Rugosità	Esposizione	$c_e(z)$	$c_e(z_{min})$
456	D	I	2,982	1,883

**Tabella 159.** Definizione dei coefficienti di esposizione

●  $c_p$  è il coefficiente di pressione e dipende dalla tipologia, dalla geometria della costruzione e dal suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il coefficiente globale  $c_{pe}$  che può essere utilizzato in tutti i casi in cui la rappresentazione delle azioni aereodinamiche del vento possa essere effettuata in maniera semplificata, rivolta alla valutazione delle azioni globali su porzioni estese di costruzioni o delle risultanti delle azioni indotte dal vento sugli elementi principali della struttura. I coefficienti  $c_{pe}$  da assumere sulle pareti dell'edificio a pianta rettangolare sono diagrammati in base al rapporto  $h/d$ , avendo indicato con  $h$  l'altezza del manufatto e con  $d$  la profondità dell'edificio, valutata parallelamente al flusso di lavoro:



a) Parametri caratteristici di edifici a pianta rettangolare.  
b) Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravvento, sottovento e laterali

Figura C3.3.2

Tabella C3.3.I: Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravvento, sottovento e laterali

Faccia sopravvento	$C_U = 2,0$	$C_U = 1,5$
$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = 0,7 + 0,1 \cdot h/d$	$h/d \leq 0,5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,8 \cdot h/d$	$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = -0,3 - 0,2 \cdot h/d$
$h/d > 1$ : $c_{pe} = 0,8$	$h/d > 0,5$ : $c_{pe} = -0,9$	$1 < h/d \leq 5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,05 \cdot (h/d - 1)$

Tabella 160. Coefficienti di pressione delle facciate secondo NTC2018

Quindi i coefficienti per le facce sopravvento e sottovento sono:

b	d	h	h/d	$c_{pe}$ -sopravvento	$c_{pe}$ -sottovento
20	12	15	1,25	0,80	-0,51

Tabella 161. Definizione dei coefficienti di pressione

## COPERTURA PIANA

Per la copertura piana, l'altezza di riferimento  $z_e$  è pari alla quota massima della copertura stessa, inclusa la presenza dei parapetti e di altri analoghi elementi. I coefficienti globali  $c_{pe}$  da assumere sulle coperture di un edificio a pianta rettangolare sono riportati di seguito:

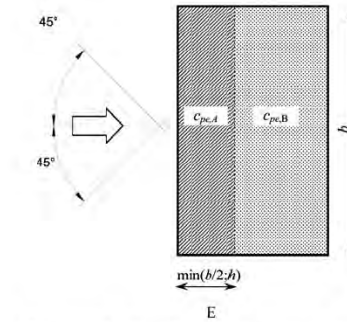


Figura C3.3.5 - Schema di riferimento per coperture piane

Tabella C3.3.III - Edifici rettangolari:  $c_{pe}$  per coperture piane.

Fascia sovravento di profondità pari al minimo tra $b/2$ e $h$ :	$c_{pe,A} = -0,80$
Restanti zone	$c_{pe,B} = \pm 0,20$

#### Definizione $c_{pe}$ per coperture piano

Le pressioni interne agli edifici dipendono dalla superficie delle aperture che questi presentano verso l'esterno. Nel caso in esame si assumono valori del coefficiente di pressione interno pari a  $c_{pi} = +0,2$  e  $c_{pi} = -0,30$ , considerando il caso che di volta in volta conduce alla situazione maggiormente gravosa.

- $c_d$  è il coefficiente dinamico e può essere assunto cautelativamente pari a 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m in altezza e capannoni industriali.

In funzione dei coefficienti analizzati e della pressione cinetica di riferimento, si calcola la pressione del vento per la copertura e per le facciate sovravento e sottovento considerando i valori massimi e minimi.

Facciata	Sovravento	Sottovento
$p_{min}$ (daN/m <sup>2</sup> )	516	-612
$p_{max}$ (daN/m <sup>2</sup> )	828	-983
Copertura	Sovravento	Sottovento
$p$ (daN/m <sup>2</sup> )	-1380	-552

#### 1.11.5. Interventi per il miglioramento sismico – edifici in muratura

Gli interventi previsti per la riduzione del rischio sismico si dividono in:

- interventi che possono consentire il miglioramento di almeno due Classi di Rischio o l'adeguamento sismico.

La tipologia di interventi considerati riguarda l'utilizzo di:

- cappotto sismico applicato alle pareti esterne dell'edificio.

Questa tipologia di interventi, viene presa in considerazione nel caso in cui le lavorazioni vengono eseguite senza dover in alcun modo evacuare gli inquilini dell'edificio, e quando la struttura risulta regolare in pianta e in altezza. Per gli edifici in cemento armato, nel caso di struttura a telai in entrambe le direzioni, è prevista la possibilità di ritenere valido il passaggio di più Classi di Rischio con la possibilità di raggiungere l'adeguamento sismico a seconda della tipologia di struttura.

#### **1.11.5.1. Sintesi degli interventi previsti**

##### **CAPPOTTO SISMICO**

Il cappotto sismico viene applicato sulle facciate esterne dell'edificio al fine di realizzare una nuova "pelle" sismo-resistente. E' costituito da una lastra sottile in calcestruzzo armato gettato in opera all'interno di due strati di materiale isolante, preinseriti in una maglia tridimensionale in acciaio zincato. La lastra in calcestruzzo può avere spessori variabili in base alla tipologia di intervento e nel caso in esame si ipotizza uno spessore di circa 8-10 cm; a livello delle travi esterne di piano si realizza un nuovo cordolo dello spessore della lastra più la larghezza dello strato di isolante addossato alla parete di circa 4 cm.

Il getto e l'armatura di rinforzo vengono resi solidali alla struttura esistente mediante, sia l'inserimento di connettori disposti a livello dei cordoli di piano e, se necessario, sui pilastri, sia disponendo opportuni ancoraggi sulla fondazione esistente o su una nuova fondazione addossata a quella esistente

La maglia tridimensionale in acciaio zincato, consente di semplificare le operazioni di posa in opera delle armature strutturali, di minimizzare gli sfridi di cantiere e di realizzare uno strato di finitura ad intonaco particolarmente solida che garantisce la massima protezione del materiale isolante da urti accidentali ed agenti atmosferici.

Le norme NTC18 trattano le pareti in calcestruzzo soltanto per quanto riguarda le prescrizioni da seguire per strutture a comportamento dissipativo. Le lastre in calcestruzzo vengono invece dimensionate per garantire un comportamento elastico e non dissipativo nei confronti dell'azione sismica di progetto, rientrando nella tipologia di "strutture non dissipative". Per questo motivo le verifiche in resistenza degli elementi in calcestruzzo vengono effettuate seguendo l'approccio fornito dalla norma per gli elementi strutturali a comportamento non dissipativo, contenute nel capitolo 4 delle NTC18 mentre le prescrizioni contenute nel capitolo 7 non risultano vincolanti per il dimensionamento delle pareti.

Per quanto riguarda le connessioni tra edificio esistente e cappotto sismico, la valutazione analitica della resistenza degli ancoraggi metallici per calcestruzzo può essere effettuata secondo le linee



guida definite dal documento ETAG001-1997: "Linee guida per il benessere tecnico europeo di ancoraggi metallici da utilizzare nel calcestruzzo" e dai relativi allegati.

#### **1.11.6. Conclusioni**

Per quanto concerne gli aspetti prettamente strutturali, l'intervento di miglioramento sismico adottato per la tipologia oggetto della presente relazione, prevede l'utilizzo di un cappotto sismico, un sistema integrato di rafforzamento strutturale e miglioramento del benessere termoigrometrico dell'edificio. Questo intervento, oltre a non interrompere il normale esercizio della struttura permette la riduzione delle tempistiche del cantiere, in quanto i moduli da applicare sulle pareti esterne, risultano prefabbricati e sono comprensivi delle varie forometrie; in cantiere, l'attività sarà quella di prevedere il collegamento con la struttura esistente e la realizzazione del getto all'interno del cassero e, se necessario, il getto armato della nuova porzione di fondazione.

Gli interventi strutturali previsti sono mirati al miglioramento sismico attraverso l'incremento di almeno due Classi di Rischio o l'adeguamento sismico, da valutare nel dettaglio nelle fasi progettuali successive. Con ciò si intende il miglioramento del rischio della costruzione con incidenza sul valore PAM e sulla capacità che la struttura possiede rispetto allo stato limite della salvaguardia sulla vita. Tale valore è stato valutato come rapporto tra  $PGA_a$  (SLV) anteoperam e la  $PGA_p$  (SLV) postoperam, determinata attraverso il metodo convenzionale nel rispetto della normativa vigente (NTC 2018) e della circolare ministeriale applicativa del 21 gennaio 2019.

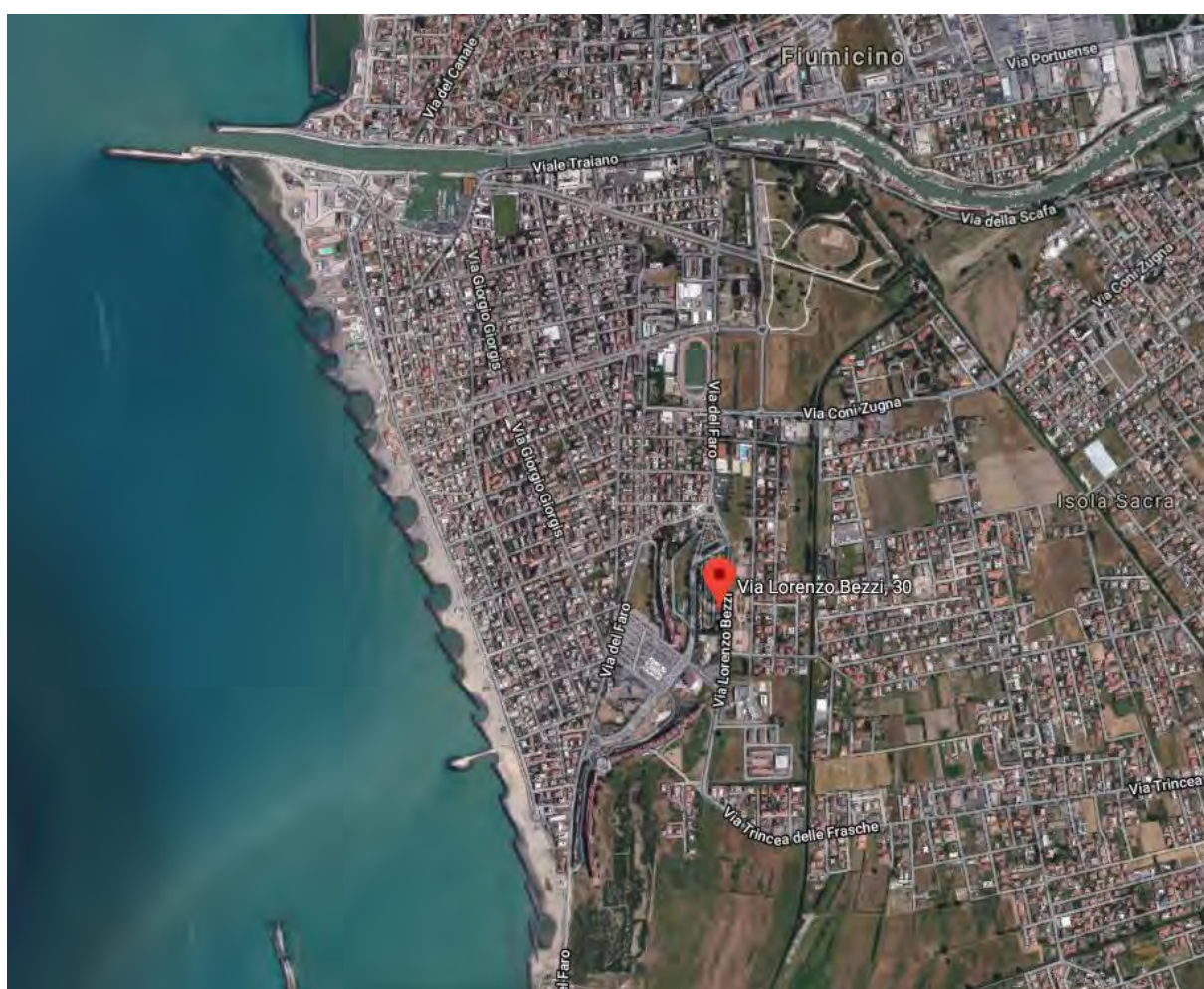
## 1.12. Tipologia FM12

### 1.12.1. Individuazione dei siti in esame

Di seguito si riporta una tabella che riassume i parametri generali del sito in esame, con gli identificativi e le coordinate dei punti che includono gli edifici.

Provincia	Comune	Tipologia	Via	Latitudine	Longitudine
Roma	Fiumicino	FM12	Via Lorenzo Bezzi n° 24	41.7592°	12.2354°
Roma	Fiumicino	FM12	Via Lorenzo Bezzi n° 30	41.7592°	12.2354°
Roma	Fiumicino	FM12	Via Bruno Caleri n° 3	41.4626°	12.1352°

**Tabella 162.** Parametri generali del sito in esame

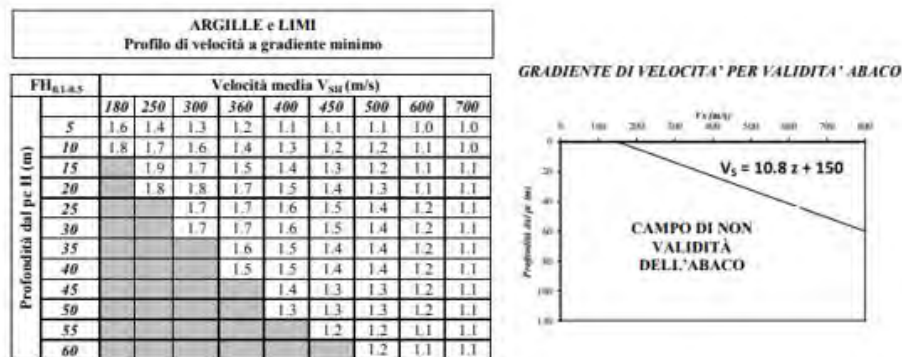


**Figura 89.** Individuazione del sito in esame (immagine da google earth)

### 1.12.2. Determinazione della categoria di sottosuolo

Per la determinazione della categoria di sottosuolo, in assenza di indagini geologiche specifiche per ogni intervento da realizzare, è possibile stimare in via preliminare e con le approssimazioni del caso, la velocità delle onde VS facendo specifico riferimento agli abachi regionali di microzonazione sismica ai sensi della DGR Lazio n. 545 del 26 novembre 2010, forniti sul portale della Regione

Lazio. Nello specifico andando ad individuare la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica per il comune di interesse, è possibile risalire alla tipologia del sottosuolo e relativo spessore. Dalla carta riportata in figura 2, si evidenzia che il sito oggetto del presente studio ricade all'interno delle zone stabili suscettibili di amplificazione sismica (SA9) che sono caratterizzate dalla presenza nel primo strato di 5 m da limi carboniosi, argille torbose e da un secondo strato massimo di 20 m di dune costiere. In funzione di questo, entrando in via approssimativa nell'abaco ( $V_s/h$ ) riportato in figura 2, relativo alle ghiaie alluvionali, detritiche e sabbie di alterazione, si determina il valore di  $V_s$  che viene utilizzato per la stima approssimata della categoria di sottosuolo entrando nella tabella 3.2.II del D.M. 17 Gennaio 2018.



**Tabella 163.** Abaco per le ghiaie alluvionali, detritiche e sabbie di alterazione

Nello specifico facendo riferimento all'andamento della velocità  $V_s$  con la profondità  $z$  dello strato dal piano campagna, si ottiene un valore delle velocità  $V_s$  pari a:

$$V_s = 10.8 * z + 150 = 258 \text{ m/s}$$



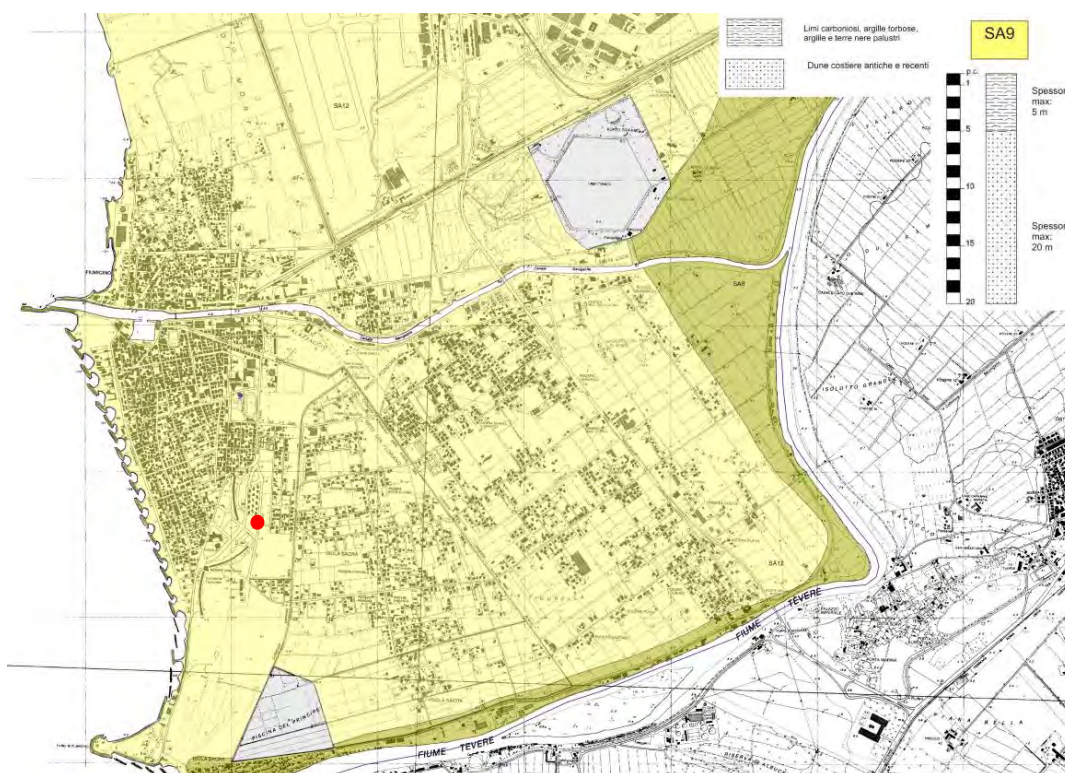


Figura 90. Zona omogenea in prospettiva sismica

In relazione alle formulazioni sopra riportate avendo ottenuto un valore delle Vs pari a 258 m/s ed entrando nella tabella 3 sotto riportata si ottiene una categoria di sottosuolo C “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*”.

Per le condizioni topografiche che nel caso specifico si configurano in superficiali semplici si può adottare la classificazione riportata nella tabella 4 e nello specifico si ricade nella categoria T1.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 164. Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 165. Tab. 3.2. III – Categorie topografiche

### 1.12.3. Analisi sismica

#### 1.12.3.1. Determinazione del fattore di comportamento q

Si riportano in dettaglio le caratteristiche principali della struttura in esame, utili per il calcolo del fattore di comportamento q e dell'azione sismica.

Classe d'uso	Vita nominale	Coeff. Uso	Duttilità	Regolarità in pianta	Regolarità in altezza	Tipologia strutturale
II	50	1	B	si	si	Muratura

L'analisi strutturale per azioni sismiche utilizzata per la verifica è del tipo lineare (cap. 7.3.1 NTC 2018). Per sistemi non dissipativi (SLE), gli effetti delle azioni sono calcolati riferendosi ad uno spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di comportamento  $q=1$  per lo stato limite di operatività (SLO) (cap. 3.2.3.4 NTC 2018) e un fattore di comportamento  $q \leq 1.5$  per stato limite di danno (SLD) (cap. 3.2.3.5 NTC 2018). Per sistemi dissipativi (SLU), gli effetti delle azioni sono calcolati riferendosi ad uno spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di struttura  $q \geq 1.5$  (cap. 3.2.3.5 NTC 2018).

Il calcolo del fattore di comportamento per i sistemi dissipativi è stato eseguito seguendo quanto riportato al capitolo 7 delle NTC 2018 in funzione dei parametri generali della struttura in esame. Si riportano, in tabella, i valori del fattore di comportamento utili per la valutazione dell'azione sismica nelle tre direzioni:

$q_0$	$\alpha_u/\alpha_i$	$k_r$	$q_x$	$q_y$	$q_z$
$1,75 \cdot \alpha_u/\alpha_i$	1.7	1	2.975	2.975	1.5

L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento  $V_r$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso. Fissato il periodo di riferimento  $V_r$  e la probabilità di superamento  $P_{ver}$  associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno  $T_r$  e i relativi parametri di pericolosità sismica:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

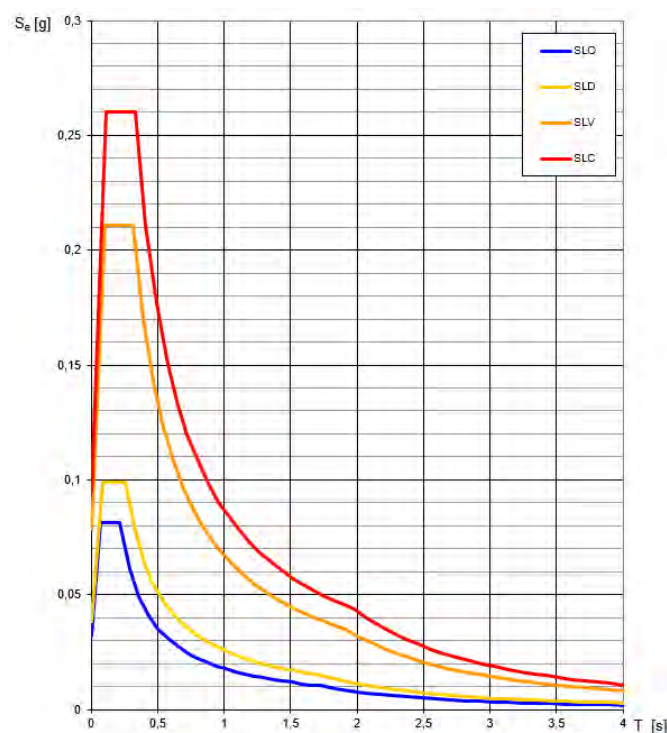
- $T_c^*$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0,032	2,531	0,219
SLD	50	0,038	2,585	0,259
SLV	475	0,078	2,690	0,319
SLC	975	0,095	2,746	0,333

**Tabella 166.** Valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  in funzione dei vari stati limite

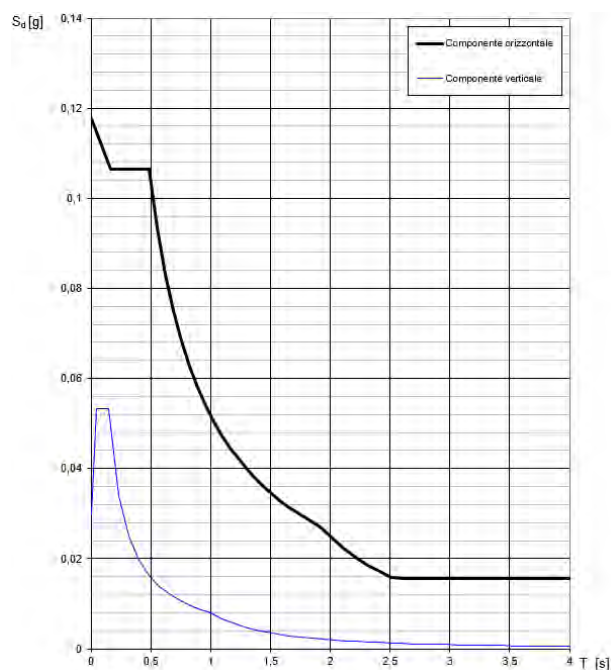


### 1.12.3.2. Spettri di risposta

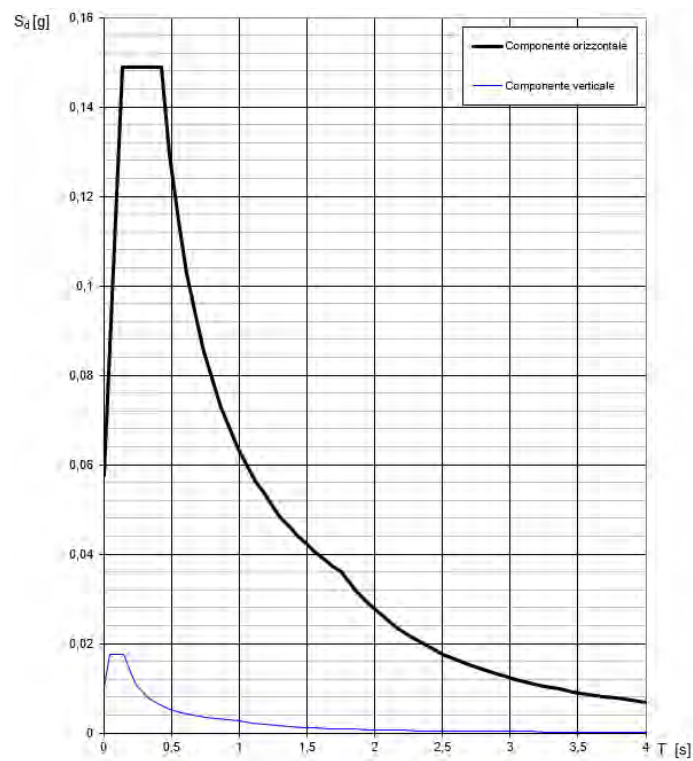


**Figura 91.** Spettri di risposta elastici per i diversi stati limite

Con l'utilizzo del fattore di comportamento e dei parametri sismici dipendenti dal tipo di struttura in esame, precedentemente calcolati, si sono determinati gli spettri di calcolo agli stati limite SLV e SLD. Nel caso di utilizzo di isolatori sismici si farà riferimento allo spettro ad SLV per la sovrastruttura e ad SLC per gli isolatori. Tali spettri saranno opportunamente scalati in funzione dello smorzamento e del periodo scelto.



**Figura 92.** Spettri di risposta (componenti orizz.\_vert.) per lo SLV



**Figura 93.** Spettri di risposta (componenti orizz.\_vert.) per lo SLD

#### 1.12.4. Carichi di progetto

##### 1.12.4.1. Carico della neve

Tale calcolo viene effettuato ai sensi di DM del 17 Gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni" e della Circolare Ministeriale Applicativa del 21 Gennaio 2019. Il carico neve sulle coperture è valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i * q_{sk} * C_e *$$

dove:

- $\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura;

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

**Tabella 167.** Tab. 3.4.II – Valori dei coefficienti di forma

- $q_{sk}$  è il valore di riferimento del carico neve al suolo e dipende dalla zona climatica e dall'altitudine di riferimento del sito  $a_s$ , se è maggiore o inferiore a 200 m;



**Figura 94.** Zone di carico della neve

- $C_e$  è il coefficiente di esposizione che viene utilizzato per modificare il carico neve in funzione delle caratteristiche dell'area in cui sorge l'opera;

Topografia	Descrizione	$C_e$
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

**Tabella 168.** Tab. 3.4.I – Valori di  $C_z$  per diverse classi di esposizione

- $C_t$  è il coefficiente termico, generalmente assunto pari a 1;

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare e si calcola il valore del carico neve in copertura:

Zona	$s_s$ (m)	$q_{sk}$ (daN/m <sup>2</sup> )	$\mu_i$	$C_e$	$C_t$	$q_s$ (daN/m <sup>2</sup> )
III	4	60	0,8	1	1	48

**Tabella 169.** Determinazione del carico da neve in copertura

#### 1.12.4.2. Carico del vento

La velocità base di riferimento del vento  $v_b$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito ad un periodo di ritorno  $T_r = 50$  anni, ed è pari a:

$$v_b = v_{b0} * C_a$$

dove:

- $v_{b0}$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab.3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione;

- $c_a$  è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s * (a_s/a_0 - 1) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

dove:

- $a_0, k_s$  sono parametri forniti nella Tab.3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione;
- $a_s$  è l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione.

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32



**Figura 95.** Valori dei parametri  $v_{b,0}, a_0, k_s$

**Figura 96.** Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

La velocità di riferimento  $v_r$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito al periodo di ritorno di progetto  $T_r$ .

$$v_r = v_b * c_r$$

- $v_b$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata
- $c_r$  è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto  $T_r$  fornito dalla relazione

$$c_r = 0.75 * \sqrt{1 - 0.2 * \ln[-\ln * (1 - 1/T_r)]}$$

Quindi:

$v_{b,0}$ (m/s)	$a_s$	$c_a$	$v_b$	$T_r$	$c_r$	$v_r$ (m/s)
27	4	1	27	50	1,0007	27.02

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r * c_e * c_p * c_d$$

dove:

- $q_r$  è la pressione cinetica di riferimento data dall'espressione

$$q_r = \frac{1}{2} * \rho * v_r^2 \quad \text{in cui } \rho \text{ è la densità dell'aria pari a } 1.25 \text{ kg/m}^3$$

•  $c_e$  è il coefficiente di esposizione che dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. Per altezze sul suolo non maggiori di 200 m è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_r^2 * c_t * \ln(z/z_0) * [7 + c_t * \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

dove:

- $k_r$ ,  $z_0$ ,  $z_{min}$  sono assegnati in Tab.3.3.II in funzione della categoria di esposizione del sito.
- $c_t$  è il coefficiente di topografia, posto generalmente uguale a 1.

Categoria di esposizione del sito	$K_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

**Tabella 170.** Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media non superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, e D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa); c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...)

**Tabella 171.** Classi di rugosità del terreno

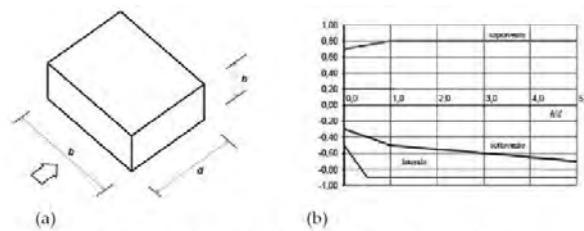
ZONE 1,2,3,4,5						
	costa					
	mare					
	2 km	10 km	30 km	500m	750m	
A	- -	IV	IV	V	V	V
B	- -	III	III	IV	IV	IV
C	- -	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

**Tabella 172.** Definizione delle categorie di esposizione

$q_r$	Rugosità	Esposizione	$c_e(z)$	$c_e(z_{min})$
456	D	I	2,982	1,883

**Tabella 173.** Definizione dei coefficienti di esposizione

●  $c_p$  è il coefficiente di pressione e dipende dalla tipologia, dalla geometria della costruzione e dal suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il coefficiente globale  $c_{pe}$  che può essere utilizzato in tutti i casi in cui la rappresentazione delle azioni aereodinamiche del vento possa essere effettuata in maniera semplificata, rivolta alla valutazione delle azioni globali su porzioni estese di costruzioni o delle risultanti delle azioni indotte dal vento sugli elementi principali della struttura. I coefficienti  $c_{pe}$  da assumere sulle pareti dell'edificio a pianta rettangolare sono diagrammati in base al rapporto  $h/d$ , avendo indicato con  $h$  l'altezza del manufatto e con  $d$  la profondità dell'edificio, valutata parallelamente al flusso di lavoro:



a) Parametri caratteristici di edifici a pianta rettangolare.  
b) Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravvento, sottovento e laterali

Figura C3.3.2

Tabella C3.3.I: Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravvento, sottovento e laterali

Faccia sopravvento	$C_U = 2,0$	$C_U = 1,5$
$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = 0,7 + 0,1 \cdot h/d$	$h/d \leq 0,5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,8 \cdot h/d$	$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = -0,3 - 0,2 \cdot h/d$
$h/d > 1$ : $c_{pe} = 0,8$	$h/d > 0,5$ : $c_{pe} = -0,9$	$1 < h/d \leq 5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,05 \cdot (h/d - 1)$

Tabella 174. Coefficienti di pressione delle facciate secondo NTC2018

Quindi i coefficienti per le facce sopravvento e sottovento sono:

b	d	h	h/d	$c_{pe}$ -sopravvento	$c_{pe}$ -sottovento
16	13	15	1,15	0,80	-0,51

Tabella 175. Definizione dei coefficienti di pressione

## COPERTURA PIANA

Per la copertura piana, l'altezza di riferimento  $z_e$  è pari alla quota massima della copertura stessa, inclusa la presenza dei parapetti e di altri analoghi elementi. I coefficienti globali  $c_{pe}$  da assumere sulle coperture di un edificio a pianta rettangolare sono riportati di seguito:



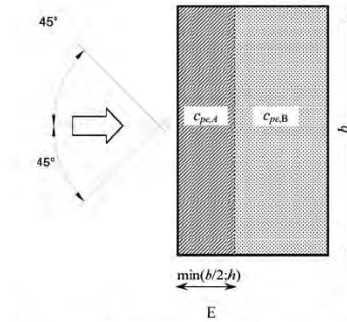


Figura C3.3.5 - Schema di riferimento per coperture piane

Tabella C3.3.III - Edifici rettangolari:  $c_{pe}$  per coperture piane.

Fascia sopravento di profondità pari al minimo tra $b/2$ e $h$ :	$c_{pe,A} = -0,80$
Restanti zone	$c_{pe,B} = \pm 0,20$

#### Definizione $c_{pe}$ per coperture piano

Le pressioni interne agli edifici dipendono dalla superficie delle aperture che questi presentano verso l'esterno. Nel caso in esame si assumono valori del coefficiente di pressione interno pari a  $c_{pi} = +0,2$  e  $c_{pi} = -0,30$ , considerando il caso che di volta in volta conduce alla situazione maggiormente gravosa.

- $c_d$  è il coefficiente dinamico e può essere assunto cautelativamente pari a 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m in altezza e capannoni industriali.

In funzione dei coefficienti analizzati e della pressione cinetica di riferimento, si calcola la pressione del vento per la copertura e per le facciate sopravento e sottovento considerando i valori massimi e minimi.

Facciata	Sopravento	Sottovento
$p_{min}$ (daN/m <sup>2</sup> )	516	-608
$p_{max}$ (daN/m <sup>2</sup> )	828	-977
Copertura	Sopravento	Sottovento
$p$ (daN/m <sup>2</sup> )	-1380	-552

#### 1.12.5. Interventi per il miglioramento sismico – edifici in muratura

Gli interventi previsti per la riduzione del rischio sismico si dividono in:

- interventi che possono consentire il miglioramento di almeno due Classi di Rischio o l'adeguamento sismico.

La tipologia di interventi considerati riguarda l'utilizzo di:

- cappotto sismico applicato alle pareti esterne dell'edificio.

Questa tipologia di interventi, viene presa in considerazione nel caso in cui le lavorazioni vengono eseguite senza dover in alcun modo evacuare gli inquilini dell'edificio, e quando la struttura risulta regolare in pianta e in altezza. Per gli edifici in cemento armato, nel caso di struttura a telai in entrambe le direzioni, è prevista la possibilità di ritenere valido il passaggio di più Classi di Rischio con la possibilità di raggiungere l'adeguamento sismico a seconda della tipologia di struttura.

#### **1.12.5.1. Sintesi degli interventi previsti**

##### **CAPPOTTO SISMICO**

Il cappotto sismico viene applicato sulle facciate esterne dell'edificio al fine di realizzare una nuova "pelle" sismo-resistente. E' costituito da una lastra sottile in calcestruzzo armato gettato in opera all'interno di due strati di materiale isolante, preinseriti in una maglia tridimensionale in acciaio zincato. La lastra in calcestruzzo può avere spessori variabili in base alla tipologia di intervento e nel caso in esame si ipotizza uno spessore di circa 8-10 cm; a livello delle travi esterne di piano si realizza un nuovo cordolo dello spessore della lastra più la larghezza dello strato di isolante addossato alla parete di circa 4 cm.

Il getto e l'armatura di rinforzo vengono resi solidali alla struttura esistente mediante, sia l'inserimento di connettori disposti a livello dei cordoli di piano e, se necessario, sui pilastri, sia disponendo opportuni ancoraggi sulla fondazione esistente o su una nuova fondazione addossata a quella esistente

La maglia tridimensionale in acciaio zincato consente di semplificare le operazioni di posa in opera delle armature strutturali, di minimizzare gli sfridi di cantiere e di realizzare uno strato di finitura ad intonaco particolarmente solida che garantisce la massima protezione del materiale isolante da urti accidentali ed agenti atmosferici.

Le norme NTC18 trattano le pareti in calcestruzzo soltanto per quanto riguarda le prescrizioni da seguire per strutture a comportamento dissipativo. Le lastre in calcestruzzo vengono invece dimensionate per garantire un comportamento elastico e non dissipativo nei confronti dell'azione sismica di progetto, rientrando nella tipologia di "strutture non dissipative". Per questo motivo le verifiche in resistenza degli elementi in calcestruzzo vengono effettuate seguendo l'approccio fornito dalla norma per gli elementi strutturali a comportamento non dissipativo, contenute nel capitolo 4 delle NTC18 mentre le prescrizioni contenute nel capitolo 7 non risultano vincolanti per il dimensionamento delle pareti.

Per quanto riguarda le connessioni tra edificio esistente e cappotto sismico, la valutazione analitica della resistenza degli ancoraggi metallici per calcestruzzo può essere effettuata secondo le linee

guida definite dal documento ETAG001-1997: "Linee guida per il benessere tecnico europeo di ancoraggi metallici da utilizzare nel calcestruzzo" e dai relativi allegati.

#### **1.12.6. Conclusioni**

Per quanto concerne gli aspetti prettamente strutturali, l'intervento di miglioramento sismico adottato per la tipologia oggetto della presente relazione, prevede l'utilizzo di un cappotto sismico, un sistema integrato di rafforzamento strutturale e miglioramento del benessere termoigrometrico dell'edificio. Questo intervento, oltre a non interrompere il normale esercizio della struttura permette la riduzione delle tempistiche del cantiere, in quanto i moduli da applicare sulle pareti esterne, risultano prefabbricati e sono comprensivi delle varie forometrie; in cantiere, l'attività sarà quella di prevedere il collegamento con la struttura esistente e la realizzazione del getto all'interno del cassero e, se necessario, il getto armato della nuova porzione di fondazione.

Gli interventi strutturali previsti sono mirati al miglioramento sismico attraverso l'incremento di almeno due Classi di Rischio o l'adeguamento sismico, da valutare nel dettaglio nelle fasi progettuali successive. Con ciò si intende il miglioramento del rischio della costruzione con incidenza sul valore PAM e sulla capacità che la struttura possiede rispetto allo stato limite della salvaguardia sulla vita. Tale valore è stato valutato come rapporto tra  $PGA_a$  (SLV) anteoperam e la  $PGA_p$  (SLV) postoperam, determinata attraverso il metodo convenzionale nel rispetto della normativa vigente (NTC 2018) e della circolare ministeriale applicativa del 21 gennaio 2019.

## **2. INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO**

Premesso quanto riportato nella relazione tecnica di inquadramento generale, nella quale sono riportati:

- indagini e sopralluoghi;
- riferimenti normativi;
- tipologia di interventi da eseguire;
- individuazione degli elementi costitutivi i fabbricati oggetto di intervento;
- criteri di calcolo impiegati;
- indici di prestazione energetica da rispettare;
- soluzioni tecnologiche relative agli interventi da eseguire;

si riportano di seguito le valutazioni relative al singolo Comune di Fiumicino.

### **2.1. Inquadramento**

Di seguito vengono riportati i dati climatici e le tipologie di edifici relativi all'area di intervento.

#### **2.1.1. Dati climatici**

I dati climatici desunti dalla normativa tecnica UNI 10349 sono i seguenti:

COMUNE	FIUMICINO
PROVINCIA	ROMA
REGIONE	LAZIO
ZONA CLIMATICA	C
GG	1240
PERIODO RISCALDAMENTO	10 ore giornaliere: 1 NOV- 31 MAR

**Tabella 176.** Dati climatici comunali

## 2.2. Tipologia edifici


Di seguito si riporta la tabella riepilogativa che raggruppa tutte le tipologie edilizie individuate.

CITTA'	TIPOLOGIA	INDIRIZZO
FIUMICINO	FM01	VIA B. CALEARI 3
FIUMICINO	FM01	VIA B. CALEARI 3
FIUMICINO	FM01	VIA B. CALEARI 3
FIUMICINO	FM02	LUNGOMARE DELLA SALUTE 51
FIUMICINO	FM02	LUNGOMARE DELLA SALUTE 53
FIUMICINO	FM02	LUNGOMARE DELLA SALUTE 55
FIUMICINO	FM03	VIA ODER 5-33
FIUMICINO	FM03	VIA TAGO 6-32
FIUMICINO	FM03	VIA VISTOLA 2-6-10-16-20-24-28-30-34-38-42-46-50-52
FIUMICINO	FM04	VIA DEL PORTO DI CLAUDIO 19
FIUMICINO	FM04	VIA DEL PORTO DI CLAUDIO 19
FIUMICINO	FM05	VIA G. MOSCHINI 23
FIUMICINO	FM05	VIA G. MOSCHINI 27
FIUMICINO	FM05	VIA G. MOSCHINI 31
FIUMICINO	FM06	VIA L. BEZZI 22
FIUMICINO	FM06	VIA L. BEZZI 26
FIUMICINO	FM06	VIA L. BEZZI 28
FIUMICINO	FM06	VIA L. BEZZI 32
FIUMICINO	FM06	VIA MOSCHINI 25
FIUMICINO	FM06	VIA MOSCHINI 29
FIUMICINO	FM06	VIA B. CALEARI 3
FIUMICINO	FM07	VIA DEL SERBATOIO 40
FIUMICINO	FM07	VIA DEL SERBATOIO 40
FIUMICINO	FM08	VIA DEL SERBATOIO 35
FIUMICINO	FM08	VIA DEL SERBATOIO 43
FIUMICINO	FM09	VIA DEL PORTO DI CLAUDIO 17
FIUMICINO	FM10	VIA DEL SERBATOIO 40
FIUMICINO	FM10	VIA DEL SERBATOIO 40
FIUMICINO	FM10	VIA DEL SERBATOIO 40
FIUMICINO	FM11	VIA DELLE ORATE 4
FIUMICINO	FM12	VIA L. BEZZI 24
FIUMICINO	FM12	VIA L. BEZZI 30
FIUMICINO	FM12	VIA B. CALEARI 3


**Tabella 177.** Tipologie edilizie analizzate


### 2.2.1. Classificazione per tipologie edilizie affini


Di seguito si riportano le tabelle relative ad ogni tipologia di edificio individuata:


TIPOLOGIA FM01	
Ubicazione	Fiumicino (RM), via Bruno Calcarei, 3
	
Anno di costruzione	1949
Struttura portante	Muratura
Numero di piani riscaldati	3/4
Superficie netta totale	413
Unità immobiliari	6
Numero di scale	1
Tipologia di riscaldamento	Autonomo
Tamponature	MLP03
Solaio di copertura	COP04
Solaio primo impalcato	SOL08
Serramenti	Infissi in legno e vetro singolo





<b>TIPOLOGIA FM02</b>	
Ubicazione	Fiumicino (RM), via Lungomare della salute 51-53-55
	
Anno di costruzione	1949
Struttura portante	Muratura
Numero di piani riscaldati	3
Superficie netta totale	340
Unità immobiliari	6
Numero di scale	2-1-2
Tipologia di riscaldamento	Autonomo
Tamponature	MLP03
Solaio di copertura	COP04
Solaio primo impalcato	SOL08
Serramenti	Infissi in legno e vetro singolo

TIPOLOGIA FM03	
Ubicazione	<p>Fiumicino (RM), via Vistola, 2-6-10-16-20-24-28-30-34-38-42-46-50-52 via Order, 5-33 via Tago, 6-32 + Locale centro catalani</p>
	
Anno di costruzione	1979
Struttura portante	Telaio C.A.
Numero di piani riscaldati	4/6
Superficie netta totale	8800
Unità immobiliari	98
Numero di scale	12
Tipologia di riscaldamento	Autonomo
Tamponature	MCV01
Solaio di copertura	COP04
Solaio primo impalcato	SOL08
Serramenti	Infissi in legno e vetro singolo


<b>TIPOLOGIA FM04</b>	
Ubicazione	Fiumicino (RM), via Porto di Claudio, 19
	
Anno di costruzione	1937
Struttura portante	Muratura
Numero di piani riscaldati	3
Superficie netta totale	1050
Unità immobiliari	26
Numero di scale	1
Tipologia di riscaldamento	Autonomo
Tamponature	MLP03
Solaio di copertura	COP04
Solaio primo impalcato	SOL08
Serramenti	Infissi in legno e vetro singolo


<b>TIPOLOGIA FM05</b>	
Ubicazione	Fiumicino (RM), via Moschini, 23-27-31
	
Anno di costruzione	1949
Struttura portante	Muratura
Numero di piani riscaldati	3/4
Superficie netta totale	434
Unità immobiliari	6
Numero di scale	1
Tipologia di riscaldamento	Autonomo
Tamponature	MLP03
Solaio di copertura	COP04
Solaio primo impalcato	SOL08
Serramenti	Infissi in legno e vetro singolo


TIPOLOGIA FM06	
Ubicazione	Fiumicino (RM), via Moschini, 25-29 via Bezzi, 22-26-28-32 via Bruno Caleri, 3
	
Anno di costruzione	1949
Struttura portante	Muratura
Numero di piani riscaldati	3
Superficie netta totale	434
Unità immobiliari	6
Numero di scale	1
Tipologia di riscaldamento	Autonomo
Tamponature	MLP03
Solaio di copertura	COP04
Solaio primo impalcato	SOL08
Serramenti	Infissi in legno e vetro singolo


TIPOLOGIA FM07	
Ubicazione	Fiumicino (RM), via Serbatoio, 40
	
Anno di costruzione	1937
Struttura portante	Muratura
Numero di piani riscaldati	3
Superficie netta totale	586
Unità immobiliari	12
Numero di scale	1
Tipologia di riscaldamento	Autonomo
Tamponature	MLP03
Solaio di copertura	COP04
Solaio primo impalcato	SOL08
Serramenti	Infissi in legno e vetro singolo




TIPOLOGIA FM08	
Ubicazione	Fiumicino (RM), via del Serbatoio, 43-35
	
Anno di costruzione	1937
Struttura portante	Muratura
Numero di piani riscaldati	3/4
Superficie netta totale	478
Unità immobiliari	7
Numero di scale	1
Tipologia di riscaldamento	Autonomo
Tamponature	MLP03
Solaio di copertura	COP04
Solaio primo impalcato	SOL08
Serramenti	Infissi in legno e vetro singolo

<b>TIPOLOGIA FM09</b>	
Ubicazione	Fiumicino (RM), via del porto di Claudio, 17
	
Anno di costruzione	1937
Struttura portante	Muratura
Numero di piani riscaldati	4
Superficie netta totale	355
Unità immobiliari	12
Numero di scale	1Autonomo
Tipologia di riscaldamento	Autonomo
Tamponature	da UNI TR 11552
Solaio di copertura	da UNI TR 11552
Solaio primo impalcato	SOL08
Serramenti	Infissi in legno e vetro singolo

TIPOLOGIA FM10	
Ubicazione	Fiumicino (RM), via del Serbatoio, 40
	
Anno di costruzione	1937
Struttura portante	Muratura
Numero di piani riscaldati	2
Superficie netta totale	325
Unità immobiliari	8
Numero di scale	1
Tipologia di riscaldamento	Autonomo
Tamponature	MLP03
Solaio di copertura	COP04
Solaio primo impalcato	SOL08
Serramenti	Infissi in legno e vetro singolo

TIPOLOGIA FM11	
Ubicazione	Fiumicino (RM), via delle Orate, 4
	
Anno di costruzione	1954
Struttura portante	Muratura
Numero di piani riscaldati	5
Superficie netta totale	574
Unità immobiliari	10
Numero di scale	1
Tipologia di riscaldamento	Autonomo
Tamponature	MCV01
Solaio di copertura	COP04
Solaio primo impalcato	SOL08
Serramenti	Infissi in legno e vetro singolo

TIPOLOGIA FM12	
Ubicazione	Fiumicino (RM), via Bezzi, 24-30 via Bruno Caleri, 3
	
Anno di costruzione	1949
Struttura portante	Muratura
Numero di piani riscaldati	3/4
Superficie netta totale	434
Unità immobiliari	6
Numero di scale	1
Tipologia di riscaldamento	Autonomo
Tamponature	MLP03
Solaio di copertura	COP04
Solaio primo impalcato	SOL08
Serramenti	Infissi in legno e vetro singolo

### **2.3. Interventi di efficientamento energetico**

In seguito ai dati raccolti sui singoli edifici ed in riferimento alle considerazioni fatte nella relazione tecnica generale, si procederà a migliorare le prestazioni termiche passivamente, andando a limitare le dispersioni termiche dell'involucro edilizio, e attivamente con interventi sulla generazione e distribuzione dei fluidi termovettori.

#### **2.3.1. Interventi passivi: involucro edilizio**

Gli interventi sull'involucro edilizio riguardano:

##### **1 Applicazione di isolante termico sulle superfici verticali.**

Tramite questa soluzione costruttiva, che aggiunge alle tamponature esistenti uno strato di isolante termico, si garantiscono migliori prestazioni termiche delle superfici opache verticali. Infatti, applicando uno strato di isolante, omogeneo e continuo, con bassi valori di conducibilità termica si ottiene una riduzione della trasmittanza delle superfici trattate, oltre alla sostanziale eliminazione dei ponti termici su queste presenti.

##### **2 Rifacimento della copertura.**

Con il rifacimento della copertura si completa il miglioramento delle prestazioni energetiche delle superfici opache. Questo intervento fornisce alle strutture di copertura uno strato isolante che, come a quello applicato sulle strutture verticali, limita le dispersioni e corregge i ponti termici esistenti. Gli interventi sulle superfici verticali e in copertura andranno così a costituire un cappotto termico in grado di abbattere le dispersioni termiche dell'involucro con una conseguente diminuzione di energia da fornire al fabbricato.

##### **3 Sostituzione degli infissi**

Contestualmente all'isolamento delle strutture opache si prevede la sostituzione degli infissi esistenti con elementi nuovi e notevolmente più prestanti dal punto di vista termico.

I nuovi infissi saranno forniti di telaio a taglio termico e doppio vetro.

Questi permettono di ridurre le dispersioni delle unità immobiliari poiché aventi una trasmittanza globale dell'elemento di molto inferiore agli elementi esistenti.

In aggiunta alla sostituzione degli elementi trasparenti si prevede l'isolamento o la sostituzione del cassonetto soprafinestra, qualora presenti, in modo da eliminare infiltrazioni d'aria esterna e dispersioni di calore.

Per ulteriori caratteristiche tecniche degli isolanti e degli infissi si rimanda ai contenuti della relazione tecnica generale.



### **2.3.2. Interventi attivi: impianti di riscaldamento**

In base ai dati raccolti per i singoli edifici, relativamente agli impianti esistenti, ed in riferimento alle considerazioni svolte nella relazione generale, circa i requisiti per accedere all'Ecobonus, si prevede la realizzazione di nuove centrali termiche costituite da caldaie a condensazione in classe A e pannelli solari termici, per la produzione di fluidi termovettori e di acqua calda sanitaria,

Gli interventi proposti mirano anche all'accorpamento delle centrali termiche di più edifici quando questo risulti possibile ed economicamente vantaggioso.

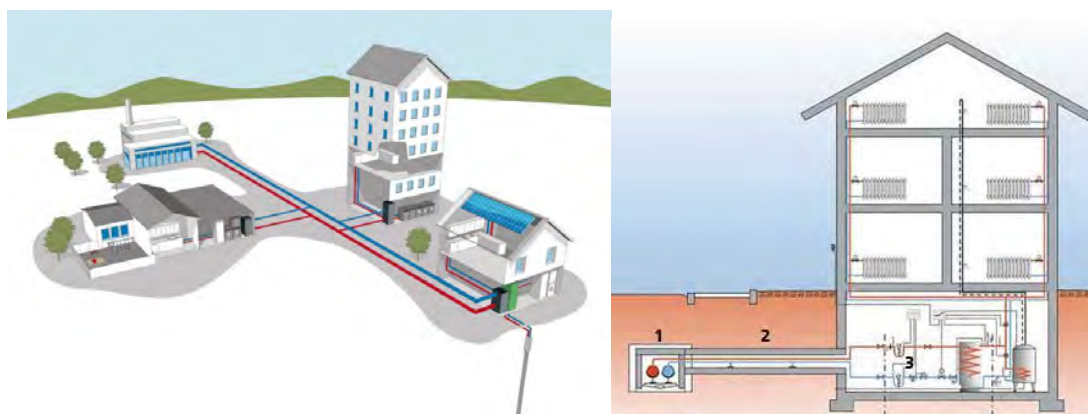
In presenza di più edifici limitrofi oggetto di intervento, questi sono associati ad un'unica centrale termica preposta alla produzione totale di calore da questi richiesto. La centrale viene posizionata in spazi prossimi agli edifici e comunque in aree pertinenziali degli stessi.

Tramite un sistema distributivo interrato l'acqua calda prodotta in centrale termica raggiunge ogni singolo edificio in una sottocentrale termica. Al suo interno, tramite uno scambiatore di calore, vengono ripartite le potenze termiche spettanti a ogni edificio o a porzioni di questo.

All'interno della sottocentrale termica di edificio trovano spazio tutti gli elementi preposti sia alla produzione di accumuli di acqua calda sanitaria sia alla distribuzione dei fluidi.

Infine, tramite un sistema distributivo esterno all'edificio, vengono raggiunti i punti di allaccio al sistema di tubazioni esistenti di ogni unità immobiliare. Prima dell'ingresso delle tubazioni all'interno dei singoli appartamenti, viene installato un terminale di contabilizzazione dei consumi per il riscaldamento e acqua calda sanitaria, in modo da poter ripartire i costi su ogni unità immobiliare in aderenza alla norma, UNI 10200.

Nel caso in cui l'edificio oggetto di intervento non sia inserito in un sistema più ampio che coinvolga una pluralità di stabili, la generazione dei fluidi si svolge internamente alla sottocentrale sopra descritta, mantenendo invariato il sistema di distribuzione e contabilizzazione dei vettori energetici



**Figura 97.** Schema esplicativo impianto termico

Di seguito è riportata una tabella riassuntiva, contenente i principali dati relativi alle centrali che vengono realizzate nel presente Comune.

TIP.	Indirizzo	Alloggi	Superficie Edificio [mq]	Centrale Termica	Totale area Centrale Termica [mq]	Disp. [W/mq]	Pot. Risc ad edificio [kW]	Pot. Risc. Totale [kW]	Volume ACS [l]	Pot. Gen ACS ad edificio [kW]	Pot. Gen ACS TOTALE [kW]	Pot Gen TOTALE Risc + ACS [kW]
FM4	VIA DEL PORTO DI CLAUDIO 19	26	1050	FM04	2100	34	36	71	1900	54	108	179
FM4	VIA DEL PORTO DI CLAUDIO 19	26	1050			34	36		1900	54		
FM12	VIA L. BEZZI 24	6	434	FM12- FM13- FM14- FM15	6881	36	16	248	500	14	224	472
FM12	VIA L. BEZZI 30	6	434			36	16		500	14		
FM12	VIA BRUNO CALEARI 3	6	434			36	16		500	14		
FM13	VIA BRUNO CALEARI 3	6	413			36	15		500	14		
FM13	VIA BRUNO CALEARI 3	6	413			36	15		500	14		
FM13	VIA BRUNO CALEARI 3	6	413			36	15		500	14		
FM14	VIA G. MOSCHINI 23	6	434			36	16		500	14		
FM14	VIA G. MOSCHINI 27	6	434			36	16		500	14		
FM14	VIA G. MOSCHINI 31	6	434			36	16		500	14		
FM15	VIA BRUNO CALEARI 3	6	434			36	16		500	14		
FM15	VIA L. BEZZI 22	6	434			36	16		500	14		
FM15	VIA L. BEZZI 26	6	434			36	16		500	14		
FM15	VIA L. BEZZI 28	6	434			36	16		500	14		
FM15	VIA L. BEZZI 32	6	434			36	16		500	14		
FM15	VIA G. MOSCHINI 25	6	434			36	16		500	14		
FM15	VIA G. MOSCHINI 29	6	434			36	16		500	14		
FM2	LUGOMARE DELLA SALUTE 51 / VIA TULLIO OSIDIO	6	340	FM2	1020	34	12	35	500	14	42	77
FM2	LUGOMARE DELLA SALUTE 53 / VIA G. MAGRO	6	340			34	12		500	14		
FM2	LUGOMARE DELLA SALUTE 55 / VIA G. MAGRO	6	340			34	12		500	14		
FM3	VIA VISTOLA 2-6-10-16-20-24-28-30-34-38-42-46-50-52	98	8800	FM3-1	8800	34	299	299	5500	155	155	454
FM3	VIA ODER 5-7-9-11-13-15-19-21-23-25-27-29-31-33	98	8800	FM3-2	17600	34	299	598	5500	155	310	908
FM3	VIA TAGO 6-8-10-12-14-16-18-20-22-24-26-28-30-32	98	8800			34	299		5500	155		
FM10	VIA DEL SERBATOIO 40	8	325	FM7-FM9- FM10	2502	38	12	89	650	19	141	230
FM10	VIA DEL SERBATOIO 40	8	325			38	12		650	19		
FM10	VIA DEL SERBATOIO 40	8	325			38	12		650	19		
FM7	VIA DEL SERBATOIO 40	12	586			34	20		1000	28		
FM7	VIA DEL SERBATOIO 40	12	586			34	20		1000	28		
FM9	VIA DEL PORTO DI CLAUDIO 17	12	355			34	12		1000	28		
FM11	VIA DELLE ORATE 4	10	574	FM8- FM11	1530	35	20	55	850	23	55	110
FM8	VIA DEL SERBATOIO 43	7	478			36	17		600	16		
FM8	VIA DEL SERBATOIO 35	7	478			36	17		600	16		

**Tabella 178.** Riepilogo potenze termiche di progetto

Nella tabella sopra riportata sono contenute le informazioni relative a:

- tipologia immobile;
- numero totale alloggi per tipologia;
- superficie coperta abitabile netta complessiva;
- eventuale raggruppamento della centrale termica;
- totale superficie coperta abitabile servita dalla singola centrale;
- potenza riscaldamento;
- potenza acqua calda sanitaria;
- volume di accumulo per acqua calda sanitaria
- potenza totale acqua calda sanitaria

potenza totale acqua calda sanitaria e riscaldamento

All'interno della tabella soprastante sono state evidenziate le tipologie di edifici e le nuove centrali termiche ad essi associate. Si evince che gli edifici serviti da un'unica centrale termica sono quelli relative alle tipologie FM04, FM01-FM05-FM06-FM12, FM02, FM07-FM09-FM10 e FM08-FM11.



**Figura 98.** Edifici serviti dalla centrale termica FM07-FM09-FM10





**Figura 99.** Edifici serviti dalla centrale termica FM08-FM11





**Figura 100.** Edifici serviti dalla centrale termica FM01-FM05-FM06-FM12





**Figura 101.** Edifici serviti dalla centrale termica FM02





**Figura 102.** Edifici serviti dalla centrale termica FM03



**Figura 103.** Edifici serviti dalla centrale termica FM04

### Legenda

- area di pertinenza della centrale termica
- installazione pannelli solari
- installazione pannelli fotovoltaici