



# Comune di Terno d'Isola

Provincia di Bergamo

## Piano di Governo del Territorio Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica (ex art. 57 L.r. 12/2005 s.m.i.)

NUOVO PGT ADEGUATO ALLA L.r. 31/2014 E S.M.I.



Fonte: [www.mapio.it](http://www.mapio.it)

### RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Il Sindaco

Il Segretario comunale

Adozione degli Atti di Variante al Pgt

D.C.C. n. .... del ...../...../.....

Approvazione degli Atti di Variante al Pgt

D.C.C. n. .... del ...../...../.....

Maggio 2024

Pianificazione urbanistica (R.T.P.)

**Officine  
Urbane**



Studio SoSter

Alberto Benedetti  
Giorgio Graj

Holpin S.r.l.  
Stefano Orli

Giovanni Anzanello

Componente Geologica

**geosfera**

studio associato di geologia

Ferruccio Tomasi  
Andrea Strini

Comune di Terno d'Isola

Gianluca Sala  
(Sindaco)

Giovanna D'Andrea  
(Viceindaco)

Angelo degli Antoni  
(Assessore)

Ing. Giuseppe Barbera  
(Responsabile Gestione del Territorio)

Arch. Michele Gandolfi

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>RICERCA STORICA E BIBLIOGRAFICA .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO .....</b>	<b>9</b>
	3.1 Piano Cave .....	9
	3.2 PTCP .....	9
	3.3 PTR.....	9
	3.4 PTUA .....	10
	3.5 PAI .....	10
	3.6 Piano di Gestione Rischio alluvioni. ....	14
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE FISIOGRAFICHE .....</b>	<b>22</b>
	4.1 Scarpata orientale del Pianalto .....	24
	4.2 Incisioni vallive .....	24
	4.2.1 Valle Maggiore o Zanchi .....	25
	4.2.2 Valle del torrente anonimo 16213 - 0004 .....	25
	4.2.3 Valle Vallone.....	26
	4.2.4 Valle del Luf .....	27
	4.2.5 Valle del Bulighetto .....	28
	4.3 Torrente Buliga .....	28
<b>5</b>	<b>INQUADRAMENTO METEOCLIMATICO.....</b>	<b>29</b>
	5.1 Temperatura .....	29
	5.2 Precipitazioni.....	32
<b>6</b>	<b>GEOLOGIA.....</b>	<b>45</b>
	6.1 INQUADRAMENTO GENERALE .....	45
	6.1.1 Formazione di Trezzo sull'Adda, .....	46
	6.1.2 Supersintema del Bozzente.....	47
	6.1.3 Formazione di Monte Carmelo .....	48
	6.1.4 Sintema della Specola.....	49
	6.1.5 Sintema di Binago.....	49
	6.1.6 Supersintema di Besnate .....	50
	6.1.7 Supersintema del Po .....	51
	6.1.8 Supersintema di Palazzago .....	51
	6.1.9 Supersintema di Venegono.....	51
	6.2 Geologia di sottosuolo .....	52
	6.2.1 Ceppo dell'Adda .....	53
	6.2.2 Ceppo del Brembo .....	53
<b>7</b>	<b>GEOMORFOLOGIA.....</b>	<b>55</b>
	7.1 Orlo di terrazzo con altezza maggiore di 10 m.....	55
	7.2 Orlo di terrazzo con altezza minore di 10 m.....	55
	7.3 Orli do terrazzo naturale, parzialmente rimaneggiato, di altezza > 10 m.....	55
	7.4 Orlo di terrazzo naturale, parzialmente rimaneggiato, di altezza < 10 m.....	56
	7.5 Orlo di terrazzo poco evidente, di altezza > 10 m.....	56
	7.6 Orlo di terrazzo poco evidente, di altezza < 10 m .....	56

7.7 Ciglio di scarpata artificiale .....	56
7.8 Solchi di ruscellamento .....	56
7.9 Aree di possibile ristagno .....	56
<b>8 DINAMICA GEOMORFOLOGICA.....</b>	<b>58</b>
8.1 Dinamica fluviale e torrentizia .....	58
8.2 Dinamica di versante .....	60
8.2.1 Scarpate su sedimenti fini con inclinazione maggiore di 15-20° .....	61
8.2.2 Scarpate su sedimenti fini con inclinazione minore di 15° .....	61
8.2.3 Aree di possibile accumulo di materiale di frana.....	61
8.2.4 Occhi pollini .....	62
<b>9 IDROGRAFIA.....</b>	<b>63</b>
9.1 Torrente Buliga o La Buliga.....	64
9.1.1. Messa in sicurezza idraulica del torrente Buliga e affluenti dai crolli spondali .....	66
9.2 Altri corsi d'acqua.....	68
<b>10 IDROGEOLOGIA.....</b>	<b>70</b>
10.1 Unità idrogeologiche.....	70
10.2 Qualità delle acque sotterranee .....	75
10.3 Stato quantitativo delle acque sotterranee.....	83
10.3.1 Piezometria .....	83
10.3.2 Soggiacenza .....	86
10.4 Vulnerabilità della falda .....	88
10.5 Siti contaminati .....	90
10.6 Stima della disponibilità idrica .....	91
10.6.1. Schema della rete .....	91
10.6.2. Apporti di acque .....	93
10.6.3. Prelievi.....	93
10.6.4. Stima della disponibilità.....	95
<b>11 PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....</b>	<b>97</b>
11.1 Caratteristiche geotecniche dei terreni.....	97
11.1.1 Unità del pianalto.....	97
11.1.2 Unità di pianura.....	99
11.1.3 Riporti.....	100
11.2 Occhi pollini .....	101
11.3 Analisi della pericolosità per occhi pollini .....	102
11.3.1 Introduzione .....	102
11.3.2 Il territorio del comune di Terno d'Isola.....	102
11.3.3 Geologia di superficie.....	102
11.3.4 Geologia di sottosuolo .....	103
11.3.5 Cenni agli occhi pollini noti sul territorio .....	105
11.3.6 Pericolosità.....	105
11.3.7 Rischio .....	106
<b>12 PERICOLOSITA' SISMICA.....</b>	<b>110</b>
12.1 Introduzione.....	110
12.2 Analisi della sismicità del territorio .....	114
12.2.1 Sismologia storica e macrosismica .....	114

12.2.3 Sorgenti sismogenetiche.....	116
12.2.4 Pericolosità sismica di base .....	118
12.3 Pericolosità sismica locale .....	121
12.3.1 Pericolosità sismica locale per il territorio di Terno d'Isola: analisi di I Livello .....	123
12.3.2 Pericolosità sismica locale per il territorio di Terno d'Isola: analisi di II Livello ....	125
12.3.3 Analisi di II Livello: valutazione del grado di protezione.....	141
12.3.4 Analisi di II Livello: analisi dei risultati .....	142
<b>FASE DI SINTESI E VALUTAZIONE .....</b>	<b>143</b>
<b>13 AGGIORNAMENTO DEL QUADRO DEI DISSESTI PAI VIGENTE: CARTA PAI-PGRA.....</b>	<b>144</b>
13. 1 Aree in modifica proposte .....	144
13.1.1 AREE Ee .....	145
13.1.2 AREE Eb.....	146
13.1.3 AREE Em .....	148
13.1.4 QUADRO PGRA .....	149
13.2 Analisi delle condizioni di rischio.....	150
13.2.1 Tratto dal confine comunale al ponte della ferrovia .....	151
13.2.2 Tratto dal ponte della ferrovia al ponte di via Mercato .....	153
13.2.3 Tratto dal ponte via Mercato al ponte di via Medolago.....	154
13.2.4 Tratto dal ponte di via Medolago al confine Sud.....	156
13.2.5 Altre aree lungo gli affluenti .....	157
13.3 VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI RISCHIO .....	161
13.3.1 Tratto dal confine comunale al ponte della ferrovia .....	162
13.3.2 Tratto dal ponte della Ferrovia al ponte di via Mercato .....	164
13.3.3 Tratto tra via Milano e via Mercato .....	165
13.3.4 Tratto tra via Mercato e via Medolago.....	175
13.3.5 Tratto a Sud del ponte di via Medolago .....	188
13.3.6 Altri corsi d'acqua .....	191
<b>14. QUADRO DEI VINCOLI NORMATIVI PRESENTI SUL TERRITORIO.....</b>	<b>194</b>
14.1. Vincoli derivati dalla Pianificazione di Bacino ai sensi della legge 183/89 .....	194
14.2. Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) .....	195
14.3. Vincoli di polizia idraulica .....	196
14.4. Salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile .....	197
<b>15. SINTESI DELLE CONOSCENZE ACQUISITE .....</b>	<b>198</b>
15.1 Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti .....	198
15.1.1 Aree potenzialmente instabili su pendii molto inclinati con sedimenti fini .....	198
15.1.2 Aree interessate da potenziale accumulo di materiali da frana .....	198
15.1.3 Aree potenzialmente instabili su pendii poco inclinati con sedimenti fini.....	199
15.2 Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico.....	199
15.2.1 Aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile e/o del primo acquifero .....	199
15.3 Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico .....	199
15.3.1 Aree costituenti l'alveo dei corsi d'acqua e aree adiacenti potenzialmente interessate da fenomeni di dinamica torrentizia e/o fluviale (Aree Ee PAI) .....	199
15.3.2 Aree a pericolosità elevata per esondazione (Aree Eb PAI) .....	199
15.3.3 Aree a pericolosità media o moderata per esondazione (Aree Em PAI) .....	200

15.4 Aree a scendenti caratteristiche geotecniche.....	200
15.4.1 Aree con coperture limose argillose .....	200
15.4.2 Aree con possibili ristagni .....	200
15.4.3 Aree con presenza di riporti, aree colmate .....	200
15.4.4 Aree con pericolosità alta al fenomeno occhi pollini.....	201
<b>16 FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO .....</b>	<b>202</b>
16.1. Classe di Fattibilità Geologica 4 – Fattibilità con gravi limitazioni.....	203
16.1.2. Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico.....	203
16.1.2. Aree pericolose dal punto di vista dell’instabilità dei versanti .....	203
16.2. Classe di fattibilità geologica 3 – Fattibilità con consistenti limitazioni.....	203
16.2.1. Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico.....	204
16.2.2. Aree pericolose dal punto di vista dell’instabilità dei versanti.....	204
16.2.3. Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico.....	204
16.2.4. Aree che presentano scendenti caratteristiche geotecniche.....	204
16.3. Classe di fattibilità geologica 2 – Fattibilità con consistenti limitazioni.....	205

**ALLEGATI** (in solo formato digitale)

Allegato 1: Schede pozzi

Allegato 2: Indagini

Allegato 3: Sezione geologica-idrogeologica

## 1 PREMESSA

Con determinazione 342 del 22/09/2020 il comune di Terno d'Isola ha affidato a geoSFerA - Studio Associato di Geologia la redazione dell'aggiornamento alla componente Geologica, Idrogeologica e sismica a supporto del Piano di Governo del Territorio.

Il comune di Terno d'Isola è già dotato di uno studio geologico, redatto nel 2002 (studio Anlus) e successivamente aggiornato nel 2012.

Il comune si è inoltre recentemente dotato di un nuovo studio del reticolo idrico minore, redatto dal geol. Predrali su cui Regione Lombardia ha espresso parere favorevole con nota inviata allo stesso comune il 16/02/2022 (prot. 2383) che aggiorna quello precedente redatto dalla società EST p.c. del Consorzio di Bonifica della media pianura bergamasca che aveva ottenuto parere favorevole dalla competente struttura regionale il 16/10/2006 (prot. AD006.2006.0014888).

Il presente studio, redatto secondo quanto indicato dalla DGR 2616 del 2011 e s.m.i., sostituisce i precedenti studi geologici e recepisce quanto indicato nello studio del Reticolo Idrico Minore, sia per quanto riguarda la cartografia che per quanto riguarda l'aspetto normativo.

Con la pubblicazione del R.R. 23 novembre 2017 n. 7 e s.m.i., i comuni ricadenti in aree a criticità idraulica alta, come il caso di Terno d'Isola, sono tenuti a redigere lo studio comunale di gestione del rischio idraulico (ai sensi dell'art. 14 c. 7 del detto regolamento regionale), e, di conseguenza, recepirlo nel PGT.

Il comune di Terno d'Isola è ancora sprovvisto del detto studio, l'obbligo di recepimento del quale è stato derogato al 31/12/2025 secondo quanto indicato dall'art. 14 comma 2 della L.R. 9 del 20/5/2022 che modifica l'art. 14 del R.R: 7/2017.

Il presente studio è articolato in tre fasi.

La **prima fase**, fase di analisi, consiste nell'acquisizione dei dati bibliografici esistenti, come meglio dettagliato in seguito, da sopralluoghi e da approfondimenti specifici (ad esempio analisi della pericolosità sismica).

I dati così censiti sono organizzati nelle tavole di inquadramento, in particolare:

Tav. 1: Carta Geologica

Tav. 2: Carta Geomorfologica e della dinamica geomorfologica

Tav. 3: Carta dell'idrografia superficiale

Tav. 4: Carta Idrogeologica

Tav. 5: Carta di prima caratterizzazione geotecnica

Tav. 6: Carta della pericolosità sismica locale

La seconda fase, **fase di sintesi e valutazione**, riassume le conoscenze acquisite e si concretizza nella carta dei vincoli, ove sono indicate le limitazioni d'uso del territorio di natura geologica derivanti dalle normative vigenti, e la carta di sintesi ove vengono illustrate, tramite apposite campiture, gli elementi emersi nella fase precedente, delineando aree omogenee dal punto di vista della pericolosità geologica e vulnerabilità idrogeologica.

In particolare fanno parte della fase di sintesi e valutazione le seguenti tavole:

Tav. 7: Carta PAI-PGRA

Tav. 8: Carta dei vincoli

Tav. 9: Carta di sintesi

La terza fase, invece, **fase di proposta**, alla luce del quadro geologico e normativo emerso nelle fasi precedenti, propone una suddivisione del territorio in zone alle quali vengono associati una classe di fattibilità e una normativa specifica.

Tale proposta viene illustrata nella tavola

Tav. 10: Carta della fattibilità geologica

Tav. 11: Carta della fattibilità geologica + PSL in cui alla zonazione in base alle classi di fattibilità sono sovrapposti gli scenari di pericolosità sismica locale.

La cartografia di riferimento è la carta topografica comunale alla scala 1:5000 aggiornata al 2021.

Si precisa che in particolari situazioni tale rappresentazione cartografica non è sempre strettamente fedele alla topografia reale, in special modo nelle zone delle incisioni vallive e lungo il bordo del pianalto; i limiti rappresentati nelle cartografie derivano da rilevamenti sul terreno e quindi possono discostarsi dalla topografia rappresentata sulle tavole. In tali situazioni, facilmente individuabili sul terreno (es. limiti di scarpata, limiti di piana, etc.) le norme associate devono sempre essere riferite alla situazione reale ed eventuali limiti devono essere verificati in loco.

## **2 RICERCA STORICA E BIBLIOGRAFICA**

Per redigere il presente studio sono stati consultati i dati bibliografici disponibili, integrati da sopralluoghi e verifiche apposite effettuate sul territorio e dati provenienti da specifiche richieste ad enti territoriali.

Le informazioni sono state dedotte da:

- Uffici comunali
- Gestore del servizio idrico integrato (Amiacque)
- ARPA Lombardia
- Banca dati regionale (Geoportale)
- Documentazione tecnica di carattere generale disponibile, riguardante gli aspetti geologici, idrogeologici, geotecnici ed idraulici del territorio;
- Piano cave
- Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA);
- Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI)
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale-Provincia di Bergamo;
- Piano Territoriale Regionale (PTR).

In particolare, tra i più significativi testi consultati si citano:

- Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 097 Vimercate, relative note illustrative e strati informativi reperibili sul Geoportale di Regione Lombardia.
- Carta Geologica della provincia di Bergamo, 2000
- Progetto di rifacimento del ponte sul torrente Buliga in corrispondenza della S.P. 163, redatto dall'Ing. Algeri nel 1994
- Progetto preliminare delle opere di sistemazione delle sponde del Torrente Buliga. Relazione tecnica e idraulica, 1996 redatta dagli Ingg. Algeri, Piazzini, Albani
- Relazione idrogeologica e idraulica redatta dallo Studio Tecno.Geo, nell'aprile 2010, a supporto del progetto di attuazione "Compendio delle Binde e compendio del Buliga"
- Studio geologico di supporto alla pianificazione urbanistica (L.R. 41/1997), Studio Anlus, 2002
- Aggiornamento componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio ai sensi della L.R. 11-03-2005 N. 12, dott. Geol. Chiodeli, 2011. Tavole aggiornate al 2012
- Nuovo studio in variante Reticolo Minore, Dott. Geol. Pedrali, 2021

- Messa in sicurezza idraulica del torrente Buliga e affluenti dai crolli spondali – lotti 1 e 2.  
Progetto Esecutivo, redatto da Ecosphera, 2021.

## **3 QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO**

### **3.1 Piano Cave**

La provincia di Bergamo è dotata di un piano cave, approvato con Deliberazione del Consiglio regionale 29 settembre 2015 - n. X/848, e pubblicato sul BURL S.O..42 del 16/10/2015. Dalla consultazione si evince che non sono presenti o previsti ambiti estrattivi sul territorio comunale.

### **3.2 PTCP**

Con la pubblicazione sul BURL n. 9 - Serie Avvisi e Concorsi del 3 marzo 2021, diventa efficace il nuovo PTCP che il Consiglio provinciale ha approvato con delibera n. 37 il 7 novembre 2020. Il 20 maggio 2022, con Delibera di Consiglio provinciale n.19, è stato approvato un Adeguamento 2022 al PTCP, pubblicato sul BURL n.24 - Serie Avvisi e Concorsi del 15 giugno 2022.

Dalla tavola DT\_BG Aree protette il comune di Terno d'Isola si evince che rientra nel territorio di un PLIS (nello specifico P.L.I.S. del Monte Canto e del Bedesco).

Dalla Tavola Mosaico della Fattibilità - Pai risulta che il comune di Terno d'Isola rientra tra quelli interessati da "frane, conoidi, alluvioni valanghe"; gli areali identificati sono quelli definiti negli elaborati PAI (Piano di Assetto Idrogeologico), descritti nel seguito della relazione nello specifico paragrafo. Non sono invece presenti aree a rischio idrogeologico molto elevato.

Dall'analisi della tavola DT\_BG Rete Verde, Ambiti, sistemi ed elementi di rilevanza paesistica si evince che per quanto attiene l'ambito strettamente geologico (Prevalente valore geomorfologico (RP artt. 54 e 57) nel territorio comunale di Terno d'Isola non sono presenti geositi, nè ambiti a elevata naturalità. Si specifica che il precedente studio geologico comunale proponeva l'istituzione di un geosito in tutta l'area di pianalto compresa tra la ferrovia e il torrente Suenna /ex Bulighetto). Tale area è comunque ricompresa all'interno del PLIS del Monte Canto e del Bedesco.

### **3.3 PTR**

Con D.g.r. XI/5439 del 29/10/2021, pubblicata sul BURL SO n°49 del 07/12/2021 Regione Lombardia ha aggiornato il P.T.R.. Nel Comune di Terno d'Isola non sono previste infrastrutture per la difesa del suolo così come elencate nella tabella "Progetti e studi di riferimento per le previsioni di infrastrutture per la difesa del suolo".

### **3.4 PTUA**

Il Piano di Tutela delle Acque (PTA) è lo strumento per regolamentare le risorse idriche in Lombardia, attraverso la pianificazione della tutela qualitativa e quantitativa delle acque. La L.R. n. 26 del 12 dicembre 2003 individua le modalità di approvazione del PTA previsto dalla normativa nazionale. Esso è formato da:

- Atto di Indirizzo, approvato dal Consiglio regionale, che contiene gli indirizzi strategici regionali in tema di pianificazione delle risorse idriche;
- Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA), approvato dalla Giunta regionale, che costituisce, di fatto, il documento di pianificazione e programmazione delle misure necessarie al raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale.

Il PUTA vigente è stato approvato con d.g.r. n. 6990 del 31 luglio 2017 e a sua volta costituisce un aggiornamento del precedente PTUA 2006.

I contenuti specifici illustrati nel piano, riguardanti l'assetto idrogeologico del territorio di Terno d'Isola, vengono descritti nel capitolo 10 - Idrogeologia, cui si rimanda per gli approfondimenti.

### **3.5 PAI**

Il comune di Terno d'Isola è interessato da dissesti nell'ambito della cartografia PAI ma non da fasce relative al reticolo principale. In particolare è presente una fascia classificata come area a pericolosità elevata per esondazioni (Eb) e una fascia più larga a pericolosità media o moderata (Em). La zona di allagamento è delimitata sul lato occidentale dalla base della scarpata del pianalto mentre a Est il limite è meno definito sia per le morfologie più blande sia per la presenza del centro abitato. Dalla carta, illustrata in fig. 3.1, si nota come le aree Eb ed Em siano più strette in corrispondenza del centro abitato.

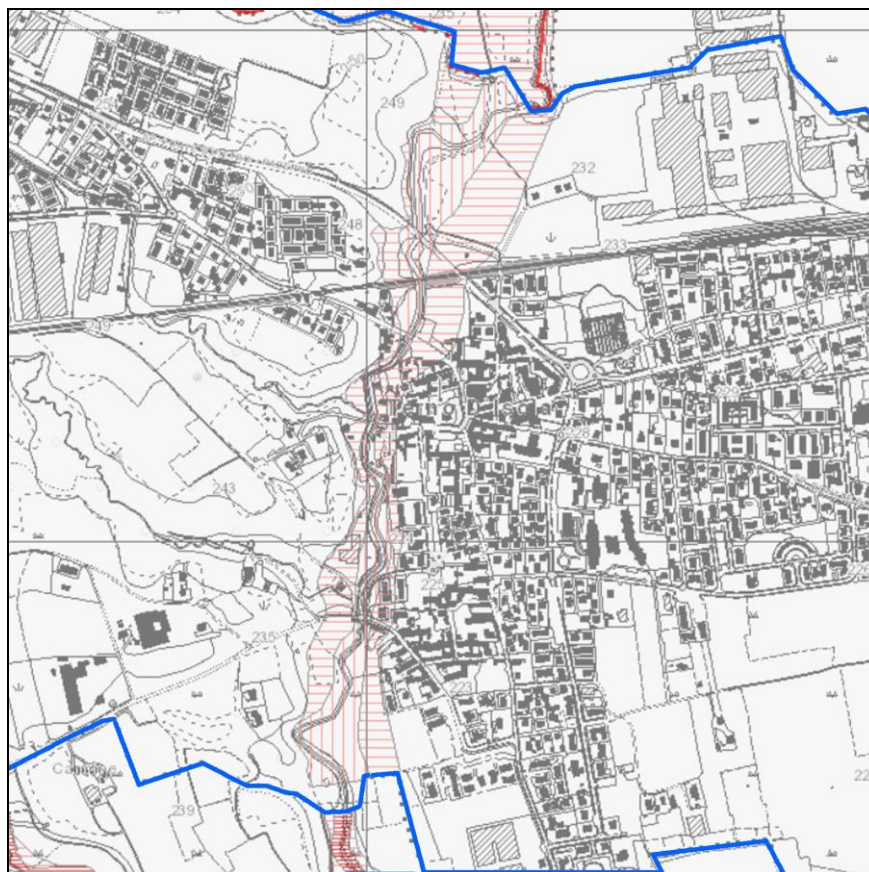
La geometria delle aree non è continua lungo l'asta del torrente Buliga ma è condizionata dai limiti amministrativi. Infatti a Nord, nel comune di Sotto il Monte Giovanni XXIII, la fascia a pericolosità elevata (Eb) non è presente, mentre sono indicati dissesti lineari lungo l'asta del corso d'acqua.

A Sud, invece, in corrispondenza del confine con il comune di Chignolo d'Isola, è presente una piccola porzione di territorio che, pur essendo contigua al torrente Buliga, è sprovvista di delimitazione PAI in contrasto con quanto avviene più a Sud; le fasce individuate nel comune di Chignolo d'Isola, quindi, si interrompono bruscamente in corrispondenza del limite amministrativo.

In particolare, nel comune di Chignolo d'Isola, lungo l'alveo del corso d'acqua è presente un'area a pericolosità molto elevata (Ee), assente nel territorio di Terno d'Isola, e un'area a pericolosità media o moderata (Em) immediatamente esterna ad essa, senza quindi la presenza di aree a pericolosità alta (Eb). Nel comune di Terno d'Isola invece, sono presenti sia la fascia Eb sia la Em, con la fascia Eb in ideale continuità geometrica con la fascia Em di Chignolo d'Isola.

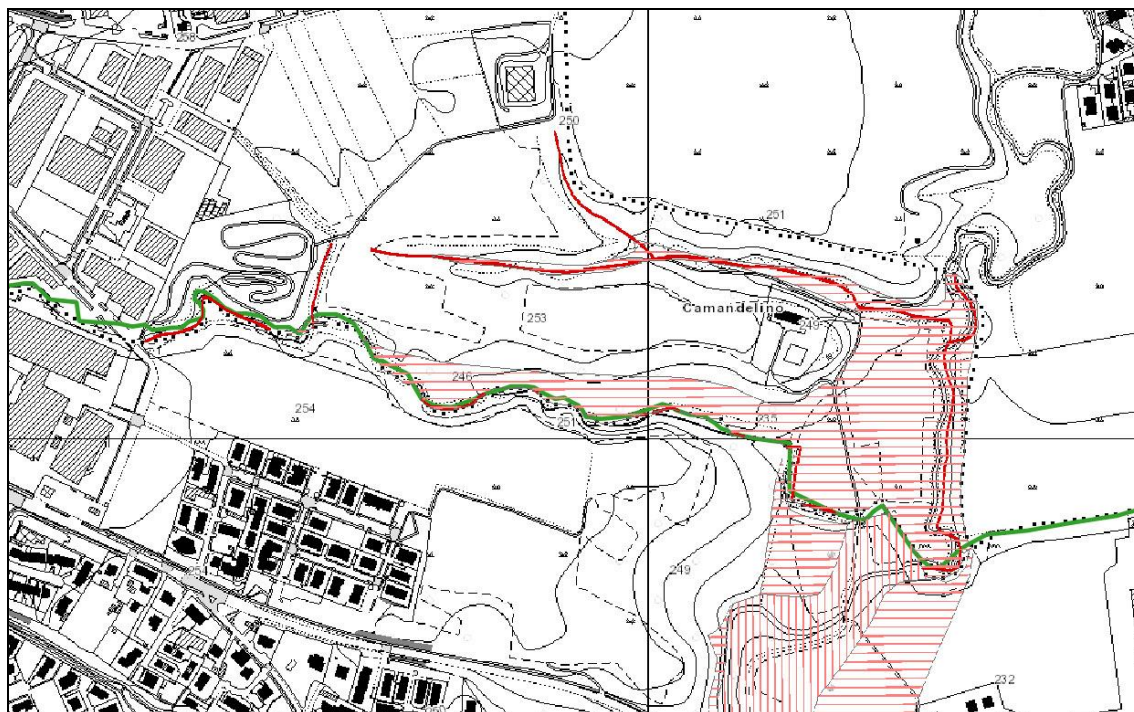
La presenza di una lacuna nella copertura delle fasce PAI (e conseguentemente delle aree PGRA) è da imputarsi molto probabilmente alla diversa rappresentazione dei limiti comunali nelle successive rappresentazioni cartografiche.

Per tali ambiti è stata proposta una modifica, illustrata in dettaglio al cap. 13, che entrerà in vigore solo "il giorno successivo alla pubblicazione del Decreto del Segretario Generale sul sito istituzionale dell'Autorità di bacino distrettuale". Su tale modifica Regione Lombardia ha espresso parere favorevole con nota del 05/02/2024 (prot. Z1.2024.0003778) con le prescrizioni meglio dettagliate al predetto capitolo 13.



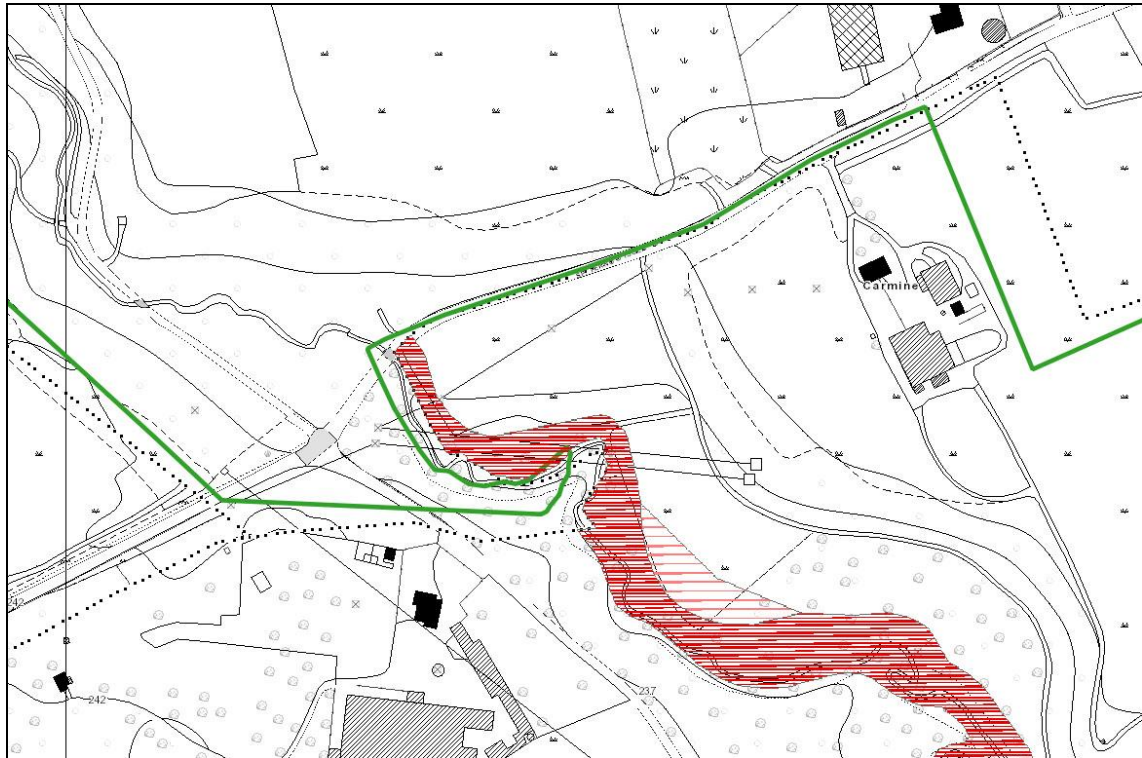
**Fig. 3.1a** - Stralcio della cartografia PAI. Si nota la discordanza tra le fasce PAI nei diversi comuni lungo la medesima asta del torrente Buliga.

A Nord, al confine con il comune di Sotto il Monte Giovanni XIII, in corrispondenza della "Valle Maggiore o Zanchi", in cui è presente un affluente del Buliga, sono indicati dissesti lineari ed è delimitata un'area in dissesto (Em) che però per lo più non rientra nel territorio di Terno d'Isola ma termina al limite amministrativo (fig. 3.1b).



**Fig. 3.1b** - Stralcio della cartografia PAI centrata sul torrente Buliga al confine tra il comune di Terno d'Isola (a Sud) e il comune di Sotto il Monte Giovanni XXIII (a Nord). In verde il confine comunale. In barrato verticale le aree Ee e in barrato orizzontale rado le aree Em. Con la linea rossa sono indicati i dissesti lineari.

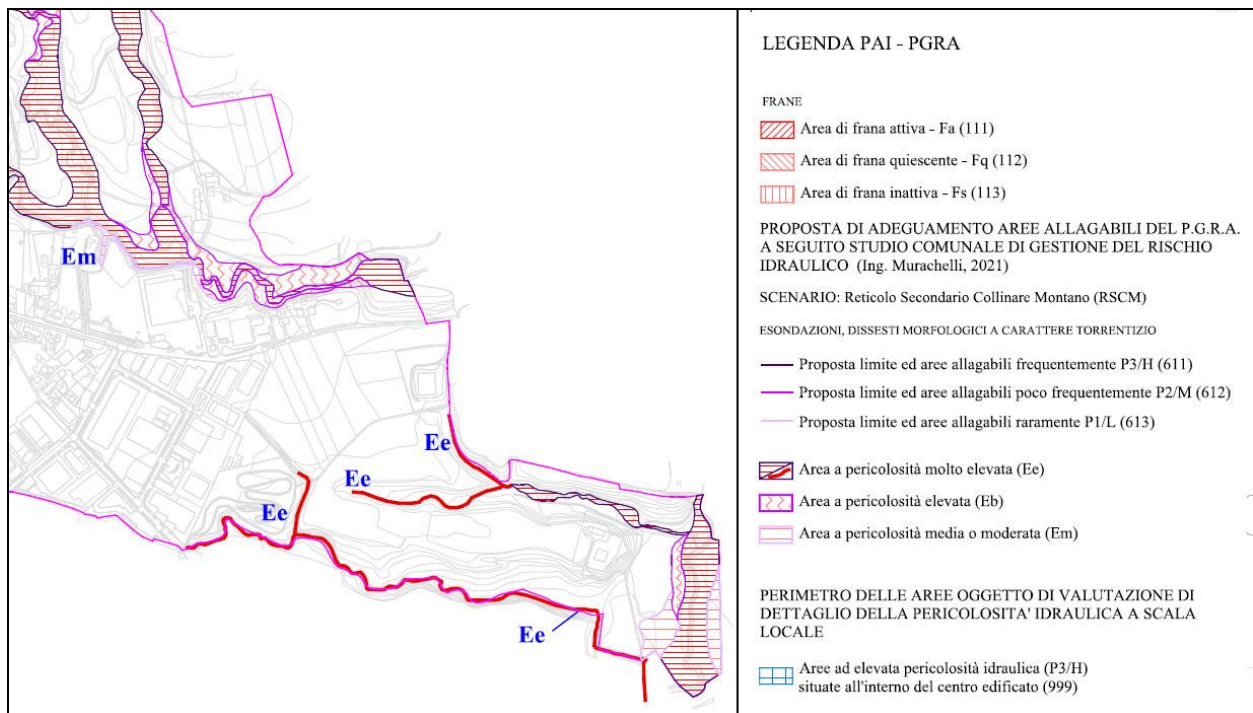
Il torrente Suenna (ex Bulighetto), che scorre in prossimità del confine Ovest del comune, è interessato da aree in dissesto PAI (aree Ee, Eb) nel tratto in comune di Chignolo d'Isola, fino all'intersezione con la strada per Medolago (fig. 3.1c). A causa presumibilmente delle differenze tra limiti comunali, stante il limite comunale attualmente vigente, una piccolissima parte di quest'area rientra anche nel comune di Terno d'Isola.



**Fig. 3.1c** - Stralcio della cartografia PAI centrata sul torrente Suenna al confine tra il comune di Terno d'Isola (a Nord) e il comune di Chignolo d'Isola (a Sud). In verde il confine comunale. In barrato verticale le aree Eb e in barrato orizzontale rado le aree Em.

Il comune di Sotto il Monte Giovanni XXIII, confinante a Sud con Terno d'Isola, ha presentato recentemente delle proposte di aggiornamento dell'Elaborato 2 del PAI (e in coerenza delle mappe PGRA – AMBITO RSCM), che modifica gli areali di allagamento nella zona prossima a Terno d'Isola e a cui Regione Lombardia, nel parere espresso sulla proposta di aggiornamento presentata dallo stesso comune di Terno d'Isola, chiede di ricordarsi. Tali modifiche, pur non essendo ancora vigenti, come illustrato nel parere anzidetto (prot. Z1.2024.0003778, del 05/02/2024) sono "in procinto di essere approvate dall'Autorità di Bacino distrettuale del Fiume Po"

L'aggiornamento, illustrato nell'adeguamento della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del P.G.T. redatta dal Geol. Pedrali (2021), è illustrato nella figura seguente limitatamente alla parte confinante con Terno d'Isola.



**Fig. 3.1d** - Stralcio della proposta di aggiornamento al quadro PAI-PGRA del Comune di Sotto il Monte. Si nota il diverso andamento delle aree PAI lungo il Buliga e la variazione da Area Ee a elemento lineare lungo la Valle Maggiore o Zanchi

In tale modifica, redatta in base alle risultanze "Studio comunale di gestione del rischio idraulico" (novembre 2021) redatto dall'Ing. Adriano Murachelli, lungo il Torrente Buliga è presente un'area Ee che tocca il confine con Terno d'Isola, e due aree Em, limitate ad una fascia ridotta in sponda destra e sinistra del Buliga. Lungo la valle Maggiore (o Zanchi) non sono presenti aree allagabili ma viene ascritto come pericolosità molto elevata il solo elemento lineare che costituisce l'alveo del torrente.

### 3.6 Piano di Gestione Rischio alluvioni.

Nell'ottica della prevenzione e mitigazione del rischio idraulico, con DPCM 27 ottobre 2016 è stato approvato il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni predisposto in attuazione del D.Lgs. 49/2010 di recepimento della Direttiva 2007/60/CE ("Direttiva Alluvioni"). In particolare il piano ha lo scopo di ridurre le conseguenze negative derivanti dalle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali.

A questo scopo nel piano sono delineati i seguenti temi:

- individuazione delle aree potenzialmente esposte a pericolosità per alluvioni;

- stima del grado di rischio al quale sono esposti gli elementi che ricadono entro le aree allagabili precedentemente individuate;
- individuazione delle “Aree a Rischio Significativo (ARS)”;
- impostazione delle misure per ridurre il rischio medesimo, suddivise in misure di prevenzione, protezione, preparazione, ritorno alla normalità ed analisi, da attuarsi in maniera integrata.

Le aree potenzialmente sottoposte ad alluvione e la classificazione del rischio degli elementi interessati dalle alluvioni sono rappresentati rispettivamente nelle mappe di pericolosità e nelle mappe di rischio.

Sono riconosciuti diversi ambiti territoriali quali il Reticolo principale di pianura e di fondovalle (**RP**), il Reticolo secondario collinare e montano (**RSCM**), Reticolo secondario di pianura naturale e artificiale (**RSP**) e le Aree costiere lacuali (**ACL**).

Per le aree allagabili, a loro volta, sono individuati scenari a diversa pericolosità in base alla frequenza delle piene; in particolare sono distinte aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (scenario **P3/H**), aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (**P2/M**) e aree potenzialmente interessate da alluvioni rare (**P1/L**).

Per quanto riguarda il rischio, nelle mappe vengono riconosciuti 4 differenti gradi: rischio moderato o nullo (**R1**), rischio medio (**R2**), rischio elevato (**R3**) e rischio molto elevato (**R4**).

Le mappe di pericolosità e rischio, contenute nel PGRA, **rappresentano un aggiornamento e integrazione del quadro conoscitivo rappresentato negli Elaborati del PAI** in quanto da un lato aggiornano la delimitazione delle fasce fluviali PAI, dall'altro contengono la delimitazione delle aree allagabili su corsi d'acqua non interessati dalle fasce fluviali PAI nei diversi ambiti territoriali e classificano gli elementi esposti in quattro gradi di rischio.

Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, ai sensi dell'art.3 comma 1 del DPCM 27 ottobre 2016, costituisce stralcio funzionale del Piano di Bacino del distretto idrografico padano e ha valore di Piano territoriale di settore. Ai sensi dell'art. 3 comma 3 del DPCM 27 ottobre 2016, le amministrazioni e gli enti pubblici si conformano alle disposizioni del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni in conformità con l'art. 65, commi 4, 5 e 6 del D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152 e successive modificazioni.

In particolare, nell'ambito delle procedure di propria competenza, le amministrazioni e gli enti pubblici:

- prendono atto dei contenuti del PGRA, in particolare delle mappature della pericolosità e del rischio, delle informazioni associate – relative alle caratteristiche dell'alluvione potenziale – e della normativa vigente su tali aree, già presente nelle N.d.A. del PAI così come approvato con DPCM 24 maggio 2001, introdotta dal nuovo Titolo V delle N.d.A. del PAI nonché delle disposizioni della d.g.r. n. X/6738 del 19 giugno 2017 tenendone conto da subito in sede di attuazione dei propri strumenti pianificatori e in funzione dei loro successivi aggiornamenti e riesami;

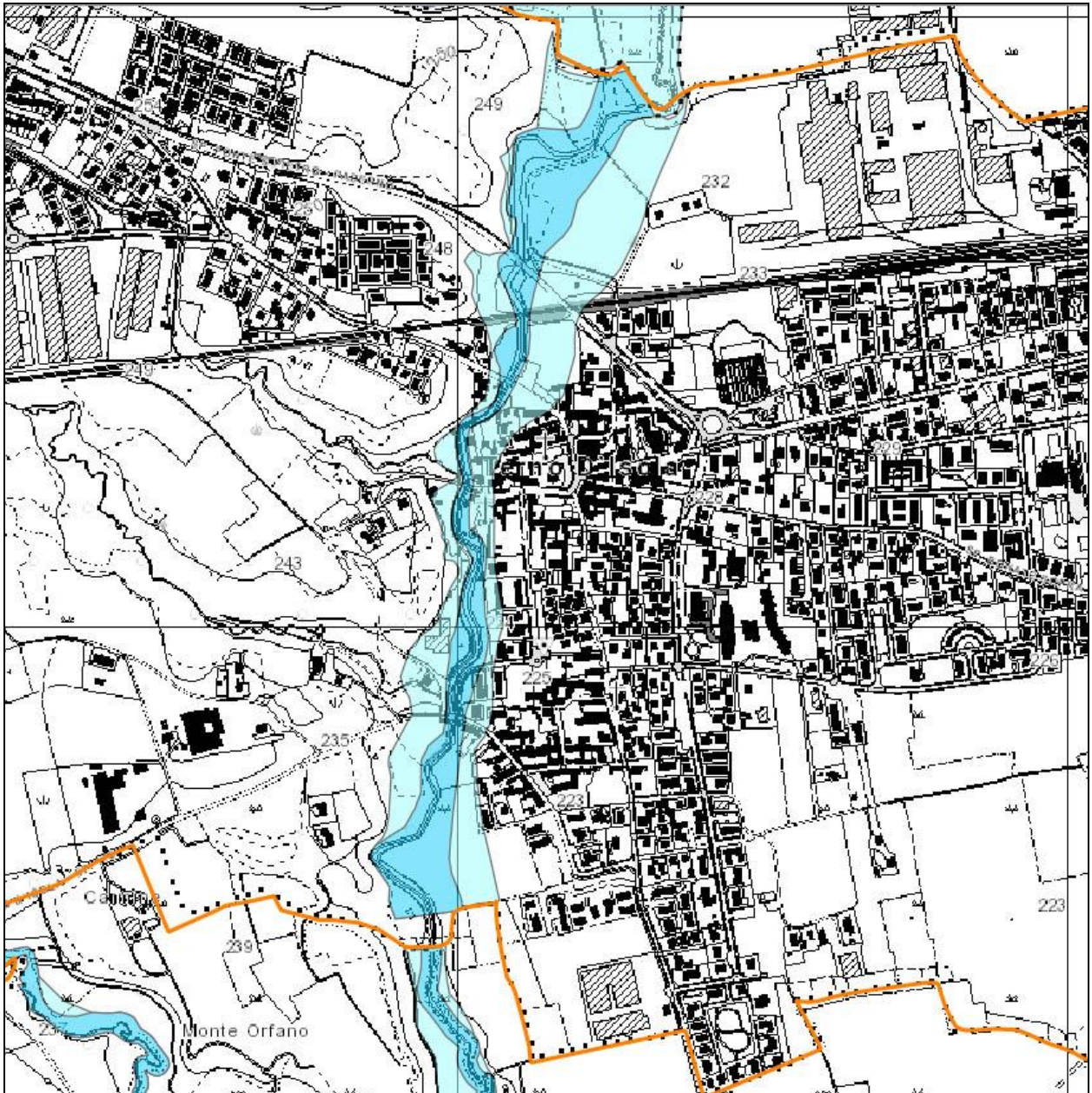
- ne veicolano il più possibile la conoscenza presso i propri portatori di interesse e i cittadini.

In particolare nel comune di Terno d'Isola sono presenti (rif. Allegato 2 alla d.g.r. X/6738/2017) aree allagabili facenti parte del Reticolo Secondario Collinare e Montano e il comune è indicato tra quelli che sono tenuti all'aggiornamento dell'elaborato 2 del PAI D.G.R. VII/7365/2001.

Dalla consultazione dell'aggiornamento PGRA 2022 si evidenzia che sono presenti gli scenari poco frequente (P2/M) e raro (P1/L) che ricalcano in toto gli areali PAI, in particolare lo scenario raro corrisponde alle aree Em e lo scenario poco frequente alle aree Eb. Analogamente a quanto osservato per le fasce PAI, anche per il PGRA sono presenti discordanze con i comuni adiacenti come visibile in fig. 3.2.

Il comune di Sotto il Monte Giovanni XIII, in analogia con quanto fatto per le aree PAI, ha proposto un aggiornamento al quadro PGRA (vedi fig. 3.1d) in cui le aree allagabili seguono i limiti delle aree PAI (Aree Ee = scenario P3/H; aree Eb = scenario P2/M; aree Em = scenario P1/L).

Per gli areali PGRA vigenti, illustrati nelle fig. 3.2 è proposta una modifica, su cui Regione Lombardia ha già espresso parere favorevole con prescrizioni, che viene illustrata in dettaglio al cap. 13.



**Fig. 3.2** - Mappa della pericolosità del PGRA (agg. 2022). In azzurro scuro le aree P2/M, in azzurro chiaro le aree P1/L.

Per quanto riguarda il rischio, nel territorio di Terno d'Isola alcune aree ricadono nella classe di rischio molto elevato (R4) per le quali, secondo la DGR 6738 del 2017, i comuni sono tenuti a "effettuare una valutazione più dettagliata delle condizioni di pericolosità e rischio locali". Sono di seguito riportate gli areali di rischio identificati da Regione Lombardia nell'aggiornamento

2022 del PGRA (da Geoportale, consultato a giugno 2023).

Procedendo da Nord verso Sud i primi due elementi a rischio R4 sono il ponte della SP 166 e il ponte della ferrovia Bergamo - Carnate.



**Fig. 3.3** - Elementi a rischio R4 (in viola), nella zona a Nord; si tratta dei ponti sul t. Buliga della SP 166 (in alto) e della ferrovia Bergamo - Carnate (in basso). In arancione gli elementi in classe di rischio R3 (da Geoportale di Regione Lombardia) .

Appena a Sud del ponte della ferrovia (fig. 3.4), le aree a rischio R4 sono presenti lungo il corso del torrente Buliga, sia in sponda destra che in sponda sinistra.

In sponda destra un'ampia area classificata come tessuto residenziale discontinuo (i dati presenti sul Geoportale sono riferiti al DUSAF 4) consiste di fatto per la maggior parte di un parcheggio e di un sentiero che corre lungo la sponda del Buliga. In sponda sinistra, invece, l'area in classe di rischio R4 comprende in parte i campi sportivi e un'area di pertinenza della

parrocchia. A sud del ponte di Via Milano le aree interessano il tessuto residenziale discontinuo e il tessuto residenziale continuo mediamente denso.



**Fig. 3.4** - Elementi a rischio R4 (in viola), nella zona dalla ferrovia fino a poco a Sud del ponte di Via Milano.

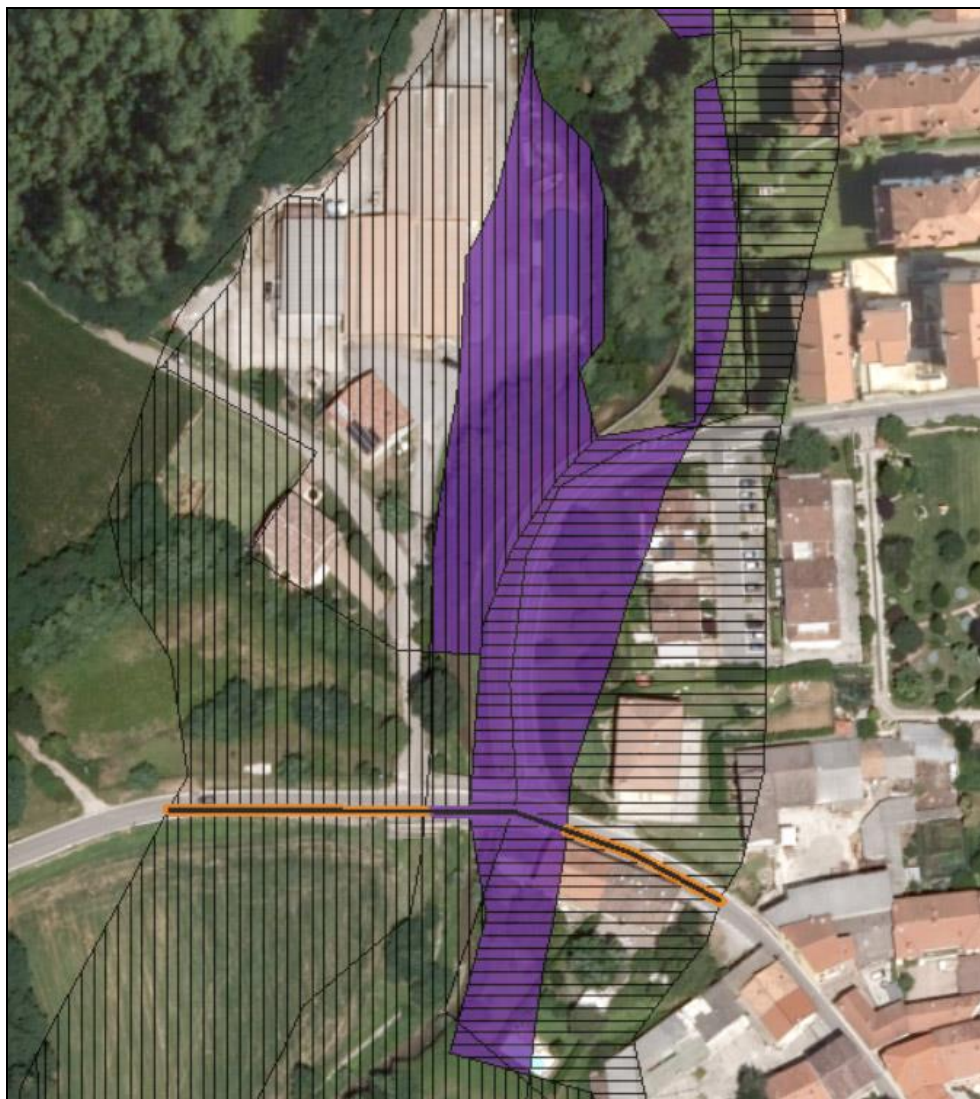
In vicinanza del ponte di via Mercato, fino a circa all'altezza del civico 12 di via Rota, le aree in classe di rischio R4 si estendono soprattutto in sponda sinistra ad eccezione di una limitata area appena a Nord del ponte di via Mercato in sponda destra (fig. 3.5).



**Fig. 3.5** - Aree a rischio R4 (in viola), nella zona dalla in vicinanza di via Mercato. Si osserva come esse siano estese per lo più in sponda sinistra ad eccezione di una piccola area in sponda destra appena a Nord del ponte di via Mercato.

Più a Sud (fig. 3.6) le aree interessate sono sia in sponda destra che sinistra. In sponda destra è ricompresa nella classe di rischio R4 una parte del piazzale di un'azienda agricola, mentre in

sponda sinistra le aree interessate sono per lo più verdi. Fa eccezione lo spigolo di Nord-Ovest delle case di via Rota e una parte dell'abitazione di via Medolago 27 e i box adiacenti.



**Fig. 3.6** - Mappa del rischio del PGRA. Zona a Sud. In viola quelli con rischio R4, in arancione quelle a rischio R2.

#### 4 CARATTERISTICHE FISIOGRAFICHE

Il comune di Terno d'Isola si colloca nell'alta pianura bergamasca, in quella che viene definita l'isola bergamasca.

Il territorio può essere diviso in due grandi settori: quello a Ovest è più rialzato rispetto alla parte orientale ed è separato da esso da una scarpata di oltre 10 m di altezza, disposta grossomodo Nord Sud.

La superficie del pianalto digrada in direzione circa NW-SE da una quota di 260 m circa nella zona più a nord dell'abitato fino ad una quota di poco meno di 240 m della parte di pianalto più a Sud.

La superficie superiore è solcata da numerose incisioni, sede di corsi d'acqua più o meno temporanei che scendono dal pianalto alla piana circostante e che hanno direzione circa parallela NW-SE. Caratteristica di queste incisioni è la presenta di versanti spesso ripidi.



**Fig. 4.1** - Valle Vallone. Si notano i fianchi ripidi e la ridottissima piana di fondovalle, a sua volta incisa dall'attuale corso d'acqua.

Alcune di queste, come la Valle Vallone, la Valle del Luf e la Valle Maggiore, attraversano il pianalto in tutta l'area di estensione del territorio comunale, mentre altre valli incidono il pianalto solo per poche centinaia di metri. La minore importanza di queste è testimoniata anche dall'assenza di un toponimo che le identifichi.



**Fig. 4.2** - Estremo settentrionale della Valle del Luf

Il settore orientale del territorio comunale è caratterizzato invece da una superficie più regolare blandamente inclinata verso Sud - Sud Ovest, con quote che variano tra i 237 m s.l.m nella parte Nord orientale a circa 220 m s.l.m. nella parte Sud del territorio.

In vicinanza della scarpata di raccordo con il pianalto è presente l'unico elemento significativo di questa superficie, cioè l'incisione in cui scorre il torrente Buliga. Tale incisione è molto più marcata nella zona a Nord, dove il torrente scorre ad una quota di alcuni metri inferiore rispetto alla piana circostante (ad esempio a Nord della SP 166) mentre spostandosi verso Sud l'incisione del torrente Buliga rispetto alla piana circostante diventa meno pronunciata.

La gran parte della piana inferiore appare pesantemente rimaneggiata dall'attività antropica e

dall'espansione urbana, cosa che di fatto ha spesso cancellato le morfologie minori eventualmente presenti; le aree non urbanizzate della piana sono infatti frammentate e situate in prossimità del torrente Buliga. L'unica area non urbanizzata di una certa estensione su questa superficie è una fascia che si estende nella zona a Sud e a Est del territorio comunale.

Di seguito vengono descritti più in dettaglio alcuni tra gli elementi fisiografici più importanti.

#### **4.1 Scarpata orientale del Pianalto**

La scarpata del pianalto decorre con andamento circa NS lungo la sponda destra del torrente Buliga, dal quale è talora incisa al piede come nel tratto a Nord della SP 166 o nella parte meridionale del territorio comunale, in corrispondenza della stretta curva ad angolo acuto del torrente Buliga. La scarpata si eleva per circa 16 m nella parte settentrionale per abbassarsi gradatamente a circa 12-14 m nella parte meridionale. L'inclinazione è elevata, in genere maggiore di 20° con ampi settori in cui si superano i 35°. Inclinazioni minori sono presenti in corrispondenza delle intersezioni con le valli maggiori che tagliano il pianalto e nella zona più a Nord; i tratti a maggiore pendenza possono interessare anche singole porzioni della scarpata e non la scarpata in tutto il suo sviluppo.

I versanti sono coperti da vegetazione arborea ed arbustiva e da coltri più o meno spesse di materiale colluviato.

#### **4.2 Incisioni vallive**

Queste incisioni sono caratterizzate da fianchi spesso ripidi con altezza che può essere anche maggiore di 10 m. Particolarmente ripidi sono i versanti della valle Vallone e della Valle del Luf e limitati tratti della valle del torrente Suenna (o Bulighetto), nella porzione ovest del territorio comunale. I versanti sono coperti da coltri di materiale colluviato; occasionalmente sono presenti locali fenomeni di dissesto e la base dei versanti appare talora interessata da fenomeni di erosione al piede.

In queste valli la piana di fondovalle non è sempre ben sviluppata in virtù della modesta larghezza delle incisioni (vedi Fig. 4.1). Sono inoltre presenti terrazzi di altezza modesta ed estensione variabile, spesso confinati a tratti lunghi poche decine di metri. I fondivalle si raccordano gradatamente con la piana del torrente Buliga; la presenza di assi viari con le relative modificazioni antropiche o la semplice urbanizzazione ha spesso obliterato l'originale morfologia che probabilmente consisteva anche di blande conoidi alluvionali al raccordo tra valli laterali e piane.



**Fig. 4.3.** - Valle Vallone. Si notano i fianchi ripidi della valle che attraversa il pianalto

Di seguito sono descritte in modo sommario le principali valli che attraversano il pianalto, usando come denominazione quella derivata dallo studio del Reticolo Minore (Pedrali, 2021)

#### **4.2.1 Valle Maggiore o Zanchi**

E' la valle posta più a Nord, al confine con il comune di Sotto il Monte; la valle è ad andamento circa WNW-ESE e, per la maggior parte, rientra nel territorio comunale il solo versante Sud. I versanti della valle sono spesso ripidi, con altezza anche maggiori di 10 m per un tratto di oltre 300 m a partire dall'innesto con il torrente Buliga; i versanti sono caratterizzati dalla presenza di depositi colluviali e, occasionalmente, sono presenti terrazzi intermedi; l'incisione valliva termina all'intersezione con il centro abitato, in corrispondenza del quale il corso d'acqua che la percorre è parzialmente intubato e la morfologia originaria è obliterata dalla presenza di capannoni.

#### **4.2.2 Valle del torrente anonimo 16213 - 0004**

La valle del torrente anonimo 16213 - 0004 è situata tra la Valle Maggiore e valle Vallone; essa è la sede, in parte, della SP 166, tanto che la morfologia originaria è stata estremamente rimaneggiata; la valle stessa è in parte disarticolata proprio per la presenza dell'importante via

di comunicazione a cui si aggiunge, nella zona di raccordo tra il fondovalle e la piana del Buliga, il rilevato della Ferrovia Bergamo - Carnate. La parte Nord dello sbocco vallivo è dominata dalla presenza del terrapieno della strada, mentre nella parte Sud, tra la SP 166 e la ferrovia, sono presenti alcuni terrazzi minori in parte rimaneggiati con altezze dell'ordine di 1 - 2 m dalla sponda del Buliga. In questo tratto il dislivello tra la sommità delle scarpate e il fondovalle si aggira intorno ai 15 m.

L'asse viario decorre lungo il fianco sinistro della valle che risulta rettilineizzato per taluni tratti e lo stesso corso d'acqua è stato in parte tombinato proprio perché la sede stradale occupa una parte dell'originario fondovalle.

L'assetto originario della valle è mantenuto nel settore in corrispondenza del tratto Nord di via Largo del Roccolo, in cui la valle appare molto stretta, con scarpate ripide e altezza ancora dell'ordine dei 10 m.

Nel tratto terminale, a nord della SP 166, la valle si dispone in senso NS e diventa man mano meno incisa, pur mantenendo fianchi ripidi, talora subverticali. All'estremità nord la valle si divide in due rami, una in direzione NS e uno EW; quest'ultimo prosegue quasi a lambire l'edificato di via Boccaccio, trasformandosi in un impluvio di larghezza metrica e profondità di circa 1.5 - 2 m.

#### **4.2.3 Valle Vallone**

La valle Vallone attraversa l'intero pianalto dal settore a monte di via Fermi fino allo sbocco nel torrente Buliga in prossimità del ponte di Via Mercato.

A valle del ponte di via Fermi, e fino a circa il civico 8 di via Baccanello, la valle si presenta incassata di alcuni metri con fianchi ripidi che sono solo parzialmente protetti da scogliere: dal civico 8, per circa un centinaio di metri, la larghezza appare notevolmente ridotta, con presenza di muri a delimitare l'alveo del corso stesso. Appena prima dell'attraversamento di via Baccanello la valle cambia di direzione, disponendosi circa NS; tra la via Baccanello e la ferrovia la valle Vallone è rettilineizzata con un approfondimento considerevole (circa 5-6 metri) e versanti ripidi. A Sud della ferrovia la valle cambia nuovamente direzione, disponendosi circa NW-SE e mantenendo un certo grado di naturalità, non attraversando zone urbanizzate; è qui caratterizzata da un andamento più sinuoso del torrente e mancanza di consistenti opere artificiali di contenimento dell'alveo. In questo tratto la valle è sempre più incisa raggiungendo la profondità di oltre 12 m in corrispondenza dello sbocco del torrente nella piana del Buliga.

#### 4.2.4 Valle del Luf

La valle del Luf interessa tutto il pianalto, dall'area a monte della via Baccanello, poco a Ovest della Valle Vallone, fino alla confluenza con il torrente Buliga che avviene appena a monte della SP 163 (in questo tratto denominata ancora via Medolago).

Nel tratto più settentrionale la valle si raccorda gradualmente con il pianalto dove sono presenti ondulazioni via via meno pronunciate in corrispondenza dei corsi d'acqua; la valle appare quindi come una larga e blanda depressione (vedi fig. 4.2). L'incisione diventa più marcata nell'area adiacente alla via Baccanello che viene costeggiata per un tratto di circa 200 m; confluiscono qua il corso d'acqua della valle del Luf e di quello della Valle del Luf laterale sinistra. L'intera area è ribassata rispetto alla strada provinciale e allo stato attuale coperta da boschina; sul fianco sinistro, immediatamente a monte della via Baccanello, la valle è delimitata dal muro di cinta di una proprietà privata, mentre il fianco destro è costituito dalla sede della via Baccanello stessa, costruita probabilmente lungo l'originario versante della valletta.

Appena a monte dell'attraversamento con la via Baccanello la valle si dispone in direzione NS e cambia radicalmente morfologia, acquistando la connotazione di valle stretta e incisa.

Nel tratto tra questa e la ferrovia, la valle è stata oggetto di sistemazione (oggi sede del Parco del Luf) e di modifiche legate alla costruzione dei capannoni in sponda sinistra, con importanti lavori di riporto di materiale; tali modifiche sono deducibili dal confronto tra la situazione attuale con la cartografia della precedente componente geologica e sismica (Anlus, 2002), con la carta topografica comunale precedente e tramite l'analisi di foto aeree. In questa zona, attualmente, i versanti della valle sono in parte rimodellati a gradoni.

A valle della ferrovia la valle del Luf attraversa la zona di pianalto non urbanizzata. La valle mantiene il suo carattere naturale, testimoniato dalla presenza di alcuni cambi di direzione e dall'andamento sinuoso del corso d'acqua. L'incisione della valle si fa più marcata e vi è la presenza di alcuni terrazzi intermedi di diversa altezza; l'ampiezza del fondovalle è variabile, spesso ridotta, e occasionalmente il torrente erode direttamente i fianchi vallivi.

Nella parte prossima alla valle del Buliga si innesta la valletta laterale in cui si snoda via delle Castagne. Nella valle del Luf confluisce anche il Rio dei Boschi Vecchi; questo corso d'acqua si origina appena a Nord della ferrovia, tra i capannoni industriali posti a sud di Via Baccanello. Nel tratto immediatamente a Sud della ferrovia la valle del Rio dei Boschi Vecchi appare come una semplice blanda incisione poco definita; poco più di 250 m dall'origine si ha uno slargo, in cui il corso d'acqua descrive una piccola ansa e si ha un primo approfondimento; un ulteriore

approfondimento si ha in corrispondenza dell'attraversamento della strada sterrata che costituisce il prolungamento di via del Lago verso il maneggio; a valle di questo attraversamento una vallecola minore confluisce nella valle del Rio dei Boschi Vecchi in sponda destra e l'incisione diventa sempre maggiore tanto che i versanti arrivano ad un'altezza di circa 10 m in vicinanza della confluenza con la Valle del Luf.

#### **4.2.5 Valle del Bulighetto**

La valle del Bulighetto attraversa il territorio comunale bordando l'estremità Ovest del confine comunale. Anche in questo caso vi è un progressivo approfondimento verso Sud, anche se in genere l'altezza è minore e i versanti sono meno ripidi rispetto alle valli sopra menzionate. A valle di un primo tratto orientato NW-SE la valle si dispone ad andamento circa NS per quasi 500 m, bordeggiando gli edifici e il maneggio di via delle Valli. La valle è asimmetrica, in quanto in sponda sinistra l'incisione del torrente lambisce la scarpata, talora costituita da tratti a debole pendenza, che si raccorda direttamente alla superficie del pianalto, mentre in sponda destra la scarpata del torrente ha altezza variabile tra 1,5 e 2,5 m e si raccorda a una piana larga fino ad alcune decine di metri che è a quota più bassa rispetto alla superficie del pianalto. Questa piana, a sua volta, si raccorda al pianalto con scarpate talora ripide.

#### **4.3 Torrente Buliga**

Il torrente Buliga, come detto, taglia il territorio comunale da Nord a Sud, bordando per gran parte del suo percorso la base della scarpata del pianalto. L'incisione del torrente rispetto alla piana circostante è variabile e talora assai pronunciata. Nel tratto appena a monte del ponte della SP 166 l'altezza dell'incisione è di circa 6 metri.

A valle del ponte della ferrovia l'incisione del torrente Buliga è meno marcata e, soprattutto in sponda sinistra, a causa della forte urbanizzazione, non sono riconoscibili scarpate vere e proprie oltre la sponda del torrente. A Sud del ponte di via Medolago, il torrente Buliga torna a scorrere in un contesto meno urbanizzato. In sponda sinistra, più esterno rispetto alle sponde del torrente, in vicinanza della terminazione di via Torre è presente dislivello di poche decine di centimetri che corre in direzione NS da via fino al limite comunale.

Le sponde del torrente sono per larghi tratti protette da scogliere e muri; dove le protezioni non sono presenti sono talora visibili fenomeni di erosione al piede nella sponda esterna delle anse più strette (ad esempio nella curva a Nord della SP 166).

## 5 INQUADRAMENTO METEOCLIMATICO

In questo capitolo vengono forniti alcuni dati riassuntivi di temperatura e precipitazioni, basandosi sull'unione di set di dati non omogenei allo scopo di coprire il maggior arco di tempo possibile. Poichè i dati provengono da stazioni meteorologiche differenti, pur rimanendo in un intorno territoriale limitato, ogni considerazione e valutazione deve essere considerata con la dovuta cautela.

### 5.1 Temperatura

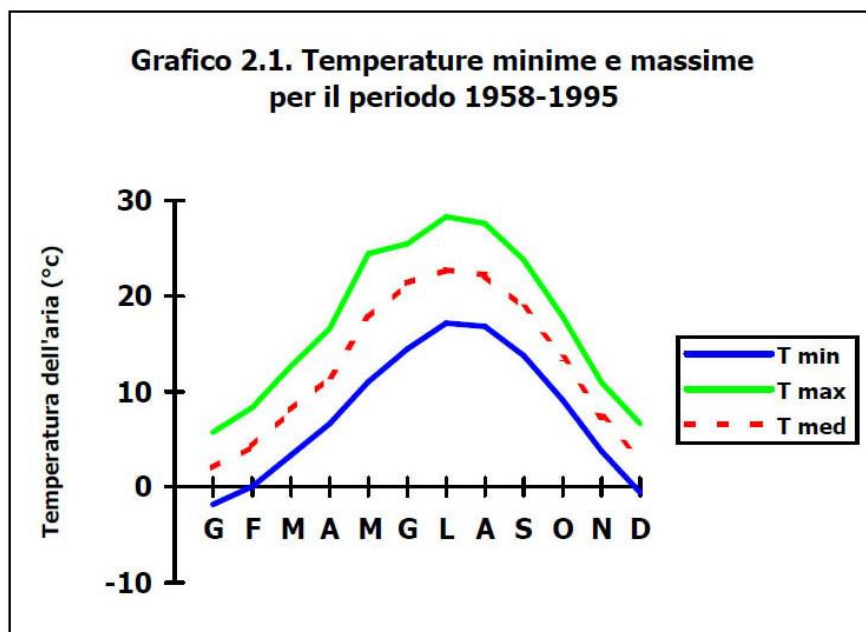
A Terno d'Isola non è presente una stazione meteorologica dell'ARPA o dell'aeronautica che possa fornire una serie temporale di una certa consistenza; per avere una serie di dati più completa ci si è quindi basati su più serie storiche derivanti da stazioni diverse e poste a distanza differente dal comune.

Per il periodo 1958-1995 ci si è rifatti alla relazione Anlus (2002) in cui sono presenti i dati delle serie storiche dedotti dalla stazione meteorologica della ex-Stazione Sperimentale di Maiscoltura di Bergamo (ora Sezione dell'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura) situata a Stezzano (BG).

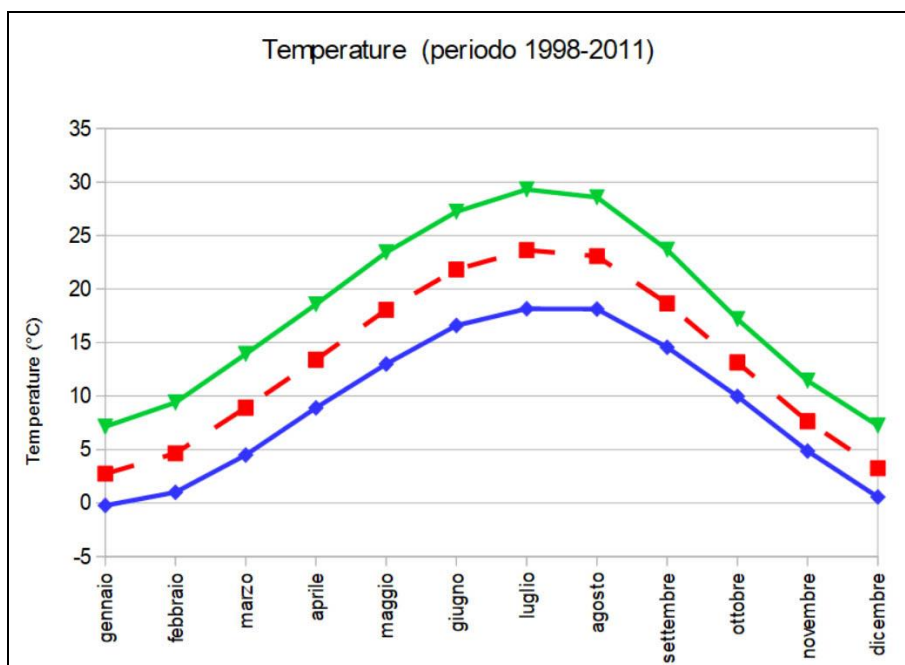
Per gli anni successivi è stata utilizzata la stazione meteorologica ARPA di Brembate di Sopra (Ponte Briolo), della quale sono disponibili i dati dal 24/07/1998 al 22/08/2011 e quella di Filago, attiva dal 1991 ad oggi.

Le serie di dati ARPA non sono però complete; sono presenti infatti alcuni periodi, anche consistenti di assenza di dati. Nella stazione di Brembate di Sopra l'interruzione maggiore è compresa tra periodi 24/11/2000-31/12/2001; 13/09/2002-17/06/2003; in quella di Filago le interruzioni maggiori sono 22/06/1996-07/09/1996; 7/1/1999-16/2/1999; 1/03/1999-02/04/1999; 06/12/1999-02/02/2000; 15/05/2000-15/06/2000.

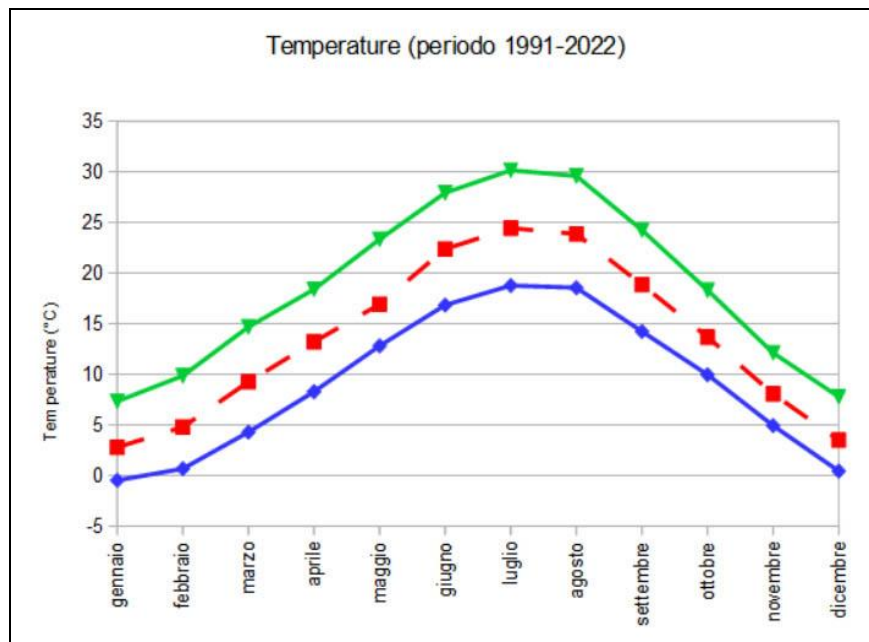
I dati relativi agli anni 1958-1995 sono riportati nella fig. 5.1 e nella tabella 5.1, quelli relativi alla stazione di Brembate (periodo 1998-2011, calcolati su base dati ARPA) sono riportati nella fig. 5.2 e tab. 5.2, mentre quelli della stazione di Filago, relativi agli anni 1991-2022, sempre su base dati ARPA, sono riportati in fig. 5.3 e tab. 5.3.



**Fig. 5.1** - Grafico delle temperature nel periodo 1958-1995 nella stazione di Stezzano come riportato nella relazione Anlus (2002)



**Fig. 5.2** - Grafico delle temperature nel periodo 1998-2011 nella stazione di Brembate di Sotto (elaborazione da dati ARPA)



**Fig. 5.3** - Grafico delle temperature nel periodo 1991-2022 nella stazione di Filago (elaborazione da dati ARPA)

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
T max	5,7	8,4	12,6	16,6	24,4	25,5	28,3	27,6	23,8	17,8	10,9	6,6
T min	-1,8	0,1	3,4	6,6	11	14,5	17,2	16,8	13,8	9,1	3,7	-0,6

**Tab. 5.1** - Media delle temperature massime e minime nella stazione di Stezzano per il periodo 1958-1995, come riportato nella relazione Anlus (2002). Dati in gradi centigradi.

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
T max	7,1	9,4	13,6	18,6	23,6	27,5	29,3	28,6	23,7	17,2	11,4	7,5
T min	-0,2	1	4,5	8,9	12,9	16,7	18,2	18,2	14,6	10	4,9	0,8
T media	2,7	4,6	8,6	13,4	18,1	22,1	23,7	23,1	18,7	13,1	7,6	3,5

**Tab. 5.2** - Media delle temperature massime, minime e medie per il periodo 1998-2011 calcolate in base ai dati Arpa della stazione di Brembate di sotto (dati scaricati a marzo 2022).

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
T max	7,3	9,8	14,7	18,4	23,3	27,9	30,1	29,5	24,2	18,3	12,1	7,8
T min	-0,5	0,7	4,3	8,3	12,8	16,8	18,8	18,5	14,2	9,6	4,9	0,4
T media	2,8	4,8	9,3	13,1	16,9	22,4	24,4	23,9	18,9	13,7	8	3,9

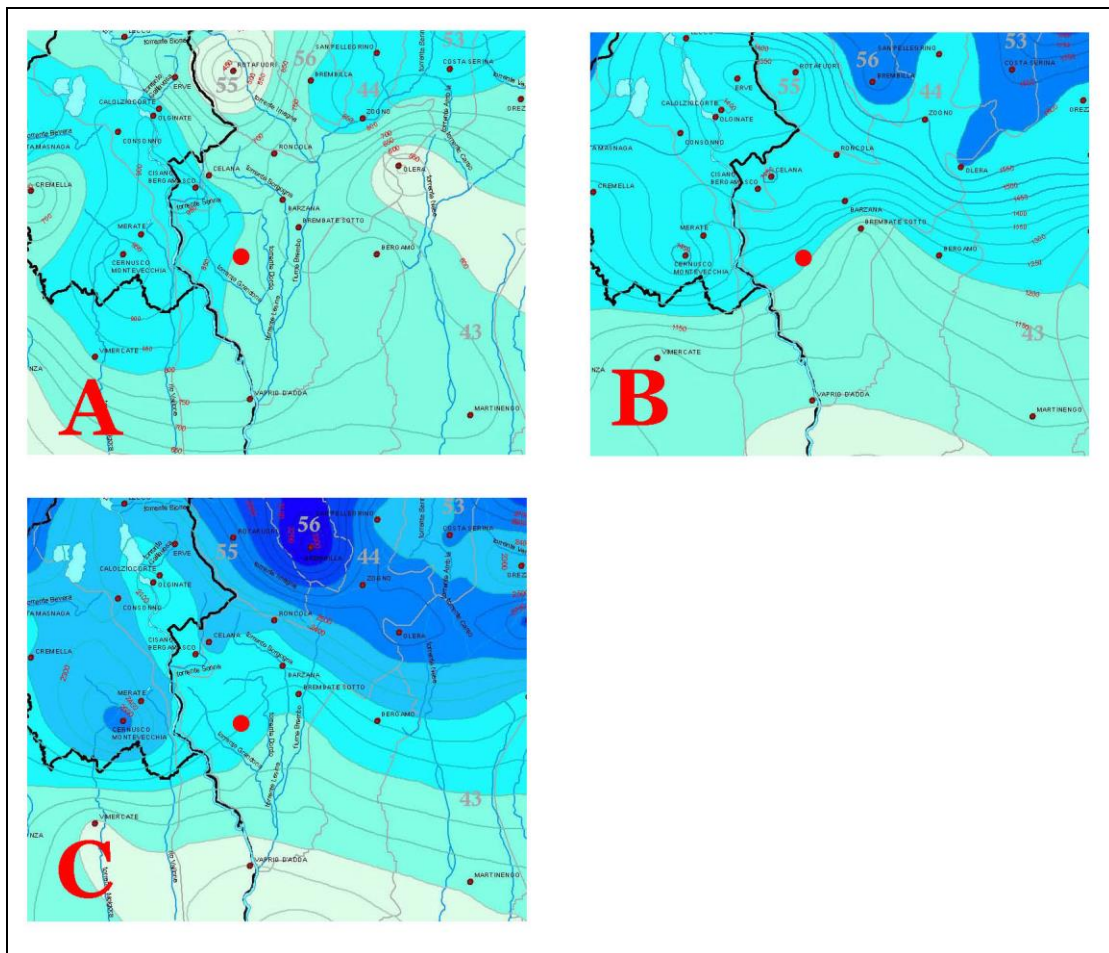
**Tab. 5.3** - Media delle temperature massime, minime e medie per il periodo 1991-2022 calcolate in base ai dati Arpa della stazione di Filago (dati scaricati a ottobre 2022).

Il mese più caldo risulta luglio (medie delle temperature minime e massime più elevata rispetto a quelle degli altri mesi) e il più freddo gennaio.

## 5.2 Precipitazioni

Per l'analisi delle precipitazioni ci si è basati sui dati disponibili nella relazione Anlus, 2002 che riprende i dati della stazione di Brembate (1956-1985), sui dati delle stazioni ARPA di Brembate di Sopra (1998-2011) e di Filago (1996-2022) e sulle carte della piovosità di Ceriani Carelli.

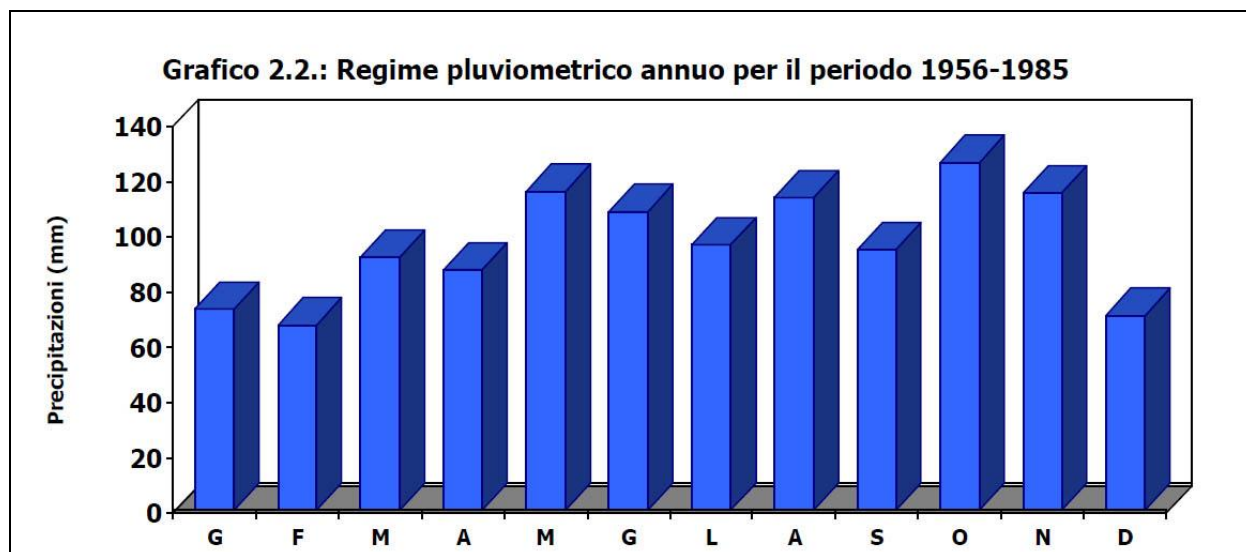
Le carte di piovosità ricostruiscono le precipitazioni massime, minime e medie annue sul territorio lombardo basandosi su serie storiche dal 1891 al 1990; da queste carte risulta che nel comune di Terno d'Isola le precipitazioni massime sono intorno agli 2000 mm, le precipitazioni medie sono intorno ai 1200 mm e quelle minime circa 800 mm.



**Fig. 5.4** - Stralcio delle Carte delle precipitazioni annue del territorio alpino lombardo registrate nel periodo 1891-1990. A = Valori minimi, B= valori medi; C= valori massimi

I dati pregressi contenuti nella relazione Anlus derivano dalla stazione di Brembate e

considerano il periodo dal 1958 al 1985. Nello studio sono riportati i valori delle precipitazioni medie mensili (fig. 5.5 e tab. 5.4).



**Fig. 5.5** - Grafico delle precipitazioni medie mensili nella stazione di Brembate per il periodo 1956-1985. Da relazione Anlus (2002)

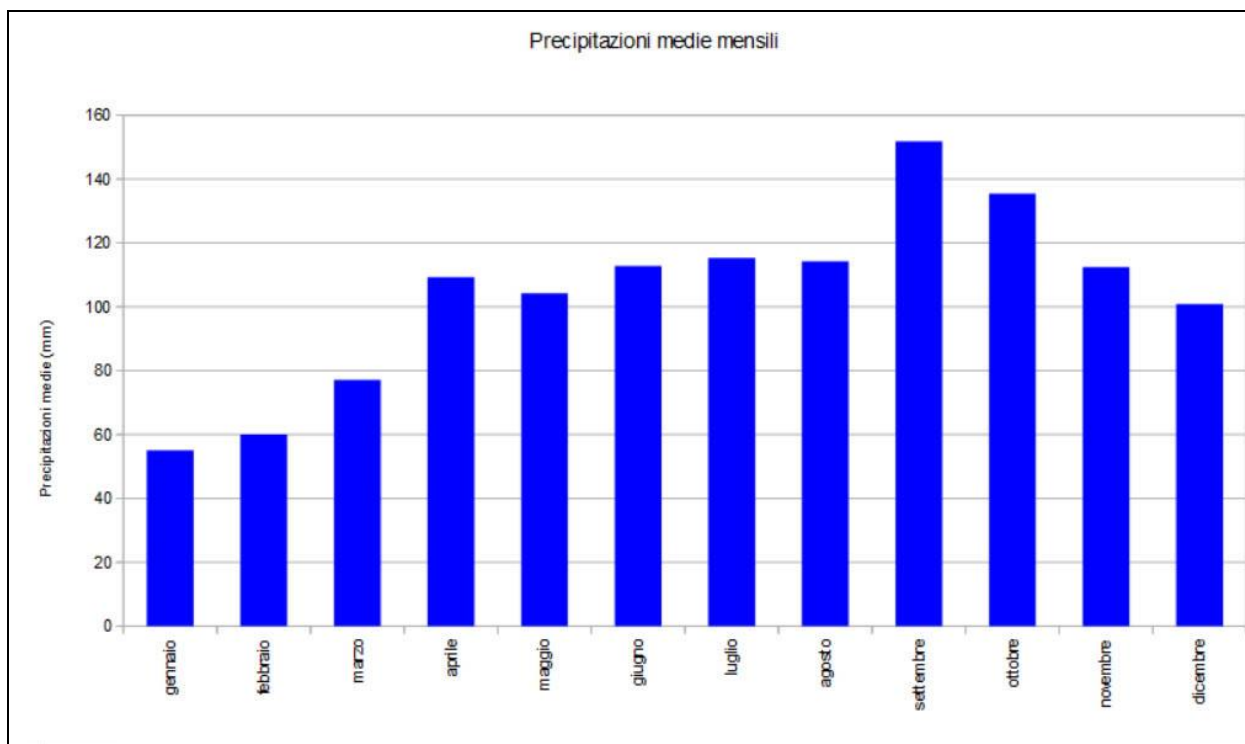
Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
media (mm)	73,8	68,1	92,7	88,1	116,5	109,3	97,2	114,3	95,5	127	116	71,5

**Tab. 5.4** - Valori di precipitazioni medie mensili nella stazione di Brembate per il periodo 1956-1985. Da relazione Anlus (2002)

Si può osservare come per le precipitazioni medie mensili il minimo sia febbraio mentre vi sono due massimi, uno incentrato a maggio (116 mm) e uno a ottobre (127 mm)

Nello stesso studio vengono riportati i valori medi annui per il periodo 1958--1985 che ammontano a 1170 mm, con minimo nel 1983 (820 mm) e massimo nel 1977 (1642 mm).

I dati della stazione di Brembate di Sopra per il periodo 1998-2011 sono riportati di seguito. Nel computo delle medie mensili sono stati esclusi i mesi il cui record risultava incompleto nella serie di dati.



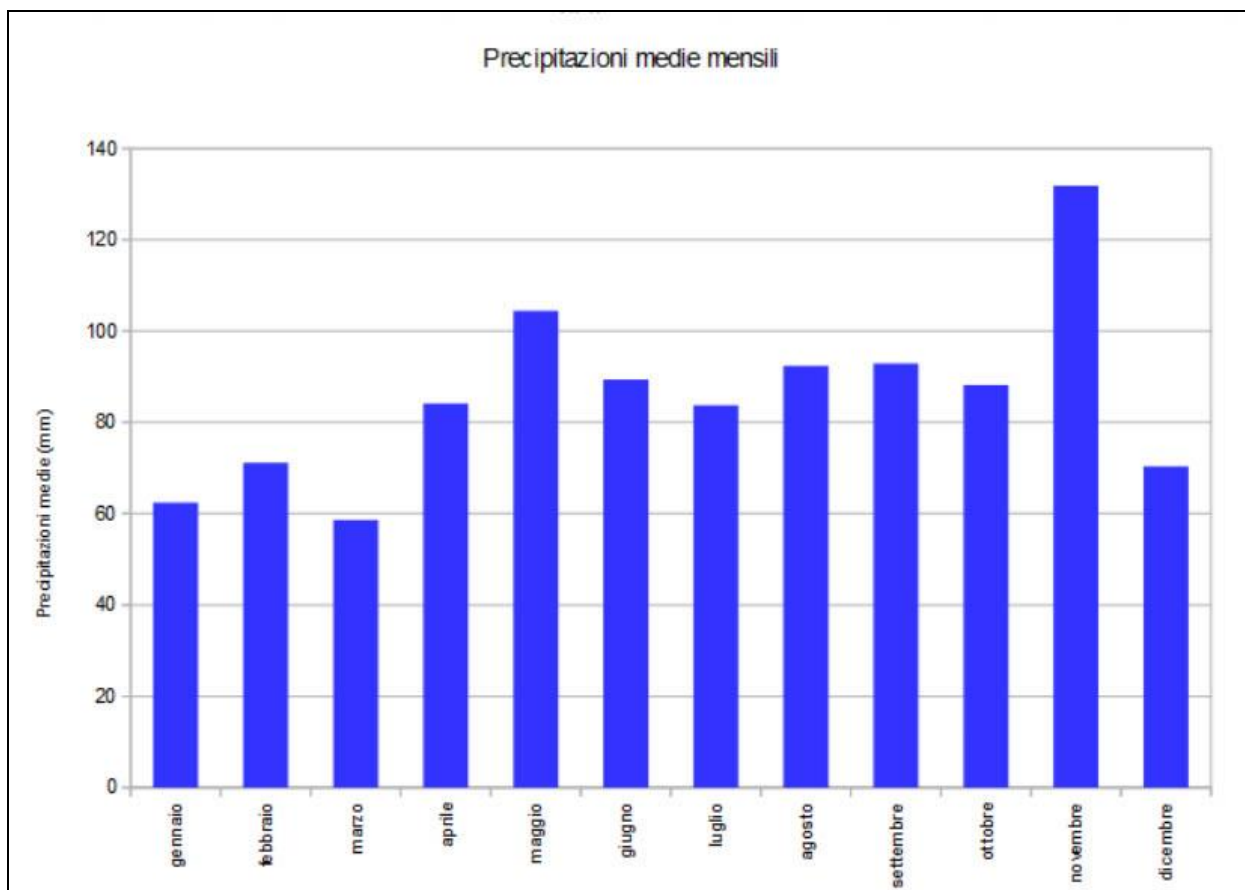
**Fig. 5.6** - Grafico delle precipitazioni medie mensili nella stazione di Brembate di sopra per il periodo 1998-2011. Elaborazione da dati ARPA.

Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
media (mm)	55	60	77	109,3	104,2	112,8	115,3	114,2	151,8	135,4	112,4	100,9

**Tab. 5.5** - Valori di precipitazioni medie mensili nella stazione di Brembate di sopra per il periodo 1998-2011. Elaborazione da dati ARPA

Dai dati osservati nella stazione di Brembate di Sopra, che non coprono però un intero trentennio, si osserva il minimo invernale incentrato su gennaio (55 mm) e il picco primaverile meno marcato rispetto a quanto registrato precedentemente. Il massimo delle precipitazioni (su media mensile) è osservabile a settembre (152 mm).

I dati della stazione di Filago sono riportati nella fig.5.7 e nella tab. 5.6.



**Fig. 5.7** - Grafico delle precipitazioni medie mensili nella stazione di Filago di sopra per il periodo 1991-2022 elaborazione da dati ARPA.

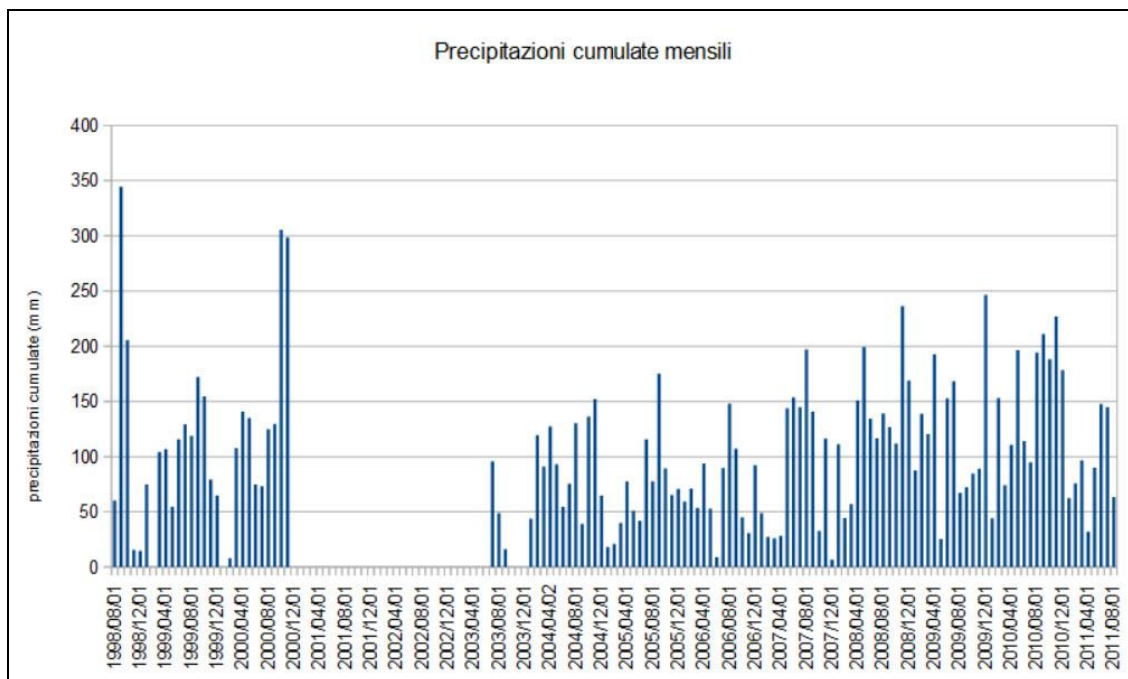
Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
media (mm)	62,4	71,1	58,6	84,2	104,4	89,4	83,7	92,3	92,9	88,1	131,9	74,4

**Tab. 5.6** - Valori di precipitazioni medie mensili nella stazione di Filago per il periodo 1991-2022. Elaborazione dati ARPA

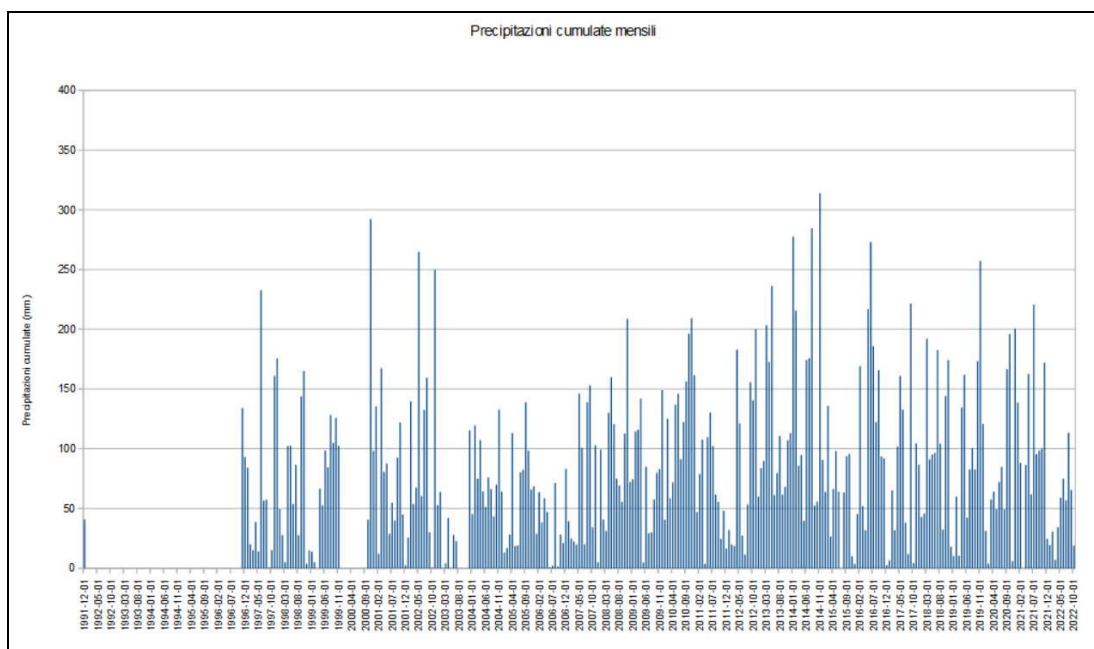
Anche per la stazione di Filago si può osservare un massimo primaverile e uno autunnale, centrato in questo caso su novembre anziché ottobre. Il minimo annuale è incentrato su marzo, mentre a Brembate è a gennaio.

In generale si nota che le precipitazioni a Filago sono leggermente inferiori rispetto a quelle di Brembate.

Le precipitazioni cumulate su base mensile nella stazione di Brembate di sotto nel periodo 1998-2011 sono riportate nella fig. 5.8.



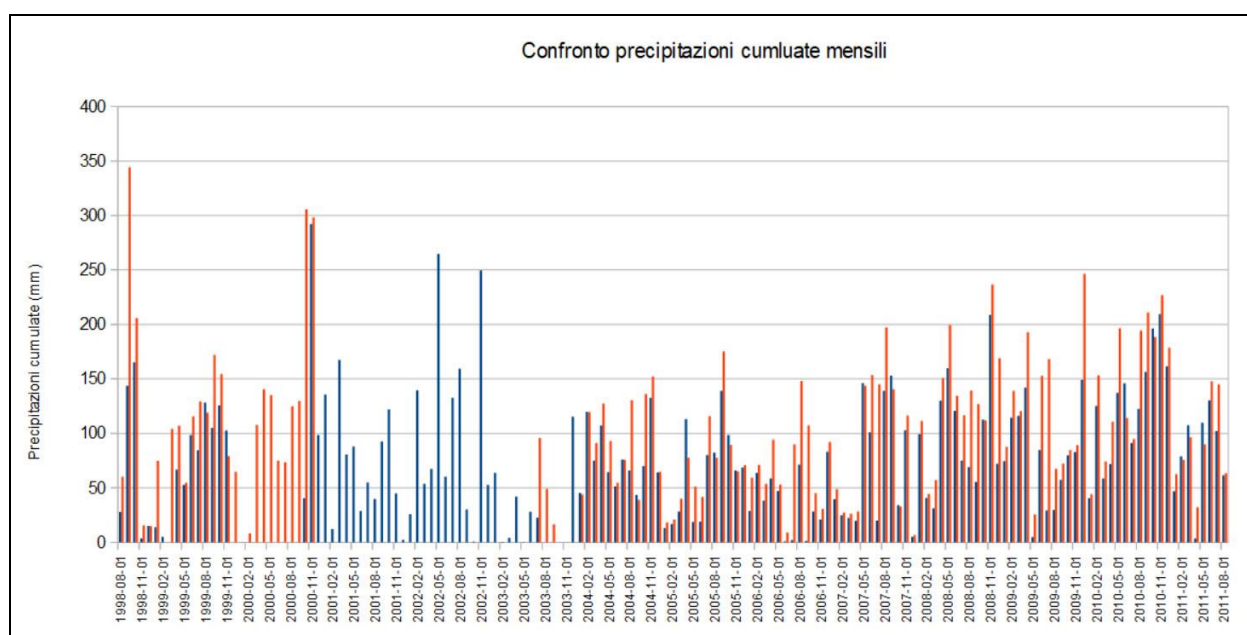
**Fig. 5.8** - Valori di precipitazioni cumulate mensili nella stazione di Brembate di Sotto per il periodo 1998-2011. Elaborazione dati ARPA



**Fig. 5.9** - Valori di precipitazioni cumulate mensili nella stazione di Filago per il periodo 1991-2022. Elaborazione dati ARPA

Analogamente sono state valutate le precipitazioni cumulate mensili nel periodo 1991-2022 in base ai dati della stazione di Filago; è da notare il lungo intervallo di tempo di assenza di dati tra il 1992 e il 1996. L'andamento, calcolato sul trentennio, mostra una tendenza ad un aumento della piovosità tuttavia qualunque considerazione basata su una sola stazione deve sempre essere valutata con attenzione.

Confrontando i valori delle due stazioni, per il periodo di ricoprimento, si può osservare come l'andamento delle precipitazioni sia simile e che in corrispondenza della stazione di Brembate le precipitazioni siano in genere maggiori (vedi fig. 5.10)



**Fig. 5.10** - Confronto tra i valori di precipitazioni cumulate mensili nella stazione di Filago (in blu) e in quella di Brembate (in rosso) per il periodo 1998-2011. Elaborazione dati ARPA

Sono stati inoltre valutati i giorni di pioggia intensa (precipitazione giornaliera > 20mm) e di pioggia molto intensa (precipitazione giornaliera > 50 mm).

Nella stazione di Brembate di sopra (1998-2011) risulta che il massimo numero di giorni con pioggia maggiore di 50 mm è concentrato nel mese di agosto, settembre e ottobre; analoga situazione si ha per i giorni con precipitazioni maggiori di 20 mm.

Nella stazione di Filago, invece, il mese con maggior numero di giorni di pioggia maggiori di 50 mm è agosto, mentre i giorni con piogge maggiori di 20 mm sono concentrati nel periodo ottobre-novembre.

Per quanto riguarda i valori massimi raggiunti, a Brembate di sotto si sono registrati tre giorni con pioggia superiore ai 100 mm (175 mm il 3/9/98; 134,2 mm il 2/07/07 e 102,4 mm il 8/12/09), mentre a Filago non si è mai superata la soglia di 100 mm e i valori massimi sono 95,8 mm il 15/09/2016, 82 mm il 27/05/2011 e 80,2 mm il 10/09/2017.

Per quanto riguarda gli episodi intensi sono stati considerati anche i dati riportati nella Relazione tecnica idrologia e idraulica del Progetto preliminare delle opere di sistemazione delle sponde del torrente Buliga (1996) che considera la stazione di Treviglio come analoga della situazione presente sul bacino del Buliga; di essa vengono riportati i dati di precipitazioni intense a partire dal 1951 al 1969. I dati sono riportati nella fig. 5.11.

TABELLA 1 - PRECIPITAZIONI DI FORTE INTENSITA' E BREVE DURATA			
ANNO	MESE	DURATA (minuti)	ALTEZZA (mm)
1951	12-Lug	25	16.20
	21-Ago	25	24.20
1952	28-Lug	30	18.40
	8-Set	35	11.20
1954	22-Ago	35	22.00
1955	28-Mag	10	9.20
	10-Lug	40	55.00
1956	15-Lug	35	30.20
	18-Giu	50	12.00
1957	2-Lug	30	14.00
	1-Mag	35	17.60
1958	10-Lug	35	18.00
	18-Lug	30	26.60
1959	7-Ago	10	7.00
	22-Ago	15	8.00
1960	20-Giu	30	25.00
	11-Ago	40	29.00
1961	16-Set	45	21.60
	18-Set	45	24.00
1962	19-Set	40	21.80
	17-Giu	55	50.00
1963	5-Ago	45	16.40
	8-Nov	25	12.60
1964	6-Ago	35	28.40
	23-Lug	30	20.00
1965	8-Ott	45	20.00
1966	10-Ago	20	18.60
	12-Ott	15	12.00
1967	16-Ott	10	11.00
	8-Giu	20	19.00
1969	13-Lug	15	14.00
	10	10	17.00
1969	22-Lug	10	12.00
	14-Ago	10	11.00
	9-Set	30	30.00

**Fig. 5.11** - Precipitazioni intense misurate nella stazione di Treviglio. Da Relazione tecnica idrologia e idraulica del Progetto preliminare delle opere di sistemazione delle sponde del Torrente Buliga (1996)

Per la definizione degli eventi intensi sono stati considerati anche i dati orari della stazione di Brembate di sopra (1998-2011) e di Filago (1991-2022). Gli eventi più intensi sono concentrati per lo più nei mesi di luglio e agosto a Brembate e luglio, agosto e settembre a Filago. I dati sono riportati nella tabella seguente.

Stazione Brembate di Sopra			Stazione Filago		
Data	Ora	mm/h	Data	Ora	mm/h
1998/09/04	00:00	175	2016/06/26	21:00	49,4
2008/08/06	19:00	88,8	2000/08/04	18:00	44
2011/07/07	19:00	65,2	2017/05/12	00:00	43,6
2009/07/07	07:00	60,2	2022/08/15	20:00	43,4
2007/07/02	14:00	54	2016/09/15	10:00	41,4
2007/07/02	13:00	52,8	2011/07/07	19:00	38,8
2008/07/31	01:00	46,6	2022/06/23	21:00	38,8
2009/07/17	16:00	38,4	2000/08/05	00:00	38
2009/06/25	21:00	33,4	2016/05/29	18:00	37,6
2009/08/10	02:00	33,2	2013/07/29	16:00	35,4
2004/08/05	07:00	30,4	2011/05/27	18:00	34,8
2007/08/30	10:00	26,6	2007/08/30	07:00	34,4
2005/09/08	22:00	26,4	2008/10/28	16:00	33,6
2000/08/31	16:00	26,2	2014/08/16	03:00	33,6
1998/09/05	10:00	25,6	2016/09/15	11:00	33,6
2006/07/07	16:00	25,6	2010/06/19	15:00	32,8
2003/08/24	23:00	24,4	2014/06/25	07:00	31,2
2005/09/09	11:00	24,2	2018/07/27	00:00	30,8
2004/08/05	08:00	23,6	2019/08/07	20:00	30,6
2005/07/01	02:00	23,2	2021/08/01	15:00	29,6
2010/08/14	21:00	22,6	2021/07/25	17:00	29,4
1998/10/19	10:00	22,2	2020/09/07	07:00	28,2
2010/09/18	12:00	22	2016/05/31	15:00	27,2
2000/09/20	16:00	21,4	2000/08/04	17:00	27
2004/11/02	05:00	21,2	2016/06/08	17:00	26,8
2008/05/18	04:00	21,2	2021/07/08	17:00	26,8
2010/07/29	10:00	20,8	2014/08/28	05:00	26,6
2008/09/01	02:00	20,6	2010/06/17	20:00	26,2
2004/08/20	20:00	20,4	2021/07/04	14:00	26,2
2007/08/30	08:00	20,4	2013/05/17	04:00	26
2005/09/17	11:00	20	2019/10/21	06:00	26
			2018/06/12	20:00	25,8
			2020/10/11	01:00	25,4
			2016/07/31	06:00	25,2
			2000/08/03	13:00	25
			2002/08/09	01:00	24,8
			2016/08/30	01:00	24,8
			2021/07/04	15:00	24,8

				2002/07/13	02:00	24,6
				2021/07/07	19:00	24,4
				2017/09/10	13:00	24
				2008/07/01	04:00	23,6
				2010/09/25	00:00	23,6
				2016/08/05	08:00	23
				2018/10/29	18:00	22,8
				2021/10/04	20:00	22,8
				1997/06/26	21:00	22,2
				2021/07/26	06:00	22
				2009/12/02	16:00	21,8
				2012/09/24	14:00	21,8
				2016/07/27	23:00	21,8
				2016/08/05	04:00	21,8
				2020/09/22	20:00	21,8
				2011/03/19	18:00	21,6
				2001/10/20	23:00	21,2
				2020/07/24	06:00	21,2
				2014/08/12	20:00	21
				2018/07/05	03:00	21
				1991/12/11	10:00	20,8
				2022/07/29	18:00	20,8
				2004/07/24	09:00	20,6
				2005/09/09	12:00	20,6
				2008/08/06	19:00	20,6
				2010/09/18	17:00	20,6
				2014/06/25	09:00	20,6
				2006/08/03	02:00	20,4
				2021/05/14	17:00	20,4
				2008/07/31	01:00	20,2
				2018/05/09	18:00	20

**Tab. 5.7 - Eventi intensi registrati nelle stazioni di Brembate di Sopra e di Filago (elaborazione dati ARPA Lombardia)**

Per la stazione di Brembate di sopra sono stati consultati anche i dati semiorari. Gli eventi così riportati sono stati analizzati con i dati registrati ogni 10 minuti, disponibili per la stazione in esame dal 24 aprile 2004. Il picco maggiore si è avuto con 26,4 mm di pioggia caduti in 10 minuti in un evento che ha portato in 30 minuti 58 mm di pioggia. Gli eventi con picchi superiori ai 10 mm/10 minuti sono riportati nella tabella seguente

data	ora	mm	data	ora	mm	data	ora	mm
2011/07/07	18:20	26,4	2005/09/17	10:30	16,4	2008/08/06	19:00	12,8
2008/08/06	18:40	22,4	2009/07/07	06:30	15,6	2009/07/07	06:40	12,8
2008/08/06	18:50	21,6	2008/09/01	01:10	15,2	2011/05/27	18:00	12,6
2009/07/17	16:00	20,8	2006/07/07	15:50	14,8	2004/08/20	19:20	12,2

2007/08/30	09:40	20,2	2007/08/30	07:10	14,6	2004/08/05	07:00	11,8
2010/07/29	10:00	20	2004/08/05	06:50	14,4	2008/08/06	18:10	11,8
2007/07/02	13:00	19,4	2005/06/29	20:10	14,4	2009/06/25	20:40	11,2
2011/07/07	18:30	19	2005/07/01	01:50	14,2	2010/08/15	00:20	10,8
2009/07/07	06:20	18,4	2005/09/09	10:50	13,8	2008/08/06	18:30	10,6
2009/08/10	01:20	18,4	2009/07/17	15:50	13,8	2009/06/25	20:50	10,4
2007/07/02	12:50	18,2	2007/07/02	13:20	13,2	2009/07/07	06:10	10,4
2007/07/02	13:10	18	2011/07/07	18:10	13	2005/09/08	21:40	10
2008/07/31	00:30	16,6	2008/07/31	00:40	12,8	2011/08/05	23:00	10

**Tab. 5.8** - Eventi intensi registrati nella stazione di Brembate di Sopra su base semioraria (elaborazione dati ARPA Lombardia)

Per la stazione di Filago sono inoltre disponibili i massimi registrati su intervalli orari differenti per il periodo dal 1992 al 2011 ([http://idro.arpalombardia.it/manual/DATI\\_LSPP.htm](http://idro.arpalombardia.it/manual/DATI_LSPP.htm)).

anno	Rmax 1h	Rmax 3h	Rmax 6h	Rmax 12h	Rmax 24h	Completezza %
1992	4,8	8,72	9,44	9,72	13,16	91,42
1993	2,6	3,72	6,32	9,12	11,2	92,82
1994	4,2	6,04	8,08	8,8	12,7	92,4
1995	4,8	6,28	6,28	7,56	10,72	92,91
1997	22,2	32,2	50,2	75	90,8	97,45
2002	24,8	35,6	43,2	63,6	92,8	99,98
2003	19,4	24,6	24,8	25	40,8	96
2004	20,6	30,6	39,8	46	54	99,93
2005	20,6	44	49,4	51,4	79,6	96
2006	20,4	34,6	47,8	61,8	68	97,15
2007	34,4	45,2	70,2	70,2	73,8	96,44
2008	33,6	35	44,2	59,6	73,4	97,42
2009	21,8	24	29	38,6	44,4	96,48
2010	32,8	39,6	59	65,2	76	97,65
2011	38,8	61	75,4	82	82,2	96,84

**Tab. 5.9** - Valori massimi registrati nella stazione di Filago (dati ARPA Lombardia)

Oltre a verificare gli eventi intensi registrati nelle stazioni limitrofe, data l'importanza che essi rivestono nella progettazione delle opere e nella tutela e gestione del territorio in genere, sono riportate anche le valutazioni derivanti dall'uso delle "linee segnalatrici di probabilità pluviometrica" che consentono di ottenere una previsione "stocastica" delle precipitazioni di forte intensità e breve durata.

Il calcolo delle precipitazioni viene eseguito assumendo preventivamente, attraverso la "Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica" (L.S.P.P.) caratteristica del sito in esame, una

relazione tra la durata e l'altezza di pioggia ragguagliata all'area del bacino considerato, per un assegnato tempo di ritorno, elaborata sulla base dei dati disponibili.

L'assunzione di base del modello è che la L.S.P.P. possa essere espressa con ragionevole approssimazione da una relazione monomia del tipo:

$$h_d(T) = a \times d^n$$

ove:  $a$  (normalmente espresso in mm) è l'altezza di pioggia di durata oraria mediamente attesa;  $T$  è il tempo di ritorno assunto;  $n$  (fattore di scala) è un esponente che viene considerato indipendente da  $T$ , nell'ipotesi che per tutte le diverse durate di precipitazione la variabile casuale costituita dalla corrispondente massima altezza annua di precipitazione sia distribuita secondo un'unica legge e con un unico valore del coefficiente di variazione.

La caratterizzazione idrologica del sito viene operata ricorrendo alle analisi condotte sull'intero territorio regionale a cura di ARPA Lombardia, che individuano per le curve di possibilità climatica due differenti formati, rispettivamente per durate di pioggia comprese tra 1h e 24h, e per durate comprese tra un giorno e cinque giorni.

Per il caso di durate di pioggia inferiori a 24h, la curva viene espressa con la seguente espressione:

$$h_T(D) = \alpha_1 \times w_T \times D^n$$

nella quale il termine generico  $a$  della formulazione generale in precedenza illustrata è espresso come prodotto fra due fattori:

$\alpha_1$  (coefficiente pluviometrico orario) è un parametro di intensità, caratteristico del sito, che maniera indipendente dal tempo di ritorno dà indicazione della sua piovosità oraria;

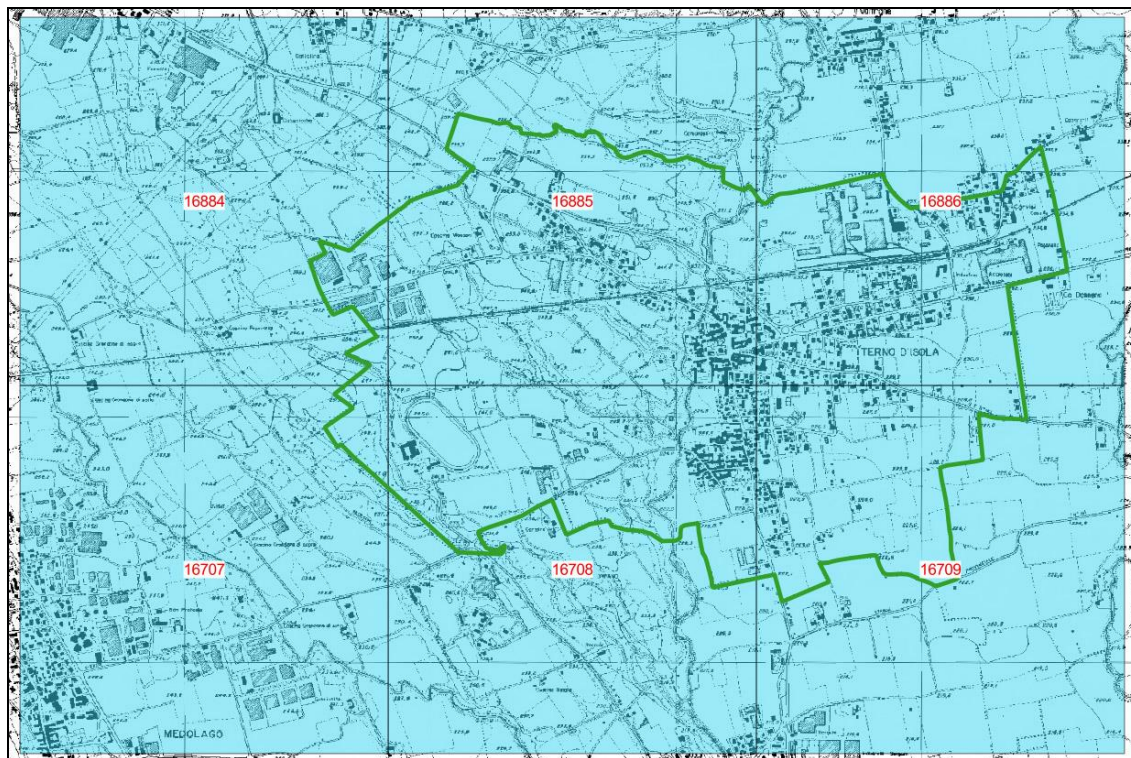
$w_T$  è un fattore di moltiplicazione del coefficiente pluviometrico orario, dipendente dal tempo di ritorno assunto ( $T$ , espresso in anni) attraverso la relazione che segue:

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \times \left\{ 1 - \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

ove  $\alpha$ ,  $k$ ,  $\varepsilon$  sono i parametri della distribuzione probabilistica G.E.V che descrive la distribuzione statistica degli eventi di pioggia più intensi rilevabili nel sito.

I parametri statistici di cui sopra dipendono dalla sola posizione geografica; ARPA Lombardia, tramite il sistema informativo idrologico - SIDRO (<https://idro.arpalombardia.it/it/map/sidro/>), rende disponibile la loro distribuzione spaziale discretizzandola planimetricamente in celle quadrate di lato pari a circa 1,4 km.

Il territorio di Terno d'Isola è coperto interamente da 6 celle quadrate, come meglio si osserva dalla figura seguente. Per ognuna di queste celle sono indicati i parametri statistici.



**Fig. 5.12** - Rappresentazione spaziale delle celle caratterizzate da propri parametri statistici delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (fonte: Sistema Informativo Idrologico, ARPA Lombardia)

Nelle tabelle seguenti sono riportati i valori dei parametri di ogni singola cella (Tab. 5.10) e le relative altezze delle piogge attese per precipitazioni della durata di un'ora per diversi tempi di ritorno (Tab. 5.11).

ID Cella	$a_1$ [mm]	$n$	$\alpha$	$k$	$\epsilon$
16884	30,86	0,3001	0,2997	-0,0101	0,8237
16885	30,72	0,2996	0,2990	-0,0119	0,8238
16886	30,63	0,3	0,2999	-0,0130	0,8228
16707	30,76	0,3009	0,2989	-0,0118	0,8237
16708	30,72	0,2982	0,2994	-0,0135	0,8230
16709	30,62	0,2983	0,2994	-0,0117	0,8236

**Tab. 5.10** - Valori dei parametri per la determinazione delle L.S.P.P. nelle diverse celle in cui ricade il comune di Terno d'Isola. Dal sistema informativo idrologico - SIDRO.

Sulla base delle relazioni di calcolo e dei valori delle L.S.P.P. sono state determinate le altezze di pioggia attese, per un evento di durata pari ad 1 ora e per tempi di ritorno di 10, 50 e 100 anni.

cella	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni
	mm di precipitazione						
16884	28,8	39,4	46,5	53,3	62,2	69,0	75,7
16885	28,7	39,2	46,3	53,1	62,0	68,7	75,5
16886	28,6	39,1	46,2	53,0	62,0	68,8	75,6
16707	28,7	39,3	46,3	53,1	62,0	68,8	75,6
16708	28,7	39,2	46,3	53,2	62,1	68,9	75,8
16709	28,6	39,1	46,1	52,9	61,8	68,6	75,3

**Tab. 5.11** - Altezze di pioggia attese per diversi tempi di ritorno per precipitazioni della durata di un'ora nelle diverse celle. Dal sistema informativo idrologico - SIDRO.

## **6 GEOLOGIA**

La geologia del territorio di Terno d'Isola è illustrata alla tav. 1 - Carta Geologica

Per la descrizione si fa riferimento alla Carta geologica della Provincia di Bergamo, alla Carta geologica d'Italia, (scala 1:50.000) foglio 097 Vimercate, e a osservazioni e rilevamenti in loco.

Nel territorio sono presenti in superficie solo depositi quaternari, mancando totalmente le unità di substrato; in particolare le unità spaziano da quelle più recenti (Oloceniche) a unità molto antiche, risalenti al Pleistocene inferiore.

La distribuzione delle unità superficiali non è omogenea ma ha una netta separazione; nel settore Ovest, sul pianalto, sono presenti le unità più antiche, mentre nel settore orientale, posto a quota inferiore, sono presenti le unità più giovani. Lungo le scarpate maggiori e nei solchi vallivi sono presenti coltri di materiali colluviali, derivati dal progressivo rimaneggiamento, ad opera della gravità e delle acque correnti, dei depositi alterati delle unità più antiche.

### **6.1 INQUADRAMENTO GENERALE**

I depositi che interessano il territorio di Terno d'Isola appartengono interamente alla serie Neogenica Quaternaria.

Si tratta di depositi che sono messi in posto nelle ultime fasi dell'evoluzione del territorio in esame, quando ormai l'assetto strutturale e l'ossatura dei rilievi era già consolidata, sebbene l'idrografia potesse avere un andamento differente dall'attuale.

A partire dal Pliocene, il vasto golfo che aveva riempito l'attuale valle Padana, spingendosi entro le maggiori valli alpine, venne progressivamente riempito dai materiali provenienti dai fiumi che scendevano dalle valli alpine e prealpine; nell'area di Terno d'Isola i maggiori fiumi sono il Brembo e l'Adda.

A questo si aggiunge, a partire dal Pliocene superiore, un drastico cambiamento climatico che ha portato a numerose glaciazioni; ogni glaciazione, a sua volta, ha comportato l'avanzata dei ghiacciai alpini che si spinsero dalla grandi vallate fino allo sbocco sulla pianura dove le lingue glaciali si aprivano formando imponenti edifici di forma grosso modo semicircolare (gli anfiteatri morenici). A ogni glaciazione si sommavano eventi erosivi e riempimento di valli, formazione di morene, piane fluvioglaciali che si giustapponevano le une alle altre.

Nel caso specifico, Terno d'Isola si trova in zona di confine in quanto è posizionato al limite dell'anfiteatro dell'Adda. La morfologia e la disposizione dei depositi quaternari è condizionata

dalla presenza del rilievo di Pontida che ha diviso in due parti la parte orientale dell'anfiteatro dell'Adda.

Poichè la genesi dei depositi è discontinua e si sono succedute numerose fasi di erosione e deposizione, la costituzione geologica del territorio appare estremamente eterogenea anche nel sottosuolo; l'ambiente continentale è caratterizzato da forti variazioni di facies (e quindi litologie e/o associazioni di litologie) sia laterali che verticali, che riflettono la varietà degli ambienti deposizionali. Possono essere quindi presenti corpi ghiaiosi a contatto con lenti e corpi sabbiosi, livelli limosi e argillosi, spesso con limiti abrupti e non determinabili a priori.

A questo si aggiunge il fatto che la presenza di più cicli glaciali/interglaciali ha fatto sì che le porzioni di territorio più antiche abbiano sviluppato un'alterazione (e quindi di frazione argillosa nel suolo) maggiore rispetto a quelle più recenti; inoltre, date le dinamiche di deposizione/erosione, nel sottosuolo possono essere presenti livelli alterati, gli antichi suoli, sepolti da materiale più giovane e quindi meno alterato.

La presenza nelle vicinanze di antichi ghiacciai ha inoltre permesso l'accumulo, sulle porzioni più antiche, di coltri di spessore variabili di sedimenti loessici caratterizzati da granulometria fine e, in virtù dell'età dei sedimenti, da alterazione anche consistente.

Sulle scarpate e nelle valli minori il materiale alterato ha subito la dinamica geomorfologica, dando origine a coltri di materiale in genere fine che si è messo in posto durante un lungo arco di tempo.

Nei paragrafi seguenti verranno analizzate le unità riscontrate nella territorio di Terno d'Isola, sia in superficie che in sottosuolo, utilizzando la nomenclatura del Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 nella quale Terno d'Isola rientra nel foglio 097 Vimercate.

#### **6.1.1 Formazione di Trezzo sull'Adda,**

E' presente sul territorio solo in un piccolissimo areale a sud; la sua presenza è ricostruita in base alla continuità geometrica con la restante parte del pianalto, dato che nel territorio comunale non sono presenti affioramenti.

Si tratta di una unità antica, costituita dall'alterazione del Ceppo dell'Adda, descritto nei paragrafi successivi. L'unità è totalmente alterata ed è costituita da ghiaie a supporto clastico e di matrice. Si caratterizza per un limite a organi geologici con il sottostante Ceppo dell'Adda, che porta a marcate variazioni laterali nelle caratteristiche del sottosuolo.

### **6.1.2 Supersintema del Bozzente**

Nell' cartografia geologica alla scala 1:50.000 questa unità è stata riconosciuta, nel territorio comunale, solo lungo la scarpata del pianalto nella parte più settentrionale. Il rilevamento alla scala comunale ha permesso di evidenziare affioramenti di questa unità ai piedi dei versanti di alcune scarpate della Valle del Luf e della Valle Vallone, in particolare nella zona poco a Sud della ferrovia e in corrispondenza delle anse dei corsi d'acqua, dove l'erosione lungo la sponda esterna è maggiore; spesso depositi fortemente alterati riconducibili al Supersintema del Bozzente sono visibili nel letto dei torrenti che scorrono nelle valli sopracitate. Sebbene quindi l'estensione in affioramento sia limitata, anche a causa delle coperture colluviali, di fatto questa unità verosimilmente si estende a costituire l'ossatura del pianalto. Ulteriore conferma di questo è la presenza di loess appartenenti alla Formazione di Monte Carmelo, anch'essi rinvenuti in sporadici affioramenti che implica necessariamente la presenza inferiormente ad esso di depositi più antichi.

Il Supersintema del Bozzente è costituito dai depositi relativi alle glaciazioni più antiche che abbiano lasciato ancora morfologie estese. Nella zona in esame sono costituiti da depositi fluvio-glaciali che si caratterizzano per la marcata alterazione che interessa la quasi totalità dei clasti.

Nell'ambito dell'unità le ghiaie possono essere a supporto clastico o di matrice, con matrice limoso argillosa arrossata. Le rocce sedimentarie sono totalmente alterate, i ciottoli di metamorfiti risultano facilmente sfaldabili e le rocce intrusive presentano cortex di alterazione da millimetrici a centimetrici.

Sono presenti anche patine e noduli di Fe- Mn. Il limitato spessore degli affioramenti nel settore a Est dell'Adda non consente di determinare il limite di base. Essi devono comunque, per motivi geometrici, essere eteropici con il coevo Sintema di Valtrighe.



**Fig. 6.1** - Ghiaie alterate del Supersistema del Bozzente. Si notano i ciottoli completamente arenizzati e con cortex.

### **6.1.3 Formazione di Monte Carmelo**

La formazione di Monte Carmelo è un deposito loessico molto antico; si tratta quindi di limi argillosi massivi fortemente alterati; come per tutte le coltri loessiche lo spessore è molto variabile dipendendo in parte anche dalle irregolarità della morfologia originaria.

L'alterazione ha portato all'arricchimento in argilla con intensa rubefazione e presenza di screziature e glosse decolorate e patine/noduli di Ferro/Manganese.

Affiora nella parte settentrionale del pianalto di Sotto il Monte e quindi interessa marginalmente l'area nord di Terno d'Isola.



**Fig. 6.2** - Sequenza sommitale dei loess a tetto del pianalto.

#### **6.1.4 Sintema della Specola**

Nell'area di Terno d'Isola questa unità è rappresentata da depositi fluvioglaciali. Si tratta di ghiaie sia a supporto di matrice che a supporto clastico che possono presentare lenti sabbiose. I ciottoli sono di dimensioni in genere centimetriche e decimetriche. In parte corrisponde all'Unità di Medolago. Il Sintema della Specola è caratterizzato per la presenza di alterazione che interessa tutti i ciottoli di natura carbonatica e i ciottoli cristallini e metamorfici sono per la maggior parte alterati passando da ciottoli totalmente arenizzati a ciottoli con cortex. L'alterazione può raggiungere spessori di 6 - 8 m ed è caratterizzata da una discreta rubefazione dei depositi.

L'unità affiora, da un punto di vista generale, nella parte esterna dell'Anfiteatro di Villa d'Adda; nello specifico sul territorio comunale interessa in pratica la quasi totalità della superficie del pianalto; infatti solo limitate porzioni a Nord, all'incirca oltre la SP 166, e una limitatissima porzione a Sud sono interessate, superficialmente, da unità diverse.

#### **6.1.5 Sintema di Binago**

I depositi appartenenti a questa unità non sono stati osservati direttamente, ma la loro collocazione viene desunta dalle cartografie di dettaglio alla scala 1:10.000 del foglio 097 Vimercate della Carta Geologica d'Italia. L'unica area in cui è segnalata la presenza di questi

depositi è lungo la scarpata del pianalto, tra via delle Castagne e via Mercato. Al momento dei sopralluoghi, tuttavia, i depositi non erano raggiungibili.

Il sintema di Binago è costituito da depositi con alterazione intermedia tra i depositi del Sintema della Specola e quelli del Supersintema di Besnate. Si tratta di ghiaie con dimensioni dei ciottoli in genere centimetriche, poligeniche; l'alterazione interessa principalmente i calcari, che sono argillificati, mentre le rocce endogene metamorfiche presentano alterazione variabile da totale arenizzazione a presenza di cortex millimetrici a seconda della litologia. Il colore di alterazione è 7,5 YR. Nell'ambito comunale è presente un solo affioramento e l'unità non dà luogo a morfologie specifiche; si tratta quindi molto probabilmente di un "lembo" di depositi rimasto addossato al corpo del terrazzo principale, più antico.

#### **6.1.6 Supersintema di Besnate**

Questa unità costituisce tutta la piana a Est, ribassata rispetto al pianalto che, nel foglio 097 - Vimercate della Carta Geologica d'Italia, è indicato come Supersintema di Besnate indifferenziato. Si tratta di depositi fluvioglaciali, appartenenti alla grande piana in continuità con il torrente Dordo, posto più a Est. La piana trae origine a Nord, nella valle di Pontida. Come per tutte le unità fluvioglaciali si tratta per lo più di ghiaie a supporto di matrice o clasti rozzamente organizzate in livelli; la matrice è in genere sabbioso limosa e i ciottoli che possono arrivare a 20 cm. Possono essere presenti nelle parti sommitali limi argillosi a ciottoli fluviali sparsi.

La copertura loessica è assente e l'alterazione è marcatamente inferiore a quella delle unità più antiche. La profondità di alterazione raggiunge i 4 m; i carbonati sono in genere alterati fino a questa profondità, mentre le rocce cristalline sono alterate in misura inferiore, essendo interessato il 10-20% dei ciottoli che può arrivare al 50% nei livelli più superficiali. La morfologia pianeggiante, con la conseguenza assenza di scarpate significative, impedisce una visione diretta dell'unità per la cui descrizione quindi si fa riferimento alla bibliografia esistente. E' possibile che alcuni terrazzi di ridotta estensione compresi nelle valli che tagliano il pianalto siano stati depositati in epoca corrispondente agli episodi Besnate. Tuttavia l'assenza di correlazioni con la piana principale attribuita ai depositi di questo supersintema, così come la mancanza di una correlazione diretta con morene o piane fluvioglaciali poste più a monte, dato che le valli si originano nel pianalto, non consentono l'attribuzione di questi terrazzi all'episodio Besnate ma fanno rientrare i depositi nel Supersintema di Venegono.

### **6.1.7 Supersintema del Po**

Questa unità costituisce i depositi messi in posto successivamente all'ultima deglaciazione. Lungo ogni corso d'acqua, anche minori, è presente in modo fortemente discontinuo una coltre di spessore molto modesto di depositi fluviali depositi in tempi recenti. Tuttavia, dato il ridotto spessore, nella cartografia si è deciso di ometterle lungo i corsi d'acqua più piccoli e indicarli per il solo corso del torrente Buliga. Da quanto si evince dall'osservazione del greto del torrente si tratta per lo più di sabbie e ghiaie che costituiscono spesso il rimaneggiamento della frazione non alterata dei depositi posti a monte o lungo le sponde. Data la natura recente l'alterazione è assente.

### **6.1.8 Supersintema di Palazzago**

Si tratta in genere di depositi colluviali che interessano i versanti delle aree non glacializzate. Nel territorio di Terno d'Isola sono localizzati nella porzione a Nord, sul versante della valle che taglia il pianalto in corrispondenza del limite nord comunale.

Si tratta di depositi fini, limoso argillosi o limoso sabbiosi, con clasti sparsi che si sono messi in posto durante le diverse fasi fredde, caratterizzate da assenza della vegetazione, in cui il materiale precedentemente alterato ha potuto mobilizzarsi lungo i versanti dando origine a coltri di colluvio.

### **6.1.9 Supersintema di Venegono**

Questa unità è costituita da depositi colluviali in parte rimaneggiati in ambiente fluviale che coprono le scarpate e il fondo delle valli che incidono le unità più antiche. Si tratta in genere di limi, limi argillosi e limi sabbiosi quando costituiscono i depositi colluviali e passano a ghiaie e sabbie con limi o limi argillosi quando sono rappresentati da depositi fluviali a differente energia che riempiono le valli incise nei pianalti.

Nell'ambito comunale essi affiorano con continuità lungo la scarpata che separa il pianalto principale dalla piana a Est e lungo le scarpate e i fondivalle delle incisioni minori che tagliano il pianalto stesso.

Data la natura dei depositi, in special modo quelli dei versanti, si caratterizzano per una bassa permeabilità favorendo il ruscellamento superficiale.

## 6.2 Geologia di sottosuolo

In ambiente continentale l'estensione nel sottosuolo delle unità superficiali è caratterizzata da una forte eterogeneità, con possibilità di passaggi repentini da una unità all'altra in pochi metri grazie alla presenza di importanti superfici di erosione che però possono non avere espressione superficiale. Spesso quindi la costituzione del sottosuolo può essere desunta solo da dati di stratigrafie di pozzi e la correlazione tra questi può essere incerta. Nella zona di Terno d'Isola i dati di sottosuolo sono estremamente scarsi e frammentari, essendo relegati a poche stratigrafie. Diventa quindi estremamente difficoltosa l'identificazione precisa di singole unità.

Dalla ricostruzione stratigrafica (vedi sezione - allegato 3) si evince come vi sia una netta differenza tra la zona del pianalto e quella di pianura.

Nella zona del Pianalto è presente una coltre di materiale alterato, con copertura loessica di spessore variabile, identificato nelle stratigrafie come argille, argille e ciottoli, che passa in profondità ad una spessa coltre di conglomerato. Integrando i dati di superficie, lo spessore del materiale alterato può essere attribuita all'intera sequenza "Formazione di Trezzo sull'Adda - Sintema della Specola" e loess correlati senza possibilità di ulteriori e più specifiche suddivisioni.

I conglomerati sottostanti possono invece essere attribuiti ad alcune unità dei ceppi lombardi descritti più in dettaglio ai parr. 6.2.1 e 6.2.2. Questi conglomerati si chiudono verso la piana, dove è presente una sequenza più marcatamente ghiaiosa; la sequenza ghiaiosa si spinge fino ad una quota (nel pozzo 4) di circa 185 m. s.l.m. e contiene al suo interno livelli cementati e porzioni con argilla.

Nella zona del pianalto, al di sotto dei corpi di conglomerato sopracitati è presente una successione in cui si alternano ghiaie più o meno arricchite in frazione limosa/argillosa e un ulteriore corpo di conglomerato, la cui origine non è determinabile e la cui estensione appare incerta; infatti esso viene identificato con una certa continuità nel "Pozzo piccolo", nel pozzo in disuso in località boschetti (pozzo 3) e nel pozzo 6. Nel pozzo "Pozzo Grande" invece, sono rinvenute argille alla quota in cui è presente il conglomerato nel "Pozzo Piccolo" e nel pozzo B5E391808502 (più a Ovest) sono presenti conglomerati con livelli di argilla tra una quota di 133-160 m. s.l.m. circa. Tale situazione può essere interpretata sia come un corpo di conglomerato ben rappresentato e definito in corrispondenza dei "pozzo piccolo" del Pozzo 6, che si chiude verso ovest per lasciare il posto a un livello di argille rossastre con isolati livelli di conglomerato (identificati nel pozzo B5E391808502), sia, al contrario, come un livello di

conglomerato più potente e continuo, occasionalmente tagliato da una paleovalle (il cui riempimento è intercettato dal Pozzo Grande) e in cui, più a Ovest, il pozzo B5E391808502 intercetta la porzione superiore, parzialmente alterata testimoniata dai 20 m di conglomerato con livelli di argilla.

Nel complesso, a profondità elevate, il sottosuolo di Terno d'Isola è caratterizzato dalla presenza di una successione prevalentemente ghiaioso-argillosa con sparsi livelli/lenti di conglomerato di estensione incerta e orizzonti con minore frazione argillosa. Solo alla quota di circa 60-70m s.l.m. compaiono con più continuità spessori di sedimenti fini.

Nei paragrafi successivi sono descritte più in dettaglio le uniche due formazioni di sottosuolo che è possibile presumibilmente distinguere.

Si rimarca che, stante la scarsità di informazioni disponibili e la variabilità dei depositi quaternari, tuttavia, la ricostruzione di sottosuolo deve essere ritenuta del tutto indicativa.

### **6.2.1 Ceppo dell'Adda**

Il Ceppo dell'Adda è un conglomerato costituito da ghiaie a supporto clastico in prevalenza caratterizzato dalla presenza di litologie sedimentarie e metamorfiche, con grado di cementazione in genere buono e localmente irregolare. L'ambiente deposizionale è quello alluvionale, che comporta anche cambiamenti di facies a distanza ridotta. Il Ceppo dell'Adda è caratterizzato da una superficie superiore marcatamente irregolare (organi geologici) che la mette a contatto con la Formazione di Trezzo sull'Adda, costituita dall'alterazione dello stesso Ceppo dell'Adda. Questo comporta l'estrema variabilità laterale nella natura dei sedimenti, che possono passare in pochi metri da conglomerato ben cementato a depositi alterati.

Lungo la forra dell'Adda, nei pressi di Porto d'Adda, alla base del Ceppo dell'Adda è presente un paleosuolo sviluppato alla sommità del sottostante Ceppo del Brembo e che marca la separazione tra le due unità.

### **6.2.2 Ceppo del Brembo**

Si tratta di un conglomerato, di origine fluviale, costituito da ghiaie a supporto clastico con matrice arenacea, talora con presenza di intercalazioni sabbiose a arenacee nella zona a Est dell'Adda. Il ceppo del Brembo si distingue dal ceppo dell'Adda per la presenza di abbondanti clasti di Verrucano Lombardo e Vulcaniti. Esso formava una piana parzialmente eterotica con quella del Ceppo del Naviglio di Paderno riconosciuta in base agli affioramenti nella forra dell'Adda all'altezza di Porto d'Adda. In mancanza di stratigrafie dettagliate in cui viene

descritta petrografia dei ciottoli costituenti i conglomerati diventa particolarmente difficile poter distinguere i conglomerati in Ceppo del Naviglio di Paderno o Ceppo del Brembo, nè con il sovrastante Ceppo dell'Adda.

Nel territorio di Terno d'Isola le stratigrafie di pozzo hanno evidenziato la presenza di spessori elevati di conglomerato; in corrispondenza del pianalto è presente un primo piastrone di conglomerato con la base a una quota compresa i 160 -180 m s.l.m., quindi comparabile con la quota della base del Ceppo del Brembo così come ricostruita nella zona dell'Adda a Porto d'Adda (pochi km più a SW). La mancanza di precise informazioni litologiche impedisce la discriminazione dei due corpi. Un possibile indice della distinzione tra il Ceppo del Brembo e il Ceppo dell'Adda è dato dalla presenza, a circa 20-35 m di profondità di livelli indicati come argillosi o "ghiaia e argilla", che suggeriscono la presenza di un livello di paleosuolo che potrebbe corrispondere a quello visibile in affioramento a Porto d'Adda.

## **7 GEOMORFOLOGIA**

Come descritto brevemente nel capitolo 4, sul territorio di Terno d'Isola gli elementi di rilievo dal punto di vista fisiografico sono per lo più limitati alla scarpata del pianalto, alle incisioni dei corsi d'acqua che incidono il pianalto stesso e al Torrente Buliga. Le forme presenti sul territorio sono quindi incisioni o scarpate, che delimitano pendii più o meno acclivi. Nella cartografia (tavola 2 - Carta geomorfologica e della dinamica geomorfologica) sono state indicate le scarpate maggiori, evidenziando quelle che sottendono pendii di altezza maggiore o uguale a 10 m. Gli elementi riconosciuti, in parte derivanti dal precedente studio geologico, sono elencati di seguito.

### **7.1 Orlo di terrazzo con altezza maggiore di 10 m**

Sono così identificati gli orli di terrazzo naturali o con limitati interventi antropici, con scarpate di altezza maggiore di 10 m. Si tratta per lo più dell'orlo della scarpata principale del pianalto e delle scarpate delle valli principali (es. Valle del Luf, Valle Maggiore), dove sono presenti in particolar modo nella parte a sud della ferrovia.

### **7.2 Orlo di terrazzo con altezza minore di 10 m**

Sono gli orli di terrazzo, di origine naturale o con limitati interventi antropici, di altezza inferiore ai 10 m; essi possono costituire sia l'orlo superiore dell'incisione delle valli del pianalto, nei tratti in genere verso monte, dove la profondità delle valli è minore, sia scarpate intermedie o di modesta entità, lungo i versanti o nei fondivalle.

### **7.3 Orli do terrazzo naturale, parzialmente rimaneggiato, di altezza > 10 m**

Si tratta di orli di scarpata in cui l'intervento umano è stato consistente e la cui altezza è maggiore di 10 m; l'intervento antropico può essere riconosciuto sia dalla geometria del ciglio, che può presentarsi rettilineo, sia dall'esame di cartografie meno recenti che rende evidente un rimodellamento. Ne è un esempio la scarpata del pianalto che borda il lato Sud della SP 166, a Nord della ferrovia; qui la scarpata, di origine naturale, è stata in parte rimodellata nella parte sommitale per consentire l'espansione urbana lungo la via Largo del Roccolo. Le stesse scarpate che bordano gli assi viari che scendono dal pianalto verso la piana sono spesso il risultato del rimaneggiamento di precedenti scarpate naturali. Va osservato, tuttavia, che la distinzione tra naturale e rimaneggiato, data la lunga storia del territorio non è sempre facile nè di certa

attribuzione.

#### **7.4 Orlo di terrazzo naturale, parzialmente rimaneggiato, di altezza < 10 m**

Si tratta di terrazzi di natura analoga alla precedente, ma di altezza inferiore ai 10 m. Sono presenti lungo gli assi viari e nei tratti meno alti delle scarpate lungo la via Largo del Roccolo.

#### **7.5 Orlo di terrazzo poco evidente, di altezza > 10 m**

E' un tratto di ciglio di scarpata che presenta una morfologia più arrotondata, senza una rottura di pendenza ben definita, lungo il tratto terminale della valle del Luf, in sponda destra; l'inclinazione del pendio ad esso sotteso può comunque essere localmente consistente.

#### **7.6 Orlo di terrazzo poco evidente, di altezza < 10 m**

E' un tratto di scarpata di lunghezza ridotta che presenta una morfologia più arrotondata, senza una rottura di pendenza ben definita; è presente lungo la valle del torrente Bulighetto, in sponda destra.

#### **7.7 Ciglio di scarpata artificiale**

Sono cigli che non derivano da processi naturali ma sono dovuti a interventi di escavazione e/o rimodellamento con apporto di materiale.

Rientra in questa categoria il ciglio delle scarpate poste lungo la SP 166, a Ovest del T. Buliga, in vicinanza dei punti di intersezione con il torrente Anonimo 03. In questo tratto la strada è in trincea, mentre il torrente anonimo 03, e la relativa valle rimangono più a Sud. Sono considerati artificiali anche i cigli in sponda sinistra della valle del Luf, tra la ferrovia e via Baccanello, in quanto tutta la zona è stata interessata dal rimodellamento con riporti di materiali per la realizzazione della zona industriale.

#### **7.8 Solchi di ruscellamento**

Sono desunti dalla carta del precedente studio geologico (Anlus, 2002 - Tavola 1 "Carta geomorfologica con elementi geologici e pedologici"); si tratta di solchi, in genere ben incisi, di lunghezza compresa in alcune decine di metri; rispetto alla carta precedente sono stati omessi quei solchi di ruscellamento compresi nei corsi d'acqua appartenenti al reticolo minore.

#### **7.9 Aree di possibile ristagno**

Nella tav. 2 Carta Geomorfologica sono riportate anche le aree di possibile ristagno delle acque

meteoriche, così come desunte dalla componente geologica idrogeologica e sismica redatta da Studio Anlus (2002).

Due aree sono poste nel settore Nord Ovest del territorio comunale, mentre altre due sono lungo la strada provinciale 162 nella zona orientale ai limiti del centro abitato. A queste è stata aggiunta un'area situata nel Parco del Camminadello, limitrofa alla pista ciclabile.

## **8 DINAMICA GEOMORFOLOGICA**

La dinamica geomorfologica nel territorio comunale è riportata nella tavola 2; la base di partenza è la cartografia del precedente studio geologico (Anlus, 2002 - Tavola 1 "Carta geomorfologica con elementi geologici e pedologici), aggiornata e revisionata in base alle evidenze emerse da sopralluoghi.

Sul territorio comunale sono presenti principalmente fenomeni legati alla dinamica fluviale e torrentizia e alla dinamica di versante. Nelle zone di fondovalle delle valli minori gli elementi di dinamica torrentizia e dinamica di versante sono spesso associati, a causa della limitata estensione degli areali e la connessione di causa-effetto tra erosione e possibile innesco di movimenti sul versante. Questa situazione è stata compresa nelle aree Ee (vedi proposta di aggiornamento quadro PAI-PGRA). Gli elementi legati alla dinamica geomorfologica sono perciò rappresentati in carta solo quando esterni alle suddette aree Ee; nella stessa carta sono inoltre riportate anche le altre aree PAI/PGRA.

### **8.1 Dinamica fluviale e torrentizia**

#### *Erosione spondale*

Lungo il torrente Buliga sono presenti fenomeni di erosione/deposizione dovuti alla normale dinamica fluviale che possono causare locale erosione delle sponde e ammaloramento delle opere di difesa spondale a cui si aggiunge anche l'accumulo di materiale in alveo che può portare alla riduzione della sezione di deflusso; tali situazioni, individuate nel progetto di "*Messa in sicurezza idraulica del torrente Buliga e affluenti dai crolli spondali – lotti 1 e 2. Progetto Esecutivo, redatto da Ecosphera, 2021*" sono state oggetto di intervento di sistemazione.

Nelle valli minori che tagliano il pianalto possono essere presenti locali fenomeni di erosione al piede delle scarpate. Ne sono testimonianza le piccole pareti verticali presenti lungo le sponde dei corsi d'acqua, in particolar modo in corrispondenza del lato esterno delle anse; a ulteriore testimonianza del diffuso fenomeno di erosione sono presenti lungo alcuni tratti dei corsi d'acqua minori interventi di difesa spondale; gli stessi proprietari di terreni lungo i corsi d'acqua testimoniano la progressiva erosione delle sponde. Tali interventi, che sono spesso limitati a tratti lunghi pochi metri, non sono stati indicati in cartografia in quanto non fedelmente cartografabili alla scala di rappresentazione.



**Fig. 6.3** - Esempio di difesa spondale "artigianale" lungo le sponde di uno dei corsi d'acqua che tagliano il pianalto

### *Esondazione*

Da indagini effettuate presso il comune e da interviste agli abitanti è emerso che vi sono stati, nei decenni precedenti, alcuni casi di esondazione sia lungo il torrente Buliga sia lungo alcuni affluenti. Tuttavia la scarsità di informazioni, basata su "ricordi" e indicazioni vaghe, non consentono di cartografare in modo adeguato le aree interessate. Inoltre in alcuni casi le segnalazioni si riferiscono a situazioni ormai superate in quanto sono stati eseguiti lavori (es. rifacimento del ponte della SP 163, lavori relativi alla "Messa in sicurezza idraulica del torrente Buliga e affluenti dai crolli spondali – lotti 1 e 2. Progetto Esecutivo, redatto da Ecosphera, 2021").

I punti più critici sono i seguenti:

Torrente Buliga, Ponte di via Milano: è segnalato un unico episodio di allagamento in

*sponda sinistra del torrente Buliga, a valle del ponte, risalente a diverse decine di anni fa, con allagamento del cortile dell'abitazione. Nello stesso tratto, in sponda destra, invece, non viene riportato alcun fenomeno di allagamento.*

Torrente Buliga, Ponte di via Mercato: *è segnalata l'esondazione su entrambe le sponde a monte del ponte. In questa zona, inoltre, è stata segnalato l'allagamento in sponda destra in occasione delle intense precipitazioni del 2016.*

Torrente Buliga, Ponte SP 163: *è segnalato lo straripamento del torrente con incanalamento delle acque lungo la strada provinciale 163 in sponda sinistra alcune decine di anni fa; la situazione, tuttavia, stando alle testimonianze, è stata risolta con il rifacimento del ponte stesso*

Valle del Luf, a Sud della confluenza con il torrente Rio dei Boschi: *in vicinanza di alcune baracche, si ha esondazione in sponda destra, legata sia alla presenza di un restringimento dell'alveo con utilizzo di tubi di diametro 1 m che alla concomitante venuta d'acqua dai campi circostanti posti a quota più elevata. Tale situazione si ripete periodicamente.*

Valle del Luf, alla confluenza con il torrente Buliga: *è segnalato lo straripamento a causa dell'intasamento delle tubazioni usate per l'attraversamento di via delle Castagne.*

Nella tavola 2 Carta geomorfologica e nella tav. 7 Carta PAI-PGRA sono riportate le aree soggette a possibile inondazione derivate dal PAI/PGRA, così come proposte nel presente studio geologico idrogeologico e sismico e integrate in base al parere di Regione Lombardia.

## **8.2 Dinamica di versante**

La dinamica di versante è legata alla presenza di scarpate costituite da materiale colluviato, in particolare depositi fini con componente limo/argillosa e ciottoli sparsi. La copertura vegetale, in stato talora precario, può costituire un sovraccarico che può dare origine a dissesti di entità limitata, a scala non rappresentabile.

I fenomeni sono maggiormente probabili dove le scarpate sono più inclinate e in cattivo stato di manutenzione. Per l'individuazione delle porzioni a pendenza maggiore ci si è basati su osservazioni dirette e sulla precedente cartografia tecnica comunale, in quanto in questo caso le isoipse descrivono meglio la morfologia del territorio.

Elementi di particolare rilievo sono la scarpata principale del pianalto, che può raggiungere altezze maggiori di 15 m e inclinazione molto elevata, sia dalle scarpate lungo i corsi d'acqua minori che possono avere una pendenza a tratti elevata.

In generale sono stati distinti i seguenti elementi di dinamica legata ai versanti:

### **8.2.1 Scarpate su sedimenti fini con inclinazione maggiore di 15-20°**

Si tratta di pendii con inclinazione in genere maggiore di 15°-20°, impostati lungo il pianalto; le litologie coinvolte sono sedimenti alterati, coltri loessiche più o meno rimaneggiate e depositi colluviali che costituiscono gran parte dei versanti. Lungo questi possono essere presenti pareti anche molto inclinate e singole frane, non rappresentabili alla scala cartografica. Per continuità cartografica sono state comprese in questa classe anche eventuali aree a pendenza minore di limitata estensione. La continuità del versante può essere localmente interrotta dalla presenza di terrazzi intermedi di ampiezza limitata.

Data l'acclività delle scarpate possono generarsi locali fenomeni di dissesto. I versanti di questo tipo sono presenti lungo tutte le valli minori e lungo la scarpata del pianalto verso il torrente Buliga. Sono invece meno presenti lungo il torrente Bulighetta (o Suenna) nella parte Ovest del territorio comunale, dove le porzioni a maggiore inclinazione sono limitate a piccole aree discontinue.

### **8.2.2 Scarpate su sedimenti fini con inclinazione minore di 15°**

Si tratta di scarpate con inclinazione in genere minore di 15°; pur con inclinazione ridotta, i versanti possono essere soggetti a movimento in quanto costituiti da materiale fine, con componente argillosa, che possono perdere coesione specialmente in concomitanza o successivamente alle precipitazioni. Tali aree sono presenti, ad esempio, nel tratto terminale della Valle del Luf, lungo la valle della via Milano (fortemente antropizzata), alla testa della valle e lungo la valle del Bulighetta (o Suenna). Possono inoltre essere presenti limitate aree con pendenza maggiore ma di estensione ridotta e altezza modesta.

### **8.2.3 Aree di possibile accumulo di materiale di frana**

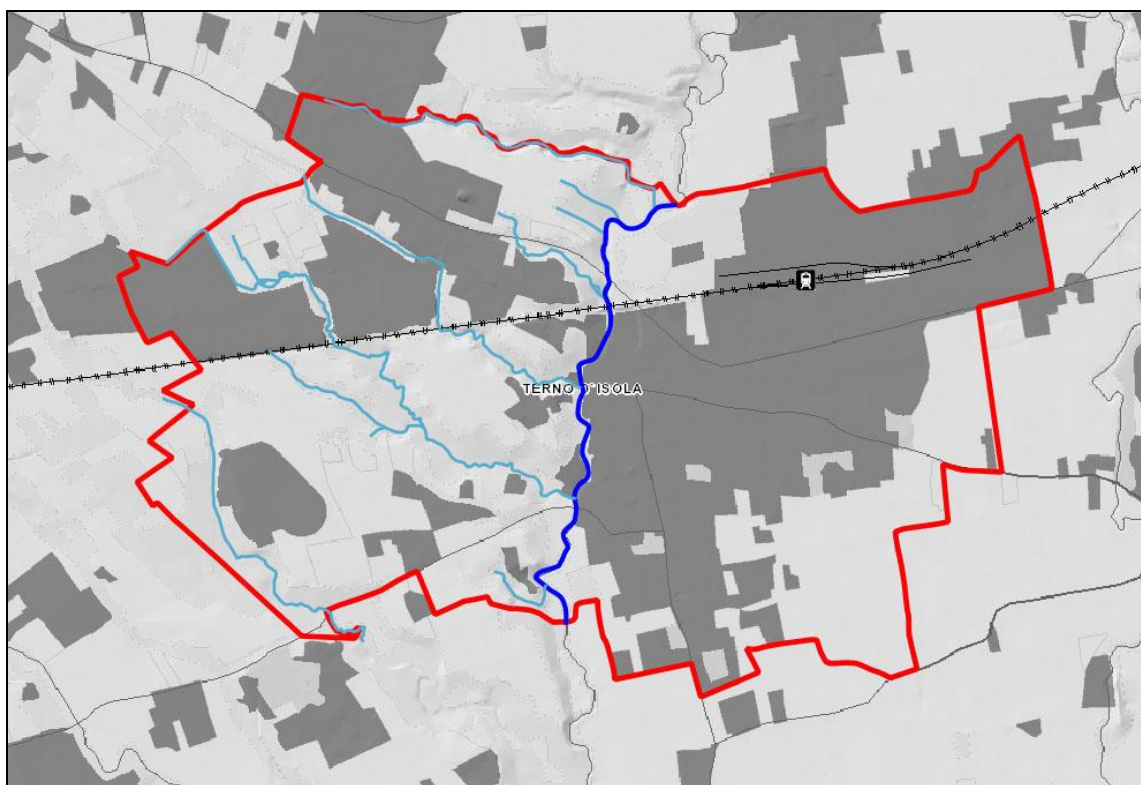
Si tratta di aree pianeggianti poste alla base dei pendii più ripidi che possono essere interessate dal materiale in movimento dal versante sovrastante. Queste aree si estendono principalmente nel fondovalle delle incisioni che tagliano il pianalto. La loro estensione è limitata e sfumano nelle aree che sono potenzialmente interessate dalla dinamica fluviale; data infatti la limitata estensione del fondovalle di queste incisioni spesso i due fenomeni, come sopra riportato, possono coesistere.

#### **8.2.4 Occhi pollini**

Le condizioni geologiche del territorio del pianalto sono una delle condizioni che possono portare allo sviluppo di cavità (occhi pollini) nel suolo. L'analisi di tale aspetto diventa obbligatorio a seguito della pubblicazione della D.G.R. n. XI/7564 del 15 dicembre 2022 "Integrazione dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio relativa al tema degli sprofondamenti (Sinkhole)". Per questo motivo il tema occhi pollini è approfondito in dettaglio nei successivi parr. 11.2 e 11.3.

## 9 IDROGRAFIA

Il reticolo idrografico del comune di Terno d'Isola, come da Nuovo studio in variante - Reticolo Minore, redatto dal dott. Geol. Pedrali a luglio 2021, è costituito dal torrente Buliga, appartenente al Reticolo Principale, e numerosi corsi d'acqua che solcano il pianalto; un inquadramento del reticolo è illustrato nella figura 9.1.



**Fig. 9.1** - Reticolo idrografico di Terno d'Isola (da Pedrali, 2021). In blu il torrente Buliga (appartenente al Reticolo Principale ai fini della Polizia idraulica), in azzurro i corsi d'acqua appartenenti al reticolo minore.

Nei paragrafi successivi sono riassunte alcune caratteristiche principali di questi corsi d'acqua così come dedotte dal precedente studio geologico, dallo studio del Reticolo Minore e da relazioni redatte per specifiche opere lungo le aste dei corsi d'acqua.

Da un punto di vista amministrativo il torrente Buliga fa parte per tutto il suo corso del reticolo principale come definito all'allegato A alla Dgr 1615 del 18/12/2023 e quindi le competenze di

polizia idraulica sono in carico a Regione Lombardia.

Num. Progr.	Denominazione	Comuni attraversati	Foce o sbocco	Tratto classificato come principale	Elenco AA.PP.
BG004	Torrente Buliga	CHIGNOLO D'ISOLA, MADONE, MAPELLO, SOTTO IL MONTE GIOVANNI XXIII, TERNO D'ISOLA	Dordo	dallo sbocco fino al ponte di Via Pratalungo del Comune di Sotto il Monte Giovanni XXIII	11

Gli altri corsi d'acqua invece fanno parte del Reticolo Minore.

Questi sono caratterizzati da un pattern subparallelo, con scorrimento da Nord Ovest a Sud Est. Si tratta di corsi d'acqua di ridotte dimensioni che tuttavia hanno inciso nel pianalto valli strette che possono essere profonde anche per più di 10 m. Poichè il pianalto è coperto da depositi alterati e quindi impermeabili, questi corsi d'acqua rivestono particolare importanza nel drenaggio delle acque piovane.

In sponda sinistra del torrente Buliga, invece, il forte rimaneggiamento dell'area e l'estesa urbanizzazione hanno di fatto distrutto il reticolo idrografico originario; sono infatti presenti solo fossi di irrigazione o fossi lungo la viabilità.

In tutto il territorio comunale non sono presenti, invece, corsi d'acqua appartenenti al reticolo consortile (Studio sul reticolo Minore, Pedrali 2021).

### 9.1 Torrente Buliga o La Buliga

Il torrente Buliga (o La Buliga) si origina nel comune di Sotto il Monte Giovanni XIII e sfocia nel Dordo, come affluente di sinistra, dopo un percorso di circa 11 km.

I comuni attraversati sono Sotto il Monte Giovanni XIII, Mapello, Terno d'Isola, Chignolo d'Isola e Madone.

Il bacino idrografico interessa gli stessi comuni a cui si aggiunge anche quello di Carvico.

L'estensione del bacino idrografico, calcolata sulla sezione di chiusura al guado con il confine di Chignolo d'Isola è 11,9 km<sup>2</sup>, con massima altezza di 667 m s.l.m. e quota minima 218,5 m s.l.m. (*Messa in sicurezza idraulica del torrente Buliga e affluenti dai crolli spondali (Ecosphera, 2021)*). La portata per la piena di riferimento dei 100 anni risulta, sempre secondo il progetto "Messa in sicurezza idraulica del torrente Buliga", di 40,2 m<sup>3</sup>/s, calcolata con il metodo razionale e adottando le curve di possibilità pluviometrica. Valori differenti sono riportati nelle altre relazioni relative al torrente Buliga: 28-30 m<sup>3</sup>/s (Relazione tecnica e idraulica relativa al progetto preliminare delle opere di sistemazione delle sponde del Torrente Buliga, Ingg. Algeri e Piazzini Albani, 1996), 27,15-27,95 m<sup>3</sup>/s (Relazione Anlus, 2002, calcolata per "*precipitazioni superiori a 400 mm in 24 ore (evento eccezionale)*"), 54,8 m<sup>3</sup>/s per un tempo di ritorno di 100

anni e una 59,8 m<sup>3</sup>/s per un periodo di 200 anni (Relazione Idrogeologica e idraulica del "Progetto di attuazione delle previsioni perequative e compensative di cui all'art. 55 BIS dell n.T.A. compendio "delle Binde" e compendio "Buliga" in comune di Terno d'Isola").

Il tracciato del torrente Buliga nel territorio comunale è abbastanza lineare; esso attraversa il comune di Terno d'Isola da Nord a Sud, scorrendo per gran parte alle pendici del pianalto, dal quale si immettono numerosi corsi d'acqua minori. In sponda sinistra, appena a monte del ponte ferroviario, si innesta il troppo pieno del collettore consortile.

Il Buliga ha un andamento a grande scala circa rettilineo per la maggior parte del tratto interessante il comune di Terno d'Isola. A Nord, in corrispondenza del confine con il comune di Sotto il Monte Giovanni XXIII l'alveo presenta una marcata curva verso Ovest; descrivendo un'ampia ansa scorre per un tratto di poco più di 200 m in direzione ESE-WSW fino ad affiancarsi alla base del pianalto. Qui si dispone in direzione NS per circa 340 m, oltrepassando la SP 166 e la Ferrovia; a valle di questa, appena superato il campo sportivo, il corso ha una leggera deviazione verso W (destra idrografica). A circa 100 m a valle del ponte di via Milano una nuova curva piuttosto pronunciata verso Sud riporta il corso del Buliga in direzione Nord-Sud. L'interno tratto è caratterizzato da curve e controcurve, che provocano fenomeni di erosione e accumulo. Fino al ponte con la SP 163 il torrente Buliga scorre in un tratto urbanizzato. A Sud di questo, invece, il corso d'acqua attraversa una zona a vocazione più prettamente agricola. Circa 200 m a sud del ponte il corso d'acqua compie una curva verso Ovest fino a raggiungere e intaccare la scarpata del pianalto con una stretta curva ad angolo acuto poco prima di uscire dal territorio comunale.

Il tratto urbanizzato è interessato per ampi tratti da sponde artificializzate, costituite da muri in calcestruzzo, scogliere a secco o in massi e calcestruzzo, che possono interessare l'intera altezza della sponda o solo una parte. Localmente sono presenti fenomeni di degrado sia delle sponde naturali che di quelle artificiali; per ovviare a questa situazione è stato redatto un progetto per la "Messa in sicurezza idraulica del torrente Buliga e affluenti dai crolli spondali"; i lavori, suddivisi in due lotti (Lotto 1- Tratto tra il ponte di Via Mercato e SP 163 - lotto 1" e "Tratto a valle del ponte SP 163 e asportazione accumuli - Lotto 2""), approvati rispettivamente con Deliberazione della giunta comunale n°1 76 del 1/12/2021 e n° 177 del 1/12/2021, sono stati già parzialmente eseguiti (gennaio 2023) e verranno esposti più in dettaglio nel paragrafo seguente.

### **9.1.1. Messa in sicurezza idraulica del torrente Buliga e affluenti dai crolli spondali**

Allo scopo di ripristinare le condizioni ottimali delle sponde del torrente Buliga, che presentavano fenomeni di deterioramento e localmente anche piccoli smottamenti, il comune di Terno d'Isola ha commissionato allo studio Ecosphera il progetto di ripristino delle sponde.

L'analisi delle condizioni dell'alveo ha messo in evidenza l'ammaloramento di alcune strutture di contenimento e di attraversamento, nonché la presenza di accumuli di materiale in alveo. I lavori pertanto sono rivolti all'asportazione del materiale in alveo e la rimozione di piante che possono causare ostacolo e/o pericolo e il rifacimento e/o costruzione di scogliere lungo alcuni tratti di sponda, nonché la costruzione di nuove traverse.

Per la progettazione è stata redatta una apposita relazione idraulica sviluppata con il codice di calcolo HEC-RAS compiendo un'analisi in moto permanente, verificando circa 20 sezioni lungo il tratto dal ponte della ferrovia all'ansa del Buliga più nella parte a sud del comune.

I dati di partenza sono state le sezioni misurate con il GPS nel 2021 e la portata calcolata con il metodo razionale alla sezione di chiusura al confine con il comune di Chignolo d'Isola e utilizzata per tutte le sezioni. Per la piena centenaria e la portata di 40,2 m<sup>3</sup>/s mentre per la piena cinquantennale è pari a 34,8 m<sup>3</sup>/s.

Nello studio vengono evidenziate alcune considerazioni sulla possibilità di contenimento delle piene da parte del Torrente Buliga, in particolare che:

- il torrente contiene con franco > 1,0 m la piena centenaria tra le sezioni 1 [Ponte FS] e 2 compreso il ponte di via Milano;
- tra le sezioni 2' [57 m a Sud del ponte di via Milano] e il ponte di via Mercato, il torrente esonda di qualche decimetro sia per la piena T50 che T100 anche per rigurgito al ponte di via Mercato;
- a valle del ponte di via Mercato, il torrente contiene la piena centenaria con franchi > 1,0 m nel tratto 9-10 per l'ampia e profonda sezione {fronte civico 12 di via Rota};
- il peggioramento della scabrezza dalla sezione 13 ed i depositi in alveo a monte (sezioni 11 e 12) ed a valle (sezioni 13 e 14) del ponte di via Medolago comportano franchi < 1,0 m nel tratto a monte del ponte;
- ponte funziona sotto battente anche per la piena T50;
- a valle del ponte la piena centenaria è contenuta con franchi < 1,0 m.

Per ovviare, almeno in parte a queste criticità nel progetto è stata individuata una serie di interventi che vengono riassunti nella tabella seguente. Gli interventi, suddivisi in due lotti, sono già stati parzialmente realizzati.

<b>Tratto</b>	<b>Lotto 1</b>	<b>Lotto2</b>
Ponte via Milano		Chiusura caditoia + risanamento dei ferri di armatura
Sezione 2'; Sezioni 2'' e 3: Sponda dx al ponte via Mercato (sez. 4)		Asportazione deposito-vegetazione in dx idrografica
Sezioni 2'' e 3		Asportazione deposito-vegetazione in sx idrografica
Sponda dx al ponte via Mercato (sez. 4)		Asportazione deposito-vegetazione in dx idrografica
Sezione 5	Arretramento sponda dx a filo spalla dx ponte via Mercato e costruzione scogliera con cls con pendenza quasi verticale per sostegno fondazioni esistenti pali Enel e Telecom etc.	
Sezione 6	Protezione sponda dx in erosione mediante scogliera con cls con pendenza quasi verticale per limiti di spazio	
Sezione 7	Protezione sponda dx in erosione mediante scogliera con a secco con pendenza tra 45 e 60°. Asportazione materiale depositato in sx e degli alberi su di esso	
Sezione 8	Demolizione muro esistente e arretramento sponda con protezione da erosione mediante scogliera a secco a 45°	
Sezione 9	Protezione sponda sx in erosione mediante scogliera con cls con pendenza quasi verticale per limiti di spazio	
Sezione 10	Protezione sponda sx in erosione mediante scogliera con cls con	

	pendenza quasi verticale per limiti di spazio Asportazione di alberi posti sulla scarpata crollata e/o a rischio crollo. Asportazione materiale depositato in sx e degli alberi su di esso	
Tra sezioni 10 e 11		Nuova traversa 222,05 mslm. Asportazione deposito-vegetazione in dx idrografica
Tra sezione 11 e il ponte via Medolago		Asportazione deposito-vegetazione in dx e sx. riparazione muro collegamento spalla dx ponte di via Medolago a Valle
Sezione 13		Asportazione deposito-vegetazione in dx
Sezione 14		Asportazione deposito-vegetazioni in sponda sx. Nuova traversa 220,3 mslm
Sezione 15		Asportazione deposito-vegetazione in dx
Sezione 17		Rifacimento scogliera e asportazione deposito in sx

A seguito di questi interventi, la verifica idraulica condotta sulle nuove sezioni così definite ha portato ad un miglioramento della situazione, senza tuttavia escludere del tutto la possibilità di esondazione in alcuni tratti. In particolare viene messo in evidenza che:

- tra le sezioni 2' e il ponte di via Mercato i livelli idrici si abbassano di 20-40 cm con diminuzione delle sezioni allagate alla sola sezione 2" con livelli di esondazione di 5-10 cm all'altezza;
- a valle del ponte di via Mercato, i livelli idrici si abbassano di circa 1/2 m.

Viene tuttavia rimarcato il fatto che la geometria dell'alveo, caratterizzata da un andamento a curve e controcurve e quindi con cambi di velocità, porta alla tendenza all'accumulo di materiale e quindi al progressivo ritorno alla situazione pre-intervento; per questo motivo nel progetto è indicata la necessità di provvedere comunque in modo continuo all'adeguata manutenzione e rimozione del materiale via via accumulato.

## 9.2 Altri corsi d'acqua

Come accennato nei precedenti paragrafi, il territorio di Terno d'Isola è interessato anche da una serie di corsi d'acqua minori, che scorrono dal pianalto, incidendolo, verso il torrente Buliga

del quale sono affluenti in destra idrografica. I dati di questi corsi d'acqua, così come il loro tracciato, è desunto dal "Nuovo Studio in variante Reticolo Idrico Minore" redatto dal Geol. Pedrali (2021).

I corsi d'acqua individuati sono riportati in elenco nella tabella 2 del citato documento che viene riproposta integralmente. Il tracciato di questi corsi d'acqua è invece riportato nella tav. 3 - Carta dell'idrografia superficiale.

Nella Tav. 2 "Individuazione del reticolo idrografico" del predetto Studio del Reticolo Minore sono inoltre indicati anche "canali e fossi secondari", privi di fasce di rispetto, che vengono anch'essi riportati nella tav. 3 - Carta dell'idrografia superficiale della presente Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica.

Num. Progr.	Denominazione	Comuni attraversati	Foce o sbocco	Tratto comunale	Coordinate inizio/fine
03016213-0008	Valle Maggiore o Zanchi	Sotto il Monte Giovanni XXIII e Terno d'Isola	T. Buliga	lungo il confine nord con Sotto il Monte Giovanni XXIII	540032, 5060237/ 541249, 5059836
03016213-0002	Anonimo 01 (1.a valle secondaria laterale in destra)	Terno d'Isola	T. Buliga	tutto il corso	540943, 5059934/ 541129, 5059802
03016213-0003	Anonimo 02 (2.a valle secondaria laterale in destra)	Terno d'Isola	T. Buliga	tutto il corso	540930, 5059841/ 541087, 5059759
03016213-0004	Anonimo 03 (3.a valle secondaria laterale in destra)	Terno d'Isola	T. Buliga	tutto il corso	540736, 5059825/ 541088, 5059548
03016213-0005	Valle Vallone	Carvico e Terno d'Isola	T. Buliga	dal confine con Carvico sino allo sbocco nel Buliga	540092, 5059943/ 541008, 5059249
03016213-0006	Valle del Luf	Calusco d'Adda e Terno d'Isola	T. Buliga	dal confine con Calusco sino allo sbocco nel Buliga	539641, 5059664/ 540982, 5058884
03016213-0007	Affl. laterale sinistro Valle del Luf	Terno d'Isola	Valle del Luf	tutto il corso sino allo sbocco nella Valle del Luf	539858, 5059747/ 540007, 5059599
03016213-0009	Valle dei Boschi Vecchi	Terno d'Isola	Valle del Luf	tutto il corso sino allo sbocco nella Valle del Luf	539978, 5059372/ 540483, 5059121
03016213-0001	Anonimo 04 (piccolo fosso laterale destro della Valle dei Boschi Vecchi)	Terno d'Isola	Valle via dei Boschi Vecchi	tutto il corso sino allo sbocco nella Valle dei Boschi Vecchi	540315, 5059091/ 540358, 5059118
03016213-00010	T. Suenna (ex-Bulighetto)	Calusco d'Adda e Terno d'Isola	T. Buliga	dal confine con Calusco sino allo sbocco nel Buliga	539627, 5059211/ 540287, 5058414
03016213-00015	Anonimo 8 al confine sud	Terno d'Isola	T. Buliga	tutto il corso	540726, 5058641/ 540890, 5058591

**Fig. 7.1** - Elenco dei corsi d'acqua facenti parte del reticolo minore di Terno d'Isola, così come individuati nello studio del reticolo minore, redatto da Pedrali, 2021. Tabella 2 del testo originale.

## **10 IDROGEOLOGIA**

### **10.1 Unità idrogeologiche**

L'area della Pianura Padana è caratterizzata dalla presenza di più acquiferi sovrapposti, la cui geometria e le cui relazioni sono il risultato della complessa e lunga storia geologica. La classificazione delle unità idrogeologiche si è evoluta nel tempo e si sono avuti spesso sinonimi e sovrapposizioni tra autori differenti. Data la natura stessa del sottosuolo quaternario anche i limiti laterali tra le diverse unità non devono essere considerati netti, in special modo nelle zone di alta pianura dove vi è il passaggio tra ambienti sedimentari molto differenti con "interdigitazioni" tra facies diverse e quindi un articolato quadro geologico di sottosuolo.

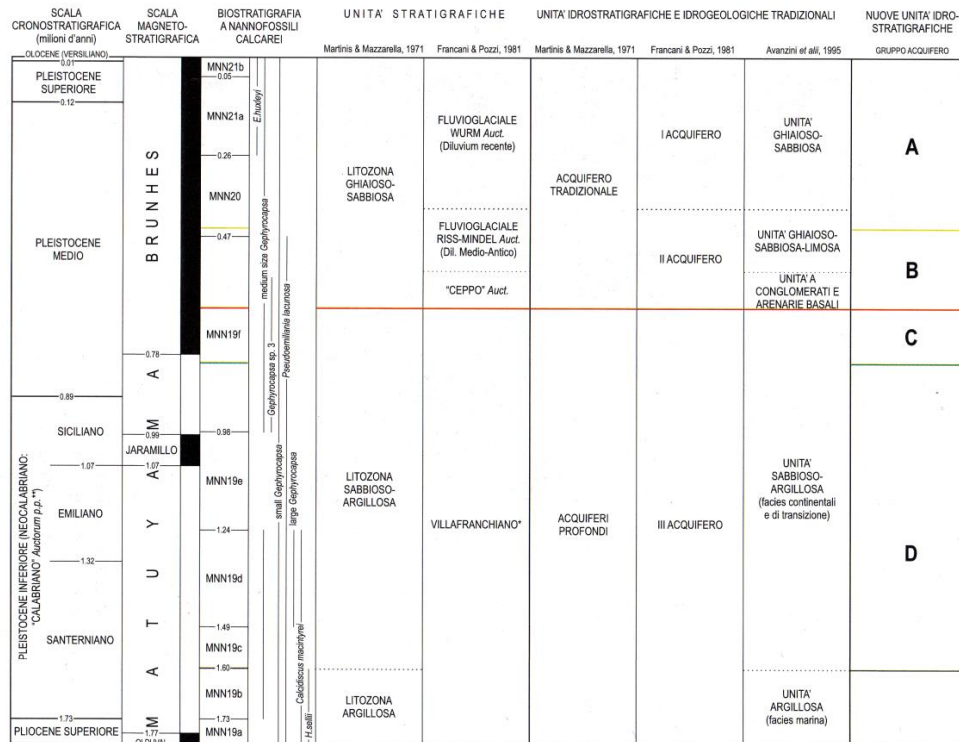
Di seguito viene dato un brevissimo riassunto delle unità idrogeologiche più note e "classiche" rimandando ai testi specifici per maggiori approfondimenti.

Nell'area dell'alta pianura vengono tradizionalmente riconosciuti le seguenti unità:

- Unità Villafranchiana: si tratta di depositi fini, di età per lo più pliocenica, che mostrano una transizione da depositi marini, più profondi, a depositi deltizi e lagunari. In questa serie di sedimenti fini si intercalano livelli sabbiosi e ghiaiosi che costituiscono gli acquiferi più profondi
- Unità dei Ceppi: si tratta di una unità, più consistente verso l'alta pianura, caratterizzata dalla presenza di livelli e porzioni di conglomerato ("Ceppi") che hanno per loro natura una geometria irregolare. Possono essere localmente molto potenti e raggiungere, nell'area tra Verdello e Verdellino la potenza di circa 200 m
- Unità Ghiaioso sabbioso limosa: superiormente ai conglomerati vi è una unità ghiaioso/sabbiosa, costituita da sedimenti fluvio-glaciali che possono avere intercalazioni più fini limose argillose, e avere livelli più alterati.
- Unità ghiaiosa: è l'unità più recente e superiore, costituita da depositi sciolti, in genere ghiaiosi, con elevata permeabilità e scarsamente alterati.

Nel 2002 Regione Lombardia ha proposto una nuova classificazione degli acquiferi che supera il vecchio modello introducendo i gruppi acquiferi che in parte ricomprendono le vecchie unità.

L'"acquifero tradizionale" è quello più storicamente sfruttato ed è costituito sostanzialmente da unità conglomeratiche e superiori che corrispondono ai gruppi acquiferi A e B. Lo schema riassuntivo dei gruppi acquiferi e delle unità tradizionali è riportato in fig. 10.1.



**Fig. 10.1** - Schema dei gruppi acquiferi confrontati con le unità idrogeologiche tradizionali

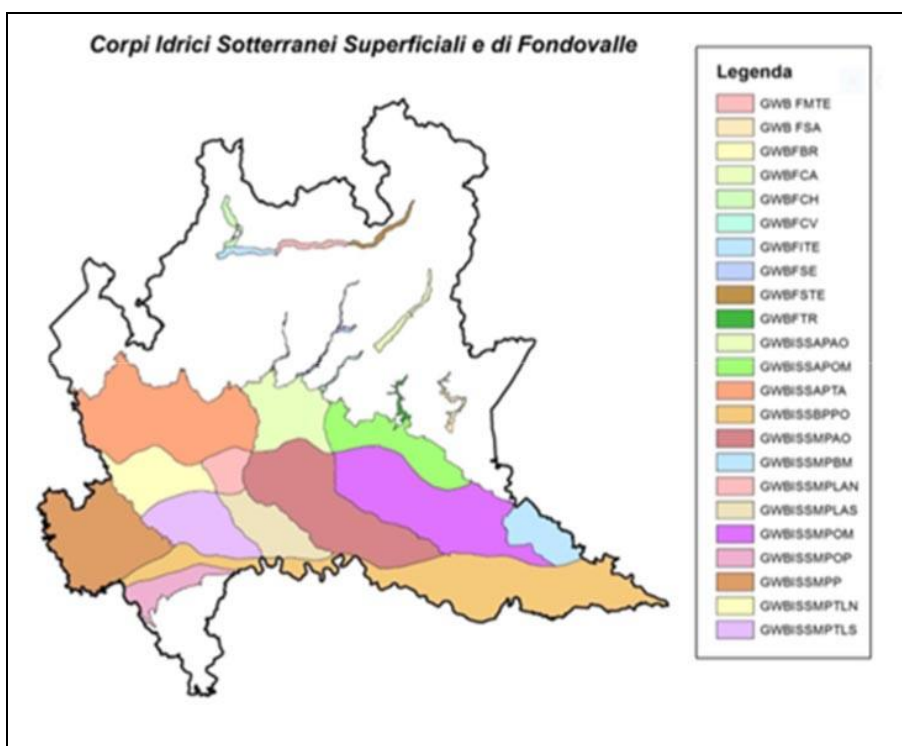
Tali unità sono ben delineate nella pianura, ma spostandosi verso l'alta pianura l'assetto geologico del sottosuolo diventa estremamente articolato, tanto che "in provincia di Bergamo si presenta come un unico acquifero indifferenziato, non essendoci grande continuità laterale dei livelli limoso-argillosi che separano le unità idrostratigrafiche" (Stato delle acque della provincia di Bergamo, 2012).

Una ulteriore classificazione delle acque sotterranee è riportata nel PTUA (Piano di Tutela e Uso delle Acque). Esso costituisce il "documento di pianificazione e programmazione delle misure necessarie al raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale". La ricostruzione dei corpi idrici sotterranei mantiene comunque come solido punto di partenza lo studio Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia, condotto tra il 1999 e il 2002 in collaborazione tra Regione Lombardia e Eni-Divisione Agip il precedentemente citato. In particolare il territorio lombardo è suddiviso in idrostrutture omogenee (superficiale (ISS), intermedie (ISI) e profonda (ISP)) che sono accomunate da caratteristiche idrogeologiche.

A loro volta le idrostrutture sono suddivise in corpi idrici; quella relativa all'idrostruttura

sotterranea superficiale è riportata in fig. 10.2. I limiti settentrionali e laterali di questi corpi sono in genere costituiti da limiti fisici ben identificabili, quali fiumi o orli di terrazzo, mentre quelli meridionali sono legati a variazioni delle caratteristiche dei sedimenti (facies, permeabilità, continuità degli aquitardi che li separano).

Il comune di Terno d'Isola ricade "Corpo idrico sotterraneo superficiale di Alta pianura Bacino Adda - Oglio - IT03GWBISSAPAO" per quanto riguarda l'idrostruttura superficiale e nel "Corpo idrico sotterraneo profondo di Alta e Media pianura Lombarda IT03GWBISPAMPLO" per quanto riguarda l'idrostruttura sotterranea profonda. Le valutazioni sullo stato qualitativo e quantitativo delle acque, illustrate nei paragrafi successivi, vengono fatte per corpi omogenei considerando proprio le idrostrutture.



**Fig. 10.2** - Schema dei corpi idrici superficiali e di fondovalle della pianura lombarda. Il comune di Terno d'Isola ricade nell'idrostruttura GWBISSAPAO

Nell'"Elaborato 2: Caratterizzazione, monitoraggio e classificazione dei corpi idrici sotterranei" del PTUA sono descritti i caratteri salienti dei diversi corpi idrici.

Per il Corpo idrico sotterraneo superficiale di Alta pianura Bacino Adda - Oglio -

*IT03GWBISSAPAO viene fornita la seguente descrizione [viene omessa la parte relativa alla piezometria, trattata più specificatamente nel par. 8.3.1].*

*Il corpo idrico è situato nei settori pedecollinari e di Alta Pianura compresi tra i fiumi Adda a W e Oglio a E, in corrispondenza dei comuni della porzione centrale e meridionale della Provincia di Bergamo.*

*È delimitato a nord dai rilievi morfologici glaciali del bordo alpino e prealpino e verso S dal passaggio tra Alta e Media Pianura lombarda, posto indicativamente a una quota topografica di 110 - 120 m s.l.m. (all'altezza del limite superiore della fascia dei fontanili).*

*La base del corpo idrico è posta a quote comprese tra 190 e 60/70 m s.l.m. e il suo spessore varia da un massimo di oltre 100 m in corrispondenza dei rilievi pedecollinari di Bergamo - Orio al Serio - Grassobbio e dei terrazzi antichi di Paderno d'Adda - Calusco d'Adda, ad un minimo di 25-30 m in corrispondenza della piana alluvionale del Fiume Adda (Canonica d'Adda) e del Fiume Serio (Ponte San Pietro), per incisione della superficie topografica e/o rinvenimento del substrato roccioso a profondità ridotte.*

*Nella parte settentrionale e centrale dell'ambito, in corrispondenza dei settori altimetricamente più rilevati (fino alle altezze di Osio Sotto-Urgnano), l'idrostruttura ha sede nella parte profonda del gruppo acquifero B contenuto in depositi ghiaioso-sabbiosi e conglomeratici ad alta permeabilità primaria (porosità) e secondaria (fratturazione nei conglomerati), risultando la parte superiore del Gruppo acquifero B e il soprastante Gruppo acquifero A insaturi o sede di locali falde acquifere sospese.*

*Nel settore meridionale dell'ambito, l'idrostruttura si compone anche dell'acquifero più superficiale (gruppo acquifero A), diventandone lo spessore preponderante.*

*Il corpo idrico presenta carattere prevalentemente di falda libera, localmente semiconfinata per la presenza di intercalazioni limoso-argillose a carattere discontinuo.*

*In profondità, nella parte settentrionale, il corpo idrico "ISS - Alta Pianura Adda Oglio" è in contatto con l'idrostruttura profonda ISP costituita dal gruppo acquifero C. Tale passaggio è in genere evidenziato dalla presenza paleoalvei profondi o, solo localmente, dalla presenza di orizzonti a bassa permeabilità.*

*Verso sud, la base del corpo idrico in esame è in contatto con l'idrostruttura intermedia ISI, attestandosi in corrispondenza della comparsa dei livelli argillosi arealmente continui del gruppo acquifero B.*

*L'idrostruttura viene alimentata dall'infiltrazione efficace e svolge un'azione di ricarica delle*

*idrostrutture profonde.*

*Litologicamente i depositi che caratterizzano l'idrostruttura sono:*

- conglomerati a vario grado di cementazione, distribuiti sull'intero spessore dell'unità nei settori settentrionali dell'ambito e nella parte profonda nei settori meridionali;*
- ghiaie e sabbie, localmente limoso-argillose, nella parte superiore dell'idrostruttura.*

Il corpo idrico profondo "ITo3GWBISPAMPLO" è costituito da un unico corpo che si estende dagli ambiti geomorfologici della bassa pianura pavese all'alta e media pianura delle Province di Varese (settore sud), Milano, Monza Brianza, Lodi (settore sud), Cremona (settore sud) e Brescia (settore sud). I caratteri salienti della descrizione del corpo idrico sono riportati di seguito.

*"Nei settori orientali e meridionali il limite superiore dell'idrostruttura coincide sostanzialmente con il top dell'acquifero C, come ricostruito nella pubblicazione ENI AGIP 2003 e verificato attraverso le sezioni idrogeologiche elaborate ad hoc.*

*Il limite inferiore dell'idrostruttura, posto al passaggio al gruppo acquifero D, non è mai stato raggiunto da perforazioni a scopo di ricerca idrica; pertanto il limite del corpo idrico è stato fatto coincidere con quello della massima profondità raggiunta dalle esplorazioni profonde nel settore in esame.*

*Le litologie prevalenti sono nel complesso più fini rispetto all'ISI; nell'ambito pavese si riscontrano successioni di argille localmente torbose e sabbie o sabbie ghiaiose, mentre negli ambiti Ticino-Adda, Adda-Oglio sono presenti alternanze tra argille, localmente torbose e fossilifere, e ghiaie frequentemente cementate e in minor misura sabbie.*

*In riferimento allo studio di Regione Lombardia e di Eni Divisione Agip (Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia - 2002), l'acquifero è contenuto nel gruppo acquifero C ed è di tipo multistrato confinato, alimentato dalle idrostrutture superficiali e intermedie in corrispondenza delle aree prossime ai rilievi pedemontani (deflusso da monte) e alimentante l'acquifero superiore in corrispondenza delle zone di paleoalveo del Fiume Po."*

Nel PTUA vengono definite anche le aree di ricarica degli acquiferi; dalla consultazione degli elaborati relativi risulta che il territorio di Terno d'Isola è interamente compreso nelle zone di ricarica degli acquiferi superficiali e intermedio, mentre risulta compresa nell'area di ricarica dell'acquifero profondo solo la parte nord orientale del territorio comunale. Gli areali sono riportati nella tav. 4 - Carta idrogeologica.

## 10.2 Qualità delle acque sotterranee

I dati per determinare la qualità delle acque sotterranee sono desunti dai dati di Regione Lombardia, ARPA, pubblicati in rapporti annuali e dalle risultanze delle analisi chimiche delle acque prelevate da Amiacque sui pozzi presenti sul territorio comunale nonchè su dati forniti dalla stessa ARPA su piezometri presenti in Terno d'Isola e nei comuni limitrofi.

Nelle idrostrutture identificate come nel paragrafo precedente sono presenti punti di monitoraggio della qualità e della quantità delle acque sotterranee; nella fig. 10.3 sono riportati i punti di monitoraggio nel territorio limitrofo a Terno d'Isola.



**Fig. 10.3 - Rete di monitoraggio.** In azzurro i punti ricadenti nel corpo idrico APAO, in blu quelli nella ISI MPTM, in giallo ISP AMPLO. Il quadrato indica i punti della rete qualitativa, il cerchio quelli della rete quantitativa e le stelle della rete quali-quantitativa. Rete del 2016. I simboli grandi evidenziano i punti di cui sono stati forniti i dati direttamente da ARPA (anno 2022).

Nel corpo idrico GWBISSAPAO sono presenti 34 punti della rete di monitoraggio di cui, nel territorio di Terno d'Isola, uno relativo alla rete quantitativa (Piezometro PO0162130R0002, relativo al monitoraggio di una bonifica) e, attualmente, nessuno relativo alla rete qualitativa

(dati PTUA 2016, scaricabili dal Geoportale di Regione Lombardia); i più vicini punti di monitoraggio della rete qualitativa sono Curno, Valbrembo e Capriate San Gervasio.

Nel sessennio 2009-2014 era presente in comune di Terno d'Isola anche un punto di monitoraggio qualitativo, non compreso nella rete descritta nel PTUA 2016. Le caratteristiche del piezometro di monitoraggio, così come desunte dallo "Stato delle acque della provincia di Bergamo" anno 2012 sono riportate di seguito.

N	COMUNE	CODICE	GRUPPO ACQUIFERO	UTILIZZO	RETE DI MONITORAGGIO
32	TERNO D'ISOLA	PO0162130R0228	B	NON DEFINITO	QUALITATIVO

Su specifica richiesta, ARPA Lombardia ha fornito i valori analitici del summenzionato punto di controllo per il periodo compreso tra da aprile 2009 e luglio 2014.

		30/04/2009	10/11/2009	27/04/2010	03/11/2010	10/05/2011	05/12/2011	21/05/2012	10/12/2012	28/05/2013	07/11/2013	01/01/2014	01/07/2014
1,2-dicloroetilene	µg/l							<0,5	<0,5	<1	<1		
1,2,4-Triclorobenzene	µg/L							<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
1,4-diclorobenzene	µg/L							<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Alachlor	µg/l							<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Aldrin	µg/L					<0,03	<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
AMPA	µg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1					<0,1	<0,1		
Antimonio	µg/L					<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Arsenico	µg/L				<1	1	<1	1	<1	<1	<1	<1	<1
Atrazina	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,03	<0,05	<0,03	<0,03	<0,03
Atrazina-desetil	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Atrazina-desisopropil	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Azoto Totale	mg/l N						2,9	2,5	2,8	3,8	3	3,3	3,5
Bentazone	µg/L							<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Benzene	µg/L					<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Benzo (a) pirene	µg/l					<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo (b) fluorantene	µg/l					<0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo (g,h,i) perilene	µg/l							<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo (k) fluorantene	µg/l					<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bicarbonati	mg/l HCO <sub>3</sub>											nd	354

Boro	µg/L							<50	<50	<50	65	<50	60
Bromacil	µg/L							<0,1	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Bromodichlorometano	µg/L					<0,17	<0,17	<0,17	<0,17	<0,17	<0,17	<0,17	<0,17
Cadmio	µg/L				<0,2	<0,2	<0,2	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
Calcio	mg/L						76,1	77	81,6	100,8	79,5	84	96
Cianuri liberi	µg/L							<10	<10	<10	<10	<10	<10
Clorobenzene	µg/L							<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cloruri	mg/l Cl	15	14	14	12	17	15	17	13	10	14	12	10
Cloruro di Vinile	µg/l							<0,5	<0,5				
Conducibilità elettrica a 20°C	µS/cm	538	521	539	541	485	505	511	538	603	503	520	551
Cromo totale	µg/L				<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cromo VI	µg/L				<5		<5		<5	<5	<5	<5	<5
DDD,DDT,DDE	µg/l					<0,03	<0,03	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dibenzo(a,h)antracene	µg/L					<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibromoclorometano	µg/L					<0,13	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13
Dicamba	µg/L		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1
Diclorobenzammide 2,6	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Dicloroetano 1,2	µg/l					<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Dicloroetilene cis	µg/l									<1	<1	<1	<1
Dicloroetilene trans	µg/l									<1	<1	<1	<1
Diclorometano	µg/L							<0,5	<0,5	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
Dioldrin	µg/L					<0,03	<0,03	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Durezza (totale)	mg/L CaCO <sub>3</sub>	269	259	288	264	241	259	263	252	352	267	280	306
Endrin	µg/L									<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Esaclorobenzene	µg/L							<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Esaclorobutadiene	µg/L					<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
Etilbenzene	µg/L					<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<1	<1	<1	<1
Ferro	µg/L	<10	<10	<10	13	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Fluoruri	µg/L							150	<100	<200	<200	<200	<500
Fosforo Totale	mg/l P											nd	0,025
Glifosate	µg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1					<0,1	<0,1		
HCH-beta	µg/l					<0,03	<0,03	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Idrocarburi totali (espressi n-esano)	µg/L									<50	<50		
Indeno(1,2,3- cd)pirene	µg/L					<0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Ione Ammonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	µg/l	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<20	<20	<20	<20
Isodrin	µg/L									<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Isopropilbenzene	µg/L							<1	<1	<1	<1	<1	<1
Linuron	µg/L							<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

m+p-Xilene	µg/L							<0,5	<0,5				
Magnesio	mg/L						16,9	17,3	18,2	24,3	16,7	17	16,1
Manganese	µg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Mercurio	µg/L				<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Metolachlor	µg/l							<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Molinate	µg/L							<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Nichel	µg/L							<10	<10	<2	<2	<2	<2
Nitrati	mg/L	16	13	14	15	11	13	11	12,4	16,7	13,5	14,4	15,6
Nitriti	µg/L							<30	<30	<20	<20	<20	<20
Nitrobenzene	µg/L											<2,5	<2,5
Ossigeno % di saturazione	% sat.											nd	nd
Ossigeno disciolto	mg/l O2											nd	8,65
Pentaclorobenzene	µg/L					<0,5	<0,5	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
pH	pH									7,5	8,1	7,8	nd
Piombo	µg/L							<2	<2	<2	<2	<2	<2
Potassio	mg/L	1,5	1,2	1,2	1,6	1,2	1	<0,05	1,7	1,5	1,6	1,2	1,3
Propanil	µg/L							<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Selenio	µg/L					2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Simazina	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Sodio	mg/L	19,2	19,8	17,7	13,7	17,6	19,2	<0,05	18	9,4	19,3	13	11,8
Solfati	mg/l SO4	16	16	17	18	13	16	15	17	22	15	16	18
Somma tricloroetilene + tetracloroetilene	µg/l		<1+<1	<1+<1	<1+<1	<0,5+<0,5	<0,5+<0,5	<0,5+<0,5	<0,5+<0,5	<0,5+<0,5	<0,5+<0,5	<0,5+<0,5	<0,5+<0,5
Stirene	µg/L							<0,5	<0,5	<1	<1	<1	<1
Terbutilazina	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Terbutilazina desetil	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tetracloroetano 1,1,2,2	µg/L							<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tetracloroetilene	µg/L		<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Tetracloruro di carbonio	µg/l							<0,2	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
Toluene	µg/L					<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<1	<1	<1	<1
Triclorobenzeni	µg/L							<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Tricloroetano 1,1,1	µg/l	<1						<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Tricloroetano 1,1,2	µg/l							<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Tricloroetilene	µg/L	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Triclorometano	µg/l	1						<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
Vanadio	µg/L					<20	<20	<1	<20	<20	<20	<20	<20
Xilene (somma isomeri)	µg/L									<1	<1	<1	<1
Xilene orto	µg/l							<0,5	<0,5	<1	<1	<1	<1
Xilene para	µg/l					<0,5	<0,5	<0,5					

Zinco	µg/L									32	<20	<20	<20
Temperatura (alla fonte)	C	14	14,3	14	14	14	13,9	15	13,6			nd	14,5

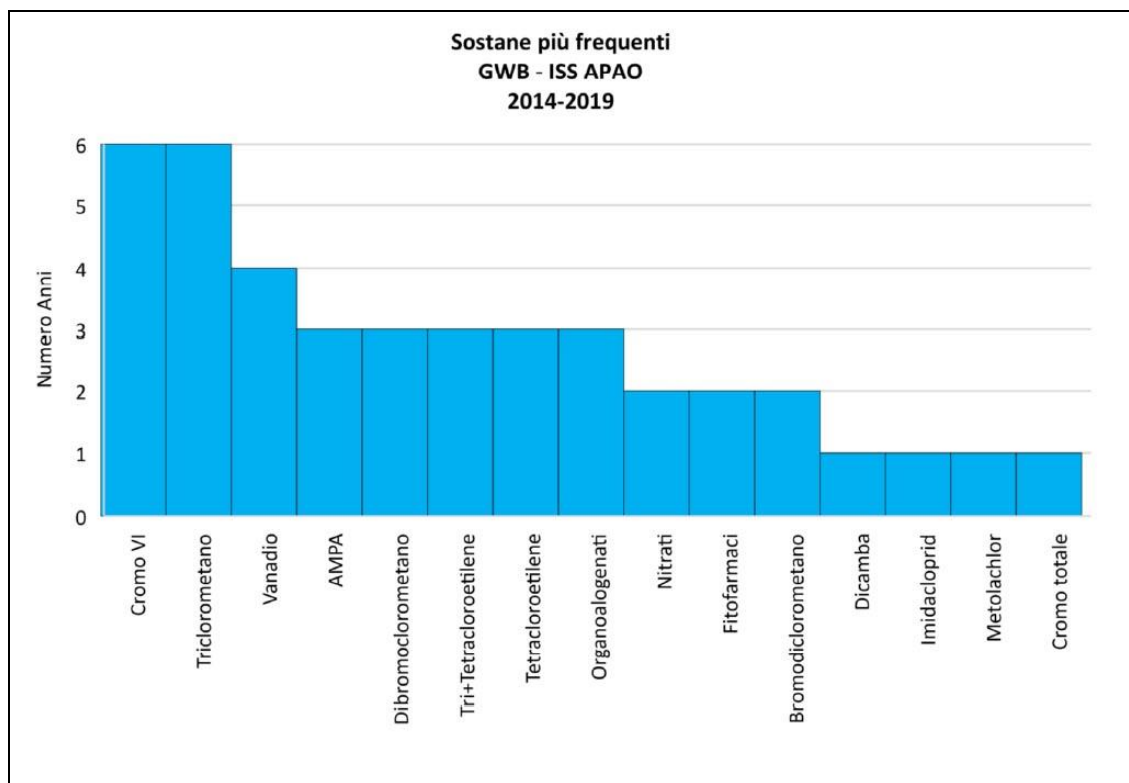
**Tab. 10.1** - Valori analitici per il piezometro PO0162130R0228 nel sessennio 2009-2014. Fonte dati ARPA Lombardia

A scala generale del corpo idrico i dati di qualità delle acque possono essere desunti dallo " Stato delle acque sotterranee in Regione Lombardia" (ARPA\_2021).

I risultati delle analisi consentono di definire lo Stato Chimico delle acque sotterranee (SC) considerando un serie di "*categorie di sostanze - metalli - elementi in traccia, inquinanti inorganici - composti e ioni inorganici, composti organici aromatici, policiclici aromatici, alifatici clorurati, alifatici alogenati cancerogeni, nitrobenzeni, clorobenzeni, pesticidi, diossine e furani, altre sostanze, composti perfluorurati (questi ultimi introdotti dal D.M. del 2016).*"

I valori soglia sono riferiti alla D.Lgs. 30/2009 per il triennio 2014-2016 e al D.m 6/7/2016 per il triennio 2017-2019. La classificazione che tiene conto anche dei Valori di Fondo Naturale (VFN) approvati con D.G.R. 3903 del 23.11.2020

Nel corpo idrico in cui ricade Terno d'Isola, nel sessennio di controllo 2014-19 si sono avuti alcuni superamenti rispetto ai valori soglia; il quadro riassuntivo è riportato nella fig. 10.4



**Fig. 10.4** - Numero di anni e sostanze per cui si è avuto superamento dei valori dei valori soglia o degli standard di qualità nel corpo idrico GWBISSAPAO nel periodo 2014-2019 (da: Stato delle acque sotterranee in Regione Lombardia, 2021)

Tenendo conto dei superamenti delle soglie durante il sessennio i corpi idrici possono essere valutati come stato chimico buono o non buono.

Sempre nella relazione sullo stato delle acque viene riportato che "la procedura per la valutazione dello Stato Chimico è delineata all'art. 4 comma 2 del D.Lgs 30/2009, prevede che un Corpo o un gruppo di Corpi Idrici sotterranei sono considerati in buono stato chimico quando ricorra una delle seguenti condizioni:

- sono rispettate le condizioni riportate all'Allegato 3, Parte A, Tabella 1 del D.Lgs 30/2009 (ossia che le concentrazioni di inquinanti siano tali da non presentare effetti di intrusione salina o di altro tipo, da non superare gli standard di qualità applicabili e da permettere il raggiungimento degli obiettivi ambientali per le acque superficiali connesse);
- sono rispettati, per ciascuna sostanza controllata, gli standard di qualità ed i valori soglia di cui all'Allegato 3, Parte A, Tabelle 2 e 3 del D.Lgs 30/09, in ognuno dei siti individuati per il monitoraggio del Corpo Idrico sotterraneo o dei gruppi di corpi idrici sotterranei;

-lo standard di qualità delle acque sotterranee o il valore soglia è superato in uno o più siti di monitoraggio, che comunque rappresentino non oltre il 20% dell'area totale o del volume del corpo idrico per una o più sostanze ed un'appropriate indagine conferma, sostanzialmente, che non siano messi a rischio:

- gli obiettivi prefissati per il Corpo Idrico,
- gli ambienti superficiali connessi,
- gli utilizzi e la salute umani.

Con D.g.r. D.G.R. 3903 del 23.11.2020 sono considerati anche i valori di fondo naturale, per cui per ogni idrostruttura, per ogni anno e per l'intero sessennio 2013-2019 sono stati formulati da ARPA due giudizi, tenendo conto e senza tener conto dei valori di fondo naturale.

In base a tali parametri il corpo idrico in cui ricade il comune di Terno d'Isola ricade nello stato non buono, anche considerando i valori di fondo naturale e, come obiettivo, viene posto il raggiungimento dello stato buono entro il 2027.

Corpo Idrico Sotterraneo	Stato Chimico 2014-2019	Stato Chimico 2014-2019 con VFN
GWB ISS APAO	NON BUONO	NON BUONO

**Fig. 10.5** - Stralcio della tabella 5 dello "Stato delle acque 2019". Si nota come per il sessennio 2014-2019 il corpo idrico in cui è compreso Terno d'Isola abbia una valutazione "non buono".

Anche considerando solo l'anno 2019, l'ultimo del sessennio, lo stato di qualità della medesimo corpo idrico appare non buono.

Corpo Idrico	Stato Chimico 2019	Sostanze che determinano la Classificazione	Stato Chimico 2019 Con VFN
GWB ISS APAO	NON BUONO	Triclorometano	NON BUONO

**Fig. 10.6** - Stralcio della tabella 11 dello "Stato delle acque 2019". Si nota come per l'anno 2019 il corpo idrico sotterraneo in cui è compreso Terno d'Isola abbia una valutazione "non buono"

Dai dati scaricabili dal sito di Arpa Lombardia (<https://www.arpalombardia.it/dati/2020/acqua/stato-chimico/>) si evince come per l'anno 2020 il corpo idrico GWBISSAPAO risulti essere nello stato "buono"; si segnala tuttavia che a causa della pandemia COVID "per l'anno 2020, a seguito dell'emergenza COVID-19 e del conseguente periodo di lockdown, che ha implicato una rimodulazione delle attività di monitoraggio, è stata eseguita una sola campagna di monitoraggio relativamente alle acque sotterranee. La procedura di calcolo dello Stato Chimico per corpo idrico sotterraneo tiene conto di singoli dati analitici riconducibili alla campagna autunnale e, di un giudizio di classificazione di Stato, che tiene esclusivamente conto per le sostanze Arsenico e Ione Ammonio, dei Valori di Fondo Naturale (VFN) individuati nell'ambito "dello Studio Regionale di approfondimento -Valutazione dei valori di fondo per le acque sotterranee - Regione Lombardia - Università degli Studi di Milano-Bicocca - Dicembre 2019". Rispetto all'anno 2019 l'adozione di nuovi Valori Soglia e l'identificazione dei VFN per le sostanze Arsenico e Ione Ammonio, ha determinato il cambiamento del giudizio di Stato Chimico di n. 5 corpi idrici sotterranei. E' possibile osservare come, al 57% dei corpi idrici sotterranei sia attribuito lo stato BUONO e al restante 43% dei corpi idrici sotterranei sia attribuito lo stato NON BUONO."

CORPO IDRICO	SC	CAUSE SC NON BUONO
GWB ISS APTA	NON BUONO	Triclorometano
GWB ISS APAO	BUONO	
GWB ISS APOM	BUONO	

**Fig. 10.7** - Stralcio della tabella con lo stato delle acque al 2020 (Fonte <https://www.arpalombardia.it/dati/2020/acqua/stato-chimico/>)

Sempre relativamente alla qualità delle acque sotterranee sono stati forniti da UNIACQUE s.r.l., per gli anni 2020-2021, le analisi delle acque prelevate dai due pozzi idropotabili comunali che

vengono riportati nelle relative schede pozzo (allegato 1).

### **10.3 Stato quantitativo delle acque sotterranee**

Per quanto riguarda lo stato quantitativo, nel "Rapporto Stato delle acque sotterranee in Regione Lombardia- Rapporto triennale 2014-2016", ultimo anno per cui si hanno dati di sintesi a livello di macroarea per questo tema, si evince che lo stato quantitativo sia buono, al pari degli altri corpi idrici sotterranei.

Tale giudizio si basa sull'analisi dei trend piezometrici rilevati nel sessennio 2009-2014, con costruzione del trend e costruzione della linea di tendenza; se la percentuale dei punti caratterizzati da trend in discendenza è uguale o superiore al 20% del totale lo stato quantitativo del corpo idrico è considerato scarso, in caso contrario buono.

Per le valutazioni attinenti alla piezometria si rimanda al paragrafo successivo.

#### **10.3.1 Piezometria**

Nella tavola 4 - Carta Idrogeologica è riportata la piezometria relativa all'anno 2014 (settembre) come ricavata dal PTUA 2016 mentre nella sezione (vedi allegati) sono evidenziate le superfici piezometriche di maggio e settembre dello stesso anno.

Dalla ricostruzione, a base regionale, si evince come la superficie della falda abbia una direzione NE-SW nel settore centro occidentale del comune, mentre nel settore orientale vi sia una più marcata componente in direzione Sud.

Le curve isopiezometriche indicano che la falda è a quote maggiori nel mese di settembre rispetto a maggio con una differenza, nel 2014, variabile tra 1,5 e 3 m. La quota della falda passa dai 200 m s.l.m, nel settore a NE del territorio comunale a circa 177 m circa nel settore sud occidentale, al confine con Medolago.

Il gradiente della falda varia tra circa il 5 per mille nella zona a Nord e circa il 12 per mille nella zona a Sud.

Rispetto alla situazione riportata nello studio geologico del 2002 la direzione di deflusso della falda è simile, mentre la quota delle isopiezometriche del 2014 è più elevata, in quanto nel 2002 era compresa tra i 185 e i 165 m s.l.m. circa.

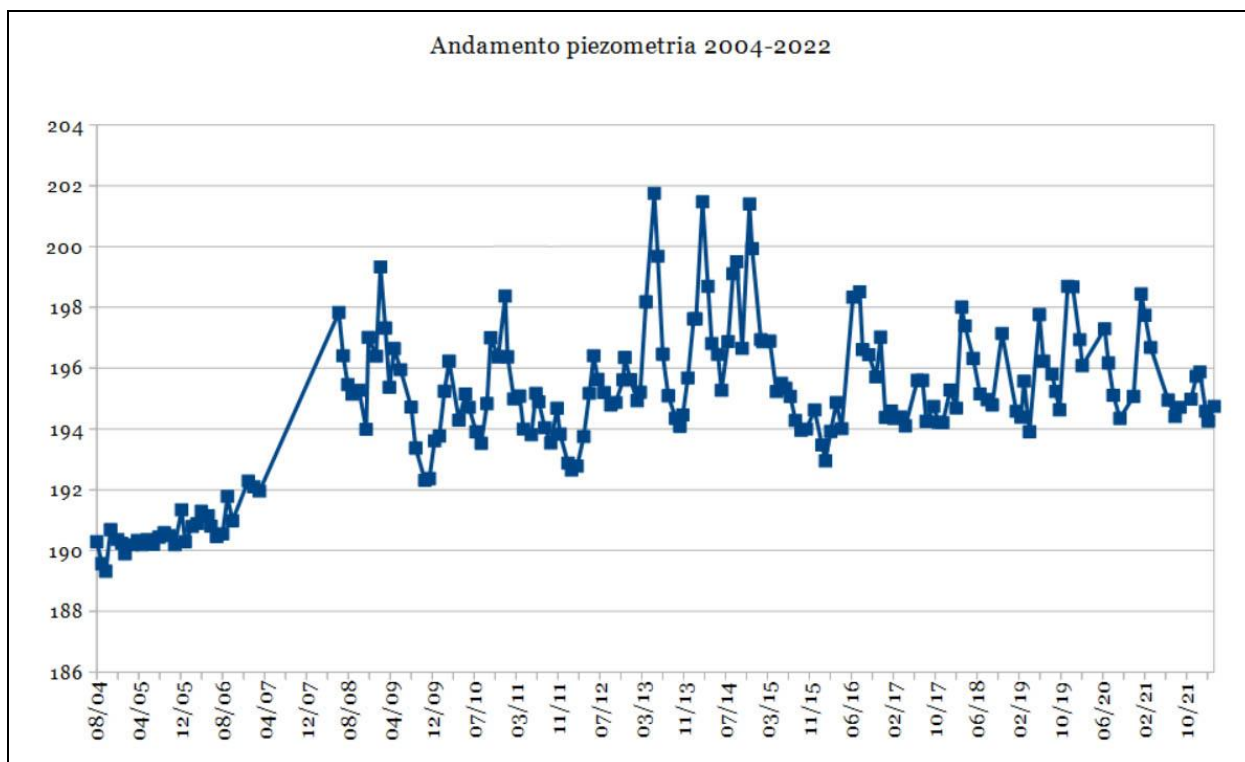
Come accennato, nel comune di Terno d'Isola è presente un piezometro per il monitoraggio piezometria (PO0162130R0002) situato nella parte nord del centro abitato, in prossimità del cimitero, i cui dati sono riportati di seguito.

N	COMUNE	CODICE	GRUPPO ACQUIFERO	UTILIZZO	RETE DI MONITORAGGIO
22	TERNO D'ISOLA	PO0162130R0002	B	NON DEFINITO	QUANTITATIVO

<b>PO0162130R0002</b>	
Quota s.l.m	230,29
Profondità	58 m
Filtri	30-52 m
corpo idrico	IT03GWBISSAPAO
uso	monitoraggio bonifica
monitoraggio	quantitativo

A seguito di specifica richiesta, Arpa Lombardia ha fornito i dati relativi al periodo 2001 - 2022 per il piezometro succitato e altri piezometri situati nei comuni vicini. Nel piezometro di Terno d'Isola si può notare come la falda oscilla dal 2015 ad oggi tra 194 e 199 m s.l.m. circa, con escursioni annuali intorno ai 4 m circa; tra febbraio 2007 e giugno 2008, periodo nel quale mancano i dati, si assiste a un innalzamento consistente della falda; il periodo 2013-2015 è caratterizzato da forti escursioni (anche 8 m) e livelli massimi che sfiorano i 202 m s.l.m., che sono i maggiori registrati in tutto il periodo 2004-2022 (circa 2 m in più rispetto a settembre 2014). Successivamente si ha un abbassamento dei livelli massimi e la situazione rimane abbastanza costante con oscillazioni che variano circa tra 194 e 198 m s.l.m.

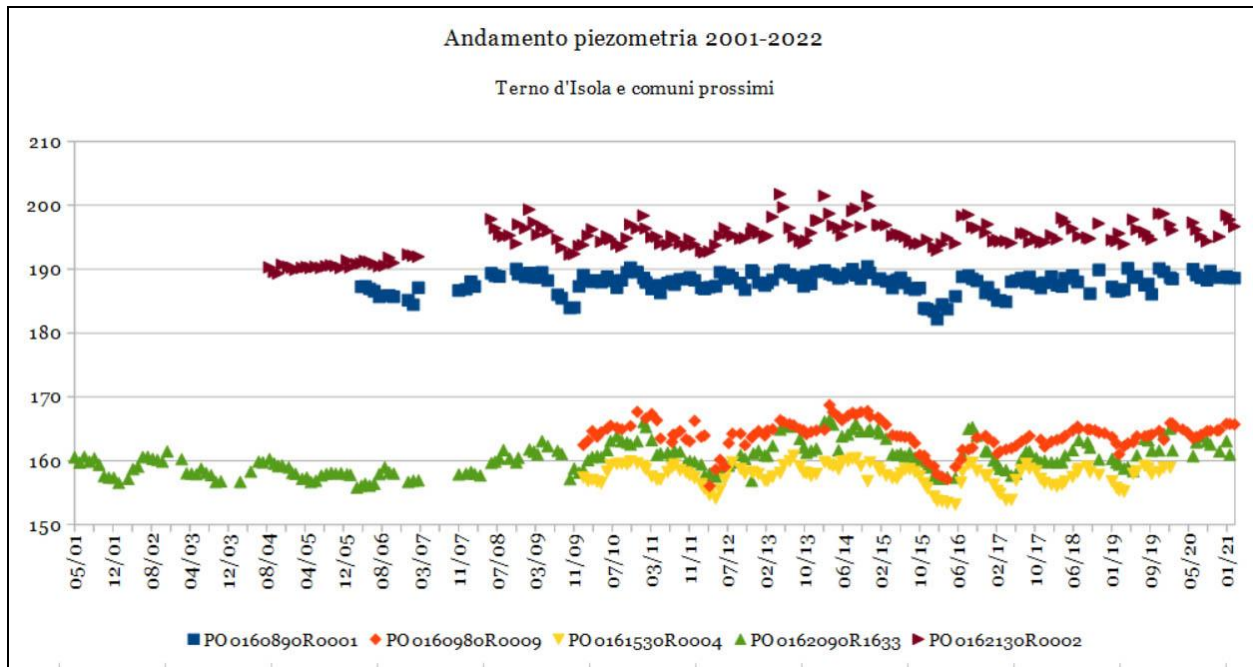
I massimi e i minimi non hanno una distribuzione regolare nel corso dell'anno; i massimi si riscontrano sia nel tardo autunno e inverno sia tarda primavera estate, mentre i minimi sono in genere localizzati tra settembre e novembre.



**Fig. 10.8** - Andamento della piezometria nel piezometro PO0162130R0002 dal 2004 al 2022 (dati forniti da Arpa Lombardia)

A livello generale, l'andamento è simile a quello riscontrato negli altri punti di controllo situati in comuni limitrofi, come evidenziato dalla figura seguente.

Si rileva tuttavia una leggera differenza tra la misura rilevata dal piezometro e i dati di piezometria presenti nel PTUA; nel mese di maggio 2014 la quota della falda misurata del piezometro è 196,45 m s.l.m. mentre dai dati del PTUA si può ricostruire una quota piezometrica di circa 195,3 m s.l.m. circa; nel mese di settembre la quota della falda misurata nel piezometro è 199,5 m s.l.m. mentre la quota ricostruita dai dati PTUA è 198 m s.l.m. I valori misurati nel piezometro risultano quindi più elevati di circa 1 - 1,5 m rispetto a quelli dedotti dal PTUA.

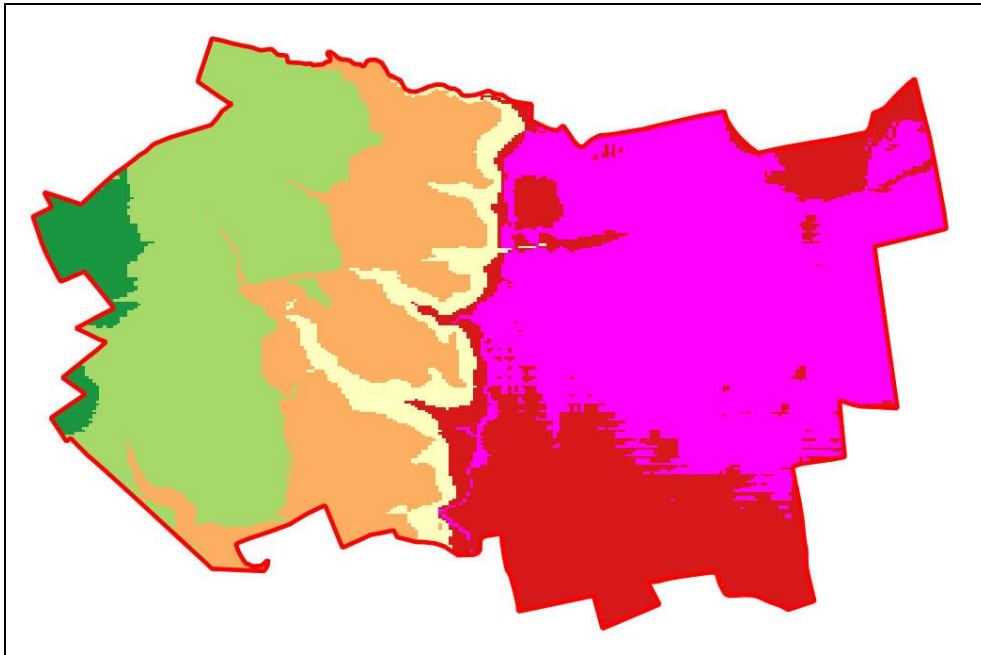


**Fig. 10.9** - Andamento della piezometria nei piezometro PO0160890R0001, PO0160980R0009, PO0161530R0004, PO0162090R1633 e PO0162130R0002 dal 2004 al 2022 (dati forniti da Arpa Lombardia)

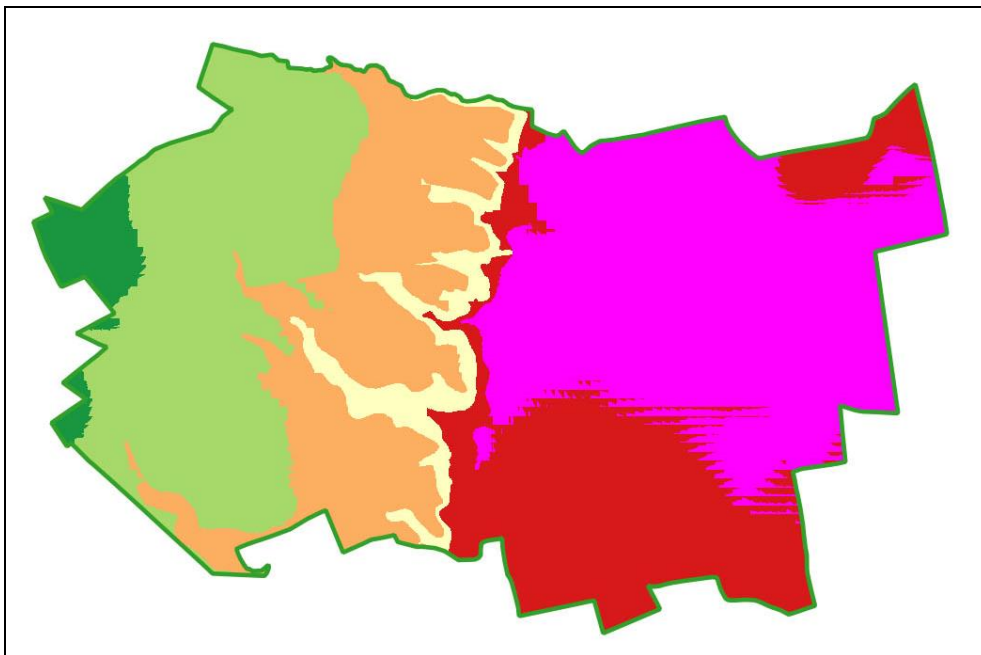
### 10.3.2 Soggiacenza

Per determinare la soggiacenza della falda è stato considerato il DTM con maglia 5x5 di Regione Lombardia e il modello tridimensionale ricavato dalle curve isopiezometriche relative al mese di settembre 2014 sopra citate (Fig. 10.10); i valori minimi di soggiacenza si trovano nel settore Est del territorio comunale e lungo il corso del Torrente Buliga (33 -35 m), mentre i valori più elevati sono presenti verso il confine Ovest del comune (71 m circa) a causa sia della maggiore quota topografica sia al graduale abbassamento della falda verso SudOvest.

Una ulteriore elaborazione è stata effettuata considerando il DTM estratto dalle curve di livello della carta tecnica comunale, che differisce per alcuni dettagli dal DTM di Regione Lombardia; il risultato è riportato in fig. 10.11, in cui si può osservare come gli scostamenti dai valori di soggiacenza riportati in fig. 10.10 siano minimi.



**Fig. 10.10** - Carta della soggiacenza nel territorio di Terno d'Isola (viola: 32-35 m; rosso 35-40; giallo 40-50 m; arancione 50-60; verde chiaro 60-70; verde scuro 70-71 m). Da elaborazione DTM regione Lombardia e curve isopiezometriche PTUA 2016 (relative all'anno 2014).



**Fig. 10.11** - Carta della soggiacenza nel territorio di Terno d'Isola (viola: 32-35 m; rosso 35-40; giallo 40-50 m; arancione 50-60; verde chiaro 60-70; verde scuro 70-71 m). Da elaborazione base topografica comunale e curve isopiezometriche PTUA 2016 (relative all'anno 2014).

Dall'analisi relativa alla piezometria illustrata nel paragrafo precedente, si deduce che i valori di soggiacenza ricavati dall'elaborazione, al netto di imprecisioni dovute alla ricostruzione alla scala regionale della superficie piezometrica, sembrerebbero i valori minimi, in quanto periodo 2013- 2014 è caratterizzato dalla presenza di una falda a quota tendenzialmente più elevata rispetto agli anni successivi e precedenti. Si sottolinea, tuttavia, come i valori forniti per il piezometro PO0162130R0002 indichino un livello piezometrico leggermente più elevato, e quindi una soggiacenza inferiore, rispetto a quanto si evince dalla piezometria allegata al PTUA. Si rimarca, quindi, che essendo una ricostruzione di massima, basata su valori a base regionale, il valore della profondità della falda (e di conseguenza di soggiacenza) non possono essere presi come valori di progetto per la realizzazione di qualsivoglia opera, ma costituiscono solo parametri indicativi. Qualora fosse necessario, per le opere in progetto, determinare la quota della falda, è necessario predisporre rilevamenti e misurazioni *ad hoc*.

#### **10.4 Vulnerabilità della falda**

Per quanto attiene la vulnerabilità della falda, nella precedente relazione Anlus (2002) venivano distinte due classi di vulnerabilità. Si legge infatti che *"L'acquifero libero del primo sistema è caratterizzato da un'elevata vulnerabilità agli inquinanti veicolati dalle acque di infiltrazione meteorica e dalle acque disperse dai torrenti e dai canali di irrigazione, dal momento che pur essendo presente un'elevata frazione fine nei depositi superficiali, questi ultimi non rappresentano un valido ostacolo alla percolazione di inquinanti.*

*Gli acquiferi più profondi captati per usi potabili, situati nei depositi dell'unità del Ceppo dell'Adda", presentano una discreta protezione fornita dai depositi argillosi appartenenti alla sovrastante unità fluvioglaciale antica."*

Nel presente studio si è condotta una analisi preliminare della vulnerabilità della falda utilizzando il metodo G.O.D. (Foster, S et al. 2002) che consente di individuare la classe di vulnerabilità (suddivisa in 5 livelli) a partire da pochi elementi di facile determinazione.

Tale metodo, al netto di una necessaria semplificazione, ha l'innegabile vantaggio di non utilizzare parametri che sono spesso di difficile reperimento e la cui validità è confinata ad un sito di ristretta estensione.

Il metodo si basa sui seguenti 3 parametri

**G** = grado di confinamento dell'acquifero (da libero a confinato)



Zona	Valore G.O.D.	Vulnerabilità
Pianalto,	0,30	Bassa /moderata
Fondivalle e scarpate	0,35	Moderata
Pianura	0,5*	Alta

\* Valore ottenuto 0,49, arrotondato a 0,5 considerando le incertezze del metodo

Il significato delle classi di vulnerabilità è riportato nella figura seguente

Grado di vulnerabilità	Definizione
Elevata	Vulnerabilità alla maggioranza degli inquinanti con rapido impatto in molti dei possibili scenari di inquinamento
Alta	Vulnerabilità a molti inquinanti (eccetto quelli fortemente adsorbiti o velocemente trasformati) con rapido impatto in tutti gli scenari di inquinamento
Moderata	Vulnerabilità a qualche inquinante ma solo quando rilasciati in maniera continua
Bassa	Vulnerabilità nel caso di inquinanti conservativi rilasciati in maniera continua
Trascurabile	Sono presenti strati confinanti con flusso verticale non significativo

**Fig. 10.13** - Tabella della vulnerabilità del metodo G.O.D. (Da Foster, S.; et al, 2002: tradotto in *Idrogeologia della pianura piemontese. Regione Piemonte, 2005*)

La zona più vulnerabile è la zona di pianura, dove concorrono gli effetti della presenza di un sottosuolo più permeabile e una più ridotta soggiacenza della falda, cosa che porta la vulnerabilità al limite tra la classe moderata e alta, mentre la falda risulta più protetta nella zona del pianalto, con valori a cavallo tra la vulnerabilità moderata e bassa.

La suddivisione delle aree a diversa vulnerabilità è riportata nella tav. 4 - Carta idrogeologica.

### 10.5 Siti contaminati

Dalla consultazione degli elenchi dei siti contaminati scaricabili dal sito di Regione Lombardia (portale AGISCO), aggiornata a dicembre 2022, risulta censito un solo sito contaminato, mentre non sono segnalati siti bonificati.

Elenco dei siti contaminati (al 31/12/2022)  
fonte dati: AGISCO (Anagrafe e gestione Integrata Siti Contaminati)

Comune	Codice AGISCO	Denominazione	indirizzo	Tipologia sito
TERNO D'ISOLA	BG213.0001	ditta FBM HUDSON, con Chignolo d'Isola	via Valtrighe 5	aree industriali in attività

## 10.6 Stima della disponibilità idrica

Nel presente capitolo viene fatta una prima stima della disponibilità idrica comunale, basandosi sui dati delle immissioni e prelievi dalla rete fornite dal gestore del sistema idrico integrato.

L'approvvigionamento di acqua potabile del comune di Terno d'Isola è assicurato dal gestore del servizio idrico integrato, nello specifico da Uniacque S.p.A che è subentrata alla precedente Hidrogest S.p.A. a novembre 2019 per tutto ciò che è inerente l'acquedotto, la fognatura e la depurazione delle acque.

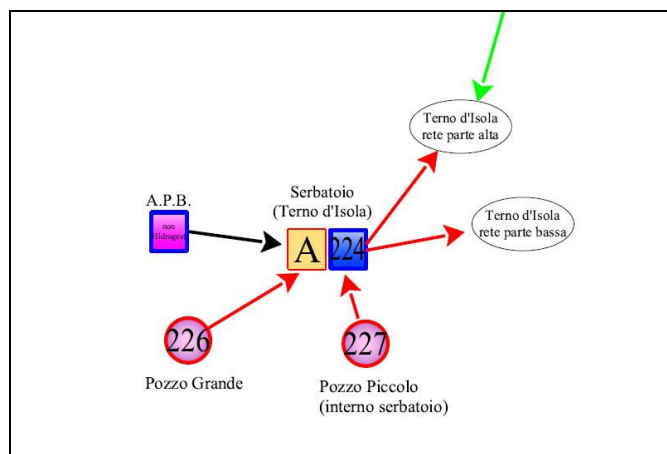
### 10.6.1. Schema della rete

L'approvvigionamento è assicurato sia da pozzi presenti sul territorio comunale che di fonti esterne.

Lo schema della rete (fornito da Uniacque) è relativamente semplice; come visibile nella fig. 10.14, il comune di Terno d'Isola è fornito di due pozzi (denominati Pozzo Grande e Pozzo Piccolo) che recapitano acqua ad un serbatoio dal quale poi viene distribuita nel comune.

Al serbatoio vengono recapitate anche le acque provenienti dall'Acquedotto della Pianura Bergamasca (A.P.B. nella fig. 10.13) e la rete è inoltre in connessione con quella di Sotto il Monte. I due pozzi sono situati nella parte Ovest del territorio comunale, in prossimità del limite del pianalto nei pressi di Via delle Castagne.

E' presente, sempre nella stessa zona, anche un ulteriore pozzo che risultava già dismesso nel 2002.



**Fig. 10.14** - Schema della rete di Terno d'Isola. i pozzi (226 e 227) alimentano il serbatoio nel quale confluiscono anche le acque derivate dall'acquedotto della pianura bergamasca. Nella figura si fa riferimento ancora a Hydrogest spa, cui è subentrata Uniacque spa nel 2019.

La posizione dei pozzi riportata nella cartografia allegata deriva da sopralluoghi effettuati direttamente con l'accompagnamento dei tecnici comunali.

I dati riassuntivi dei pozzi sono illustrati nella tabella seguente, mentre si rimanda all'allegato 1 - Schede Pozzo per i dettagli.

Denominazione	Longitudine (WGS 84)	Latitudine (WGS 84)	prof. pozzo (m)	prof. tetto filtri (m)	prof. base filtri (m)
1- Pozzo piccolo	540793.48	5059194.17	175	40	166
2 -Pozzo grande	540746.77	5059068.51	190	46	166
3 -Pozzo in disuso	540832.67	5059180.07	102	36	80

Per completezza si riportano anche gli altri pozzi privati presenti sul territorio comunale, come desunti dal sistema informativo SITer@ della Provincia di Bergamo e dai dati pregressi (Comune di Terno d'Isola, Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica redatta da ANLUS, 2002)

Denominazione	Posizione	prof. pozzo (m)	prof. tetto filtri (m)	prof. base filtri (m)
4	via Roma	155	52,5	144
5	via delle Valli	?	?	?
6	via Valtrighe	178	30	120

### 10.6.2. Apporti di acque

Come specificato nei paragrafi precedenti, le fonti di approvvigionamento sono due pozzi (Pozzo grande e pozzo piccolo) e le derivazioni dall'acquedotto della pianura bergamasca; vi è inoltre il collegamento anche con la rete proveniente dal comune di Sotto il Monte.

Dai dati forniti dal gestore riferiti agli anni 2010-2020 si evince che il solo prelievo dai pozzi è sempre stato insufficiente a garantire i consumi nel Comune di Terno d'Isola.

Escludendo gli anni dal 2010 al 2013, per i quali non vi sono dati per il pozzo piccolo, la differenza tra i volumi immessi nella rete e quelli estratti dai pozzi è più del doppio dei volumi emunti; ciò significa che in questo periodo i pozzi hanno contribuito per meno di un terzo alle acque immesse nella rete di Terno d'Isola.

	Pozzo Grande	Pozzo Piccolo	Somma	Immessi	Apporti non da pozzo
2010	248.655	N.D	248.655	602.903	354.248
2011	241.597	N.D	241.597	712.655	471.058
2012	203.301	N.D	203.301	828.814	625.513
2013	209.424	N.D	209.424	1.009.296	799.872
2014	231.268	84.900	316.168	1.038.575	722.407
2015	205.632	131.806	337.438	946.848	609.410
2016	182.964	158.525	341.489	1.060.221	718.732
2017	181.050	104.387	285.437	1.092.477	807.040
2018	183.015	33.235	216.250	997.448	781.198
2019	173.892	88.790	262.682	1.046.350	783.668
2020	179.933	37.774	217.707	984.562	766.855

### 10.6.3. Prelievi

I consumi di acqua nel comune di Terno d'Isola ripartiti per tipi di utenze sono riportati nella tabella seguente. Per il solo anno 2020 è presente anche una suddivisione più dettagliata, che viene fornita a parte.

Anno	Uso domestico	Uso industriale	Idranti	Fatturato (m <sup>3</sup> )
2010	N.D	N.D	N.D	612.096
2011	N.D	N.D	N.D	576.341
2012	456.912	119.911	4.200	581.023
2013	507.026	120.075	657	627.758
2014	493.290	119.710	7.870	620.870
2015	465.115	114.357	9.029	588.501

2016	462.534	173.658	5.873	642.065
2017	733.969	166.256	3.343	903.568
2018	481.014	110.562	1.063	592.639
2019	496.491	103.883	1.729	602.103
2020	483.990*	45.820*		572.948*

*Anno 2020							
Uso	Domestico	Industriale	Artigianale	Agricolo	Pubblico	Altro	Totale
<b>Fatturato (m<sup>3</sup>)</b>	483.990	45.820	22.183	3.008	13.595	4.352	572.948

Da quanto è osservabile i consumi (fatturati) oscillano intorno ai 600.000 m<sup>3</sup>/a con l'eccezione del 2017 per il quale si è avuto un picco a oltre 900.000 m<sup>3</sup>.

La maggior parte dei consumi è in carico agli usi domestici che costituiscono circa l'80% del totale, mentre l'uso industriale oscilla intorno al 19-20% circa; una situazione anomala si riscontra negli anni 2016-17 in cui il consumo industriale è aumentato con valori intorno ai 170.000 m<sup>3</sup>. Nel 2016 il consumo domestico è rimasto pressochè invariato e di conseguenza la percentuale del consumo industriale è arrivata al 27% del totale, mentre nel 2017 il consumo domestico è aumentato in modo notevole, passando da 463.000 a 734.000 m<sup>3</sup> circa, e questo ha fatto sì che la percentuale di consumo domestico e industriale in rapporto al consumo totale sia rimasto in linea con gli altri anni.

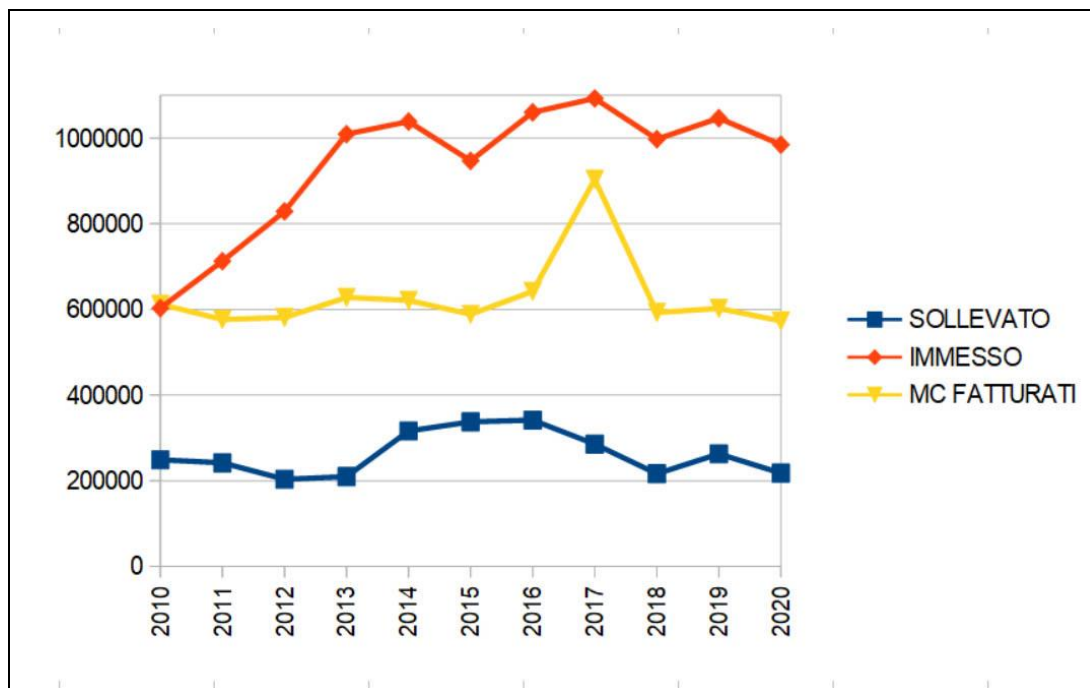
I volumi fatturati sono stati confrontati con i volumi immessi in rete; la differenza comprende sia i consumi non fatturabili sia le perdite di tutto il sistema.

La tabella seguente illustra la differenza tra volumi immessi e volumi fatturati

Anno	Imnesso	Fatturato (m <sup>3</sup> )	Diff. Immessi - Fatt
2010	602903	612096	-9193
2011	712655	576341	136314
2012	828814	581023	247791
2013	1009296	627758	381538
2014	1038575	620870	417705
2015	946848	588501	358347
2016	1060221	642065	418156
2017	1092477	903568	188909
2018	997448	592639	404809
2019	1046350	602103	444247
2020	984562	572948	411614

La percentuale tra i volumi non fatturati e il quantitativo di acqua immesso in rete è abbastanza

variabile, passando dal 17% al 40% circa. Il quadro è illustrato in fig. 10.15 in cui al grafico è stato aggiunto anche il valore di sollevato dai pozzi comunali. Come si evince dal grafico stesso, la quota parte sollevata dai pozzi non è in grado di soddisfare le esigenze idriche di Terno d'Isola, risultando circa un terzo dei volumi fatturati.



**Fig. 10.15** - Andamento dei volumi sollevati, immessi in rete e metri cubi fatturati per il periodo 2010-2020. Si può osservare come i volumi sollevati siano inferiori ai metri cubi sollevati. Dati da Uniacque s.r.l..

#### 10.6.4. Stima della disponibilità

Per verificare la capacità del sistema di approvvigionamento di acqua potabile del comune di Terno d'Isola nel sopportare un incremento di carico, si è partiti dai dati disponibili di volumi estratti e fatturati e del numero di utenze, che ammontano, tra industriale, pubblico e privato, a 1970.

La valutazione seguente deve essere intesa solo come una stima di massima, considerando i numerosi fattori di incertezza esistenti; lo scopo quindi è quello di fornire una indicazione per il gestore delle acque e per l'amministrazione nel valutare le eventuali incidenze delle previsioni di piano sull'approvvigionamento idrico.

Per effettuare la stima ci si è basati sui dati del 2017 che è quello in cui si è registrato il maggiore consumo di acqua. Per il numero delle utenze, in mancanza di dati relativi al 2017, ci si è basati sul numero di utenze al 2020, ultimo anno di cui sono disponibili i dati.

Nel 2017 sono stati fatturati 903.568 m<sup>3</sup> e sono stati immessi nella rete 1.092.477 m<sup>3</sup>, con una differenza di 188.909 m<sup>3</sup>, in cui sono comprese le perdite e i consumi non fatturabili che quindi corrispondono al 21% dei volumi fatturati.

Considerando il numero totale di utenze (riferito al 2020) e i consumi totali del 2017 si ha una media di 458,7 m<sup>3</sup>/anno/utenza; aggiungendo il 21% di perdite e volumi non fatturati (dedotti dall'anno 2017) di arriva a circa 555 m<sup>3</sup>/anno/utenza.

La massima portata emunta dai pozzi su base annua è stata 341.489 m<sup>3</sup> (anno 2016) mentre la portata massima emunta espressa in l/s è stata, rispettivamente, di 5,7 l/s e 9,6 l/s (dati Uniacque s.r.l.), per un totale di 15,3 l/s. In linea teorica, senza considerare eventuali fermi per manutenzione ordinaria/straordinaria, nel caso in cui fosse possibile mantenere la portata massima per entrambi i pozzi per tutto l'anno, la portata annuale emunta dai pozzi sarebbe 482.500 m<sup>3</sup>, con un incremento, rispetto al massimo estratto nel periodo 2010-2020, di 141.011 m<sup>3</sup>. Considerando i consumi medi a utenza in 555 m<sup>3</sup>, si ha che, nell'ipotesi sopra riportata, il sistema sarebbe in grado di supportare ancora 254 utenze.

## 11 PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 11.1 Caratteristiche geotecniche dei terreni

Da un punto di vista geotecnico, i dati acquisiti, uniti alla ricostruzione geologica del territorio comunale, consentono di dividere il territorio di Terno d'Isola in due grandi settori con caratteristiche geotecniche differenti.

**Si ricorda che le considerazioni espresse di seguito sono considerazioni di massima, basate sull'analisi alla grande scala e che non possono in alcun modo essere considerate sostitutive delle indagini geotecniche previste dalla normativa vigente (N.T.C. 2018 e norme di piano). I valori riportati costituiscono quindi una stima che non può essere utilizzata ai fini progettuali.**

Per la caratterizzazione geotecnica sono stati utilizzati i dati bibliografici presenti nella relazione Anlus 2002, integrati con altri dati desunti da relazioni geologiche e geologico tecniche fornite dall'amministrazione comunale e dalla Banca Dati Geologica di Sottosuolo di Regione Lombardia che nel comune di Terno d'Isola indica un solo sondaggio di 3 m di profondità (codice: C5A321129117).

I dati consistono sostanzialmente in stratigrafie dei pozzi e sondaggi, indagini geotecniche (principalmente prove penetrometriche).

Il quadro generale permette di distinguere due unità geotecniche principali, una collocata sulla superficie del pianalto e una nella piana.

#### 11.1.1 Unità del pianalto

In questa unità sono comprese le litologie presenti sul pianalto, costituite sia dai depositi della Formazione di Monte Carmelo (e unità stratigraficamente sottostanti, come il Supersintema del Bozzente) sia quelli del Sintema della Specola. Per quanto possibile evincere dai dati di pozzo, da un sondaggio effettuato nella zona a Nord in vicinanza del confine con Sotto il Monte, e dagli affioramenti in loco, l'unità consiste di depositi alterati, costituiti da limi e limi argillosi superficiali (oltre discontinua di depositi loessici, in parte colluviati) e ghiaie alterate con contenuto variabile di frazione fine (limi e argille). Lo spessore della coltre superficiale loessica e/o colluviata è variabile lungo il pianalto in funzione anche della morfologia. Un sondaggio in prossimità del limite Nord del comune evidenzia alternanze di limi sabbiosi e limi sabbiosi con

ciottoli con grado di alterazione molto elevato fino alla profondità di 10 m.

L'unità del pianalto è stata estesa anche all'interno delle valli in quanto lo spessore di materiale colluviato ed eventualmente selezionato dalle acque correnti è comunque estremamente ridotto.

Le prove geotecniche presenti in questo settore sono estremamente limitate; sono infatti presenti solo tre siti di indagine; tra questi si osserva una differenza nelle caratteristiche geotecniche, nonostante che alla grande scala siano presenti litologie simili. La scarsità di informazioni e la sostanziale uniformità superficiale (depositi loessici e colluviati) non consentono tuttavia di distinguere più unità litotecniche diverse nell'ambito del pianalto.

Il miglioramento delle caratteristiche geotecniche con la profondità non è costante per tutte le prove, anche all'interno dello stesso sito, dove possono essere presenti prove penetrometriche dinamiche con  $N_{(30)}$  circa 10 fino a 10 m di profondità vicino a prove che raggiungono il rifiuto a 5 m circa.

Si riportano quindi sia dati presenti nella precedente relazione Anlus 2002, relativa ai "primi metri di profondità", così come definiti nella stessa relazione, sia quelli relativi ad altri siti che esemplificano da un lato il miglioramento delle caratteristiche geotecniche che è possibile riscontrare nell'unità all'aumentare della profondità, dall'altro la variabilità all'interno della singola unità.

Orizzonte	peso specifico naturale ( $\gamma$ ) (kN/m <sup>3</sup> )	angolo d'attrito ( $\phi$ )	coesione (c') g/cm <sup>2</sup>
Unità A (Anlus,2002)	15-18	25-30	0,1

**Tab. 11.1** - Tabella con le principali caratteristiche geotecniche medie dell'unità del Pianalto (da Anlus, 2002)

Orizzonte e profondità	peso specifico naturale ( $\gamma$ ) (kN/m <sup>3</sup> )	angolo d'attrito ( $\phi$ )	coesione non drenata kN/m <sup>2</sup>
A (0-2/3 m)	17,88	-	59,29
B (2/3-7/9,5 m)	19,09	34,00°	-
C (oltre 7/9,5 m)	21	41,25°	-

**Tab. 11.2** - Tabella con le principali caratteristiche geotecniche nel sito di indagine al confine con il comune di Sotto il Monte, in cui si evince il miglioramento delle caratteristiche geotecniche con la profondità; da Chiodelli, 2022, semplificato)

Le prove situate nella zona in prossimità di via Milano, a Nord della ferrovia, si spingono fino a

3 m di profondità; i valori ottenuti sono confortabili con quelli della relazione Anlus 2002 ma si evince un progressivo miglioramento delle caratteristiche geotecniche con la profondità (angolo di attrito  $>35^\circ$  per profondità maggiori di 3 m, alle quali si era avuto il rifiuto alla penetrazione).

Orizzonte e profondità	peso specifico naturale ( $\gamma$ ) (kN/m <sup>3</sup> )	angolo d'attrito ( $\phi$ )
<b>1</b> (0,0 a -1,0)	15,7-16,1	24°-26°
<b>2</b> (1,0 -2,2)	16,7-17,2	27°-28°
<b>3</b> (2,2-2,8)	17,6-18,1	31°-32°
<b>4</b> (oltre 2.8)	18,2-18,6	$>35^\circ$

**Tab. 11.3** - Tabella con le principali caratteristiche geotecniche dell'unità del Pianalto riscontrate in un sito in prossimità di via Milano

### 11.1.2 Unità di pianura

Questa unità occupa tutta la parte ribassata del territorio comunale. Si caratterizza per l'alterazione scarsa e una diminuzione della frazione fine con la profondità. E' costituita in prevalenza da ghiaie e sabbie.

Dalle stratigrafie dei sondaggi (spinti fino a 15 m di profondità) si osserva la presenza di un livello più fine di spessore variabile fino a 2-3 m costituito da sabbie o limi, talora con alterazione, che passa inferiormente a ghiaia non alterata spesso a supporto di ciottoli di dimensione anche decimetrica. Sono occasionalmente presenti livelli più sabbiosi. Le caratteristiche geotecniche migliorano già nei primi metri di profondità.

In questa unità sono compresi quelli identificati nel precedente studio geologico come i depositi appartenenti all'unità di Carvico e all'unità dei depositi alluvionali recenti. In questo elaborato, mancando dati tecnici di supporto per la suddivisione dal punto di vista geotecnico, si è preferito non suddividere le due unità.

Da un punto di vista geotecnico, in base ai risultati delle indagini a disposizione, si possono dividere due orizzonti, uno superficiale e meno addensato, più ricco in frazione limosa e uno più profondo, decisamente granulare costituito da ghiaie più o meno sabbiose e grossolane con locali livelli sabbiosi. Lo spessore e la presenza del livello superiore è variabile da luogo a luogo e risulta compreso tra i 2 e 3,5 m circa.

Possono essere localmente presenti sia in superficie che più in profondità livelli di limo.

Orizzonte e profondità	peso specifico naturale ( $\gamma$ ) (kN/m <sup>3</sup> )	angolo d'attrito ( $\phi$ )	grado di addensamento
Unità B 1	(14) 15-18	21°-29°*	<b>sciolto</b>
Unità B 2	16-20	30°-35°	da moderatamente addensato ad addensato

\*nelle indagini consultate localmente è stato attribuito un comportamento coesivo con  $\phi=0$  e  $c_u=0,1$

### 11.1.3 Riporti

Una parte del territorio comunale è stato interessato dall'accumulo di materiali di riporto e/o di origine antropica. L'identificazione di tali aree deriva dalle aree già indicate in tal senso dal precedente studio geologico (Anlus, 2002) e dal confronto tra la cartografia precedente e la situazione attuale che ha messo in luce, in taluni casi, modifiche anche consistenti nella topografia.

Le aree con tali materiali sono sparse nel territorio comunale, anche se in prevalenza sono presenti sul pianalto.

Le aree già segnalate precedentemente sono mantenute in questa cartografia, anche qualora i cumuli non risultino più presenti, in quanto non è nota la natura del materiale originario, nè se e quanto esso si estendesse in profondità; le aree così derivate sono le seguenti:

- area al limite ovest del confine comunale, a Nord della via Baccanello, segnalata anche nella carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Foglio 097 Vimercate);
- area in sponda sinistra della Valle del Luf, in corrispondenza di alcuni capannoni
- due piccole aree a Est di via delle Castagne
- una piccola area a Nord di via Bravi, nella zona orientale del centro abitato.

A queste si aggiunge l'area dei capannoni in sponda sinistra della valle del Luf, tra la via Baccanello e la ferrovia, in quanto dall'analisi della topografia precedente si evince la presenza di un solco vallivo attualmente scomparso con l'edificazione dei capannoni e gli stessi versanti della Valle del Luf appaiono rimodellati; dal confronto con la precedente topografia, sono evidenziati apporti antropici anche nella zona di espansione a nord di via Milano in zona largo del Roccolo, dove per la costruzione di abitazione sono stati in parte rimodellati gli orli di terrazzo originari.

Sono stati inseriti come materiale di riporto anche i terrapieni allo sbocco delle valli che sorreggono la ferrovia e la SP 166.

Tra la via Angelo Bedesco e la via dei Bedeschi, nella zona Nord occidentale del comune, era

presente fino a circa fine 2023 un consistente cumulo di terre che raggiungeva i 2 m di altezza per un volume di circa 7900 m<sup>3</sup>.

Una caratterizzazione di tali terre fornita dall'amministrazione comunale a ottobre 2020 di 5 campioni sul "tal quale" ha messo in evidenza che le concentrazioni sono inferiori alle CSC per l'uso verde pubblico, privato e residenziale e che le stesse terre sono classificabili come "rifiuto speciale non pericoloso". Attualmente il cumulo risulta rimosso e il terreno riportato alla quota naturale. Tuttavia, analogamente a quanto espresso per le aree con accumuli derivanti dalla cartografia precedenti, non essendo nota l'eventuale presenza di materiali di accumulo inferiormente all'attuale piano campagna, si è mantenuta in cartografia la delimitazione del cumulo stesso.

Data la natura incerta dei materiali utilizzati, queste aree, ancorchè sede di infrastrutture viarie o di edificazioni, sono state evidenziate in quanto le caratteristiche geotecniche potrebbero essere differenti dal contesto circostante e, in linea teorica, presentare disomogeneità al proprio interno.

### **11.2 Occhi pollini**

Gli "occhi pollini" sono un fenomeno peculiare della pianura lombarda, che si può suddividere in differenti tipologie: possono essere presenti sia in vere e proprie cavità sedimenti non consolidati, livelli con resistenza nulla o quasi nulla alle prove penetrometriche, volumi, talora significativi, di materiale con stato di addensamento estremamente ridotto e, in alcuni casi, cavità nel conglomerato.

La particolarità del fenomeno è duplice, in quanto essi non danno manifestazioni superficiali e possono evolvere in modo parossistico a seguito di sollecitazioni, prima fra tutte la presenza di acqua nel terreno. Il fatto di non dare manifestazioni superficiali e di essere caratterizzati dal brusco cambiamento nei parametri geotecnici li rende particolarmente insidiosi in quanti difficili da individuare e fonte di possibili danni alle infrastrutture.

Altro fattore da tenere in considerazione è la loro condizione di quiescenza che può rompersi e dare avvio a un processo di evoluzione anche parossistico.

Per gli aspetti teorici riguardanti la tematica occhi pollini, si rimanda alla nutrita letteratura scientifica e tecnica a riguardo in cui l'*"Aggiornamento del quadro conoscitivo relativo alla suscettività del territorio della Provincia di Monza e della Brianza al fenomeno degli occhi pollin"* costituisce una tra le più recenti sintesi.

Recentemente, nella zona dell'alta pianura Lombarda si sono avuti alcuni fenomeni di questo tipo che hanno portato alla compromissione di strutture ed edifici, tra i quali quello più significativo è quello occorso nel 2014 a Bernareggio. A seguito di studi specifici successivi a questi eventi Regione Lombardia, con D.g.r. 15 dicembre 2022- n. XI/7564, ha reso obbligatorio, per i comuni, un approfondimento a livello pianificatorio riguardo al fenomeno degli sprofondamenti in genere e di cui gli occhi pollini sono una tipologia; tale approfondimento viene illustrato nei paragrafi seguenti.

### **11.3 Analisi della pericolosità per occhi pollini**

#### **11.3.1 Introduzione**

Il presente approfondimento è incentrato sulla valutazione di dettaglio della pericolosità e del rischio per occhi pollini sul territorio di Terno d'Isola; di seguito verrà illustrata brevemente la geologia del territorio in funzione della possibilità di sviluppo degli occhi pollini, verrà poi definita la pericolosità per questo fenomeno e verrà analizzato il rischio potenziale considerando sia l'urbanizzato attuale che le previsioni di piano.

I risultati di questo approfondimento sono illustrati nella fig. 11.1 e sono altresì riportati nella carta geologica (Tav. 1), nella Carta di sintesi (tav. 9), nella carta di fattibilità geologica (Tav. 10) nonché nelle norme geologiche di piano.

#### **11.3.2 Il territorio del comune di Terno d'Isola**

Il territorio del comune di Terno d'Isola, come illustrato nei capitoli precedenti, può essere diviso in due settori principali; il pianalto, situato nella parte occidentale del territorio e caratterizzato da depositi antichi e la piana, costituita invece da depositi più recenti. Il pianalto a sua volta è solcato da alcune incisioni vallive come, ad esempio, la Valle del Luf, la Valle Maggiore o la valle del Bulighetto.

#### **11.3.3 Geologia di superficie**

Da un punto di vista della geologia superficiale, descritta in dettaglio al capitolo 6, le unità presenti si possono dividere in due grandi categorie. Le unità "antiche", caratterizzate dalla presenza di depositi con grado di alterazione medio elevato e conseguente arricchimento in argille e materiale fine, e le unità "recenti", in cui l'alterazione è meno presente e i depositi sono costituiti in prevalenza da ghiaia e sabbia, con possibili livelli di limi sommitali.

Appartengono alle unità "antiche" i depositi della Formazione di Trezzo sull'Adda, del

Supersintema del Bozzente, del Sintema della Specola e delle unità loessiche più antiche; l'insieme di queste unità costituisce, di fatto, l'area del pianalto.

Il Supersintema di Besnate indifferenziato e il Sintema del Po appartengono, invece, alle unità recenti che si rinvencono nella porzione più bassa del territorio comunale. In particolare, il Sintema del Po è presente principalmente in corrispondenza del Torrente Buliga e, in misura molto minore, lungo i torrenti che solcano il pianalto. E' da notare come lo spessore di questa unità sia modesto, tanto che spesso lungo l'alveo dei torrenti è possibile osservare i sedimenti più antichi e alterati su cui appoggiano, in modo discontinuo, spessori di pochi decimetri di ghiaia e sabbia recenti.

Il Supersintema di Venegono invece costituisce il riempimento delle valli minori ed è costituito sia da depositi fluviali che depositi di versante, dovuti al rimaneggiamento delle unità precedenti in età differenti e non distinguibili.

#### 11.3.4 Geologia di sottosuolo

Come già illustrato, i dati di sottosuolo derivano principalmente dai dati di 5 pozzi per acqua presenti sul territorio comunale (3 sul pianalto in prossimità di via delle Castagne e due nella piana) e da alcuni sondaggi limitati a 10 - 15 m di profondità. Si riportano di seguito le stratigrafie dei principali pozzi collocati nell'area del pianalto.

<b>Pozzo grande via delle Castagne</b>	
<b>Profondità strato</b>	<b>Descrizione</b>
0-26	argilla con ciottoli
26-38	argilla con lenti di conglomerato e ciottoli
38-41	conglomerato
41-43	ciottoli e argilla
43-51,5	conglomerato compatto
51,5-54	conglomerato e ghiaia
54-61,5	conglomerato compatto
61,5-63	conglomerato poroso con ciottoli
63-65	conglomerato compatto
65-68	argilla rossiccia compatta
68-85	conglomerato poroso con lenti di ghiaia e sabbia
85-105	argilla rossastra
105-119	argilla sabbiosa
119-131	argilla rossastra con ciottoli e ghiaia
131-139	conglomerato con lenti di sabbia e ghiaia
139-152	argilla bruna con ciottoli e ghiaia
152-154,5	conglomerato compatto
154,5-162	conglomerato con lenti di argilla scusa e ciottoli
162-164,5	ciottoli con argilla bruna
164,5-168	arenaria sabbiosa
168-170	arenaria con argilla

175-190	argilla scusa grigiastrea
---------	---------------------------

<b>Pozzo piccolo via delle Castagne</b>	
<b>Profondità strato</b>	<b>Descrizione</b>
0-15,5	argilla sabbiosa
15,5-21	conglomerato compatto
21-27	argilla compatta con ciottoli
27-35	conglomerato compatto
35-45	ciottoli e argilla
40-64	conglomerato poroso
64-87	ciottoli con argilla compatta
87-93	conglomerato poroso
93-93,5	argilla
93,5-120	conglomerato compatto
120-133,5	argilla
133,5-150	argilla e ciottoli
150-159	sabbia silicea
159-170	argilla con ciottoli
170-175	argilla

<b>Pozzo P3</b>	
<b>Profondità strato</b>	<b>Descrizione</b>
0-6	argilla
6-8	argilla e ciottoli
8-17	argilla bruna
17-29	argilla con lenti di conglomerato e ciottoli
29-32	conglomerato e ghiaia
32-42	conglomerato compatto
42-45	conglomerato con ciottoli
45-60	conglomerato
60-65	conglomerato con ciottoli
65-81,5	argilla compatta
81,5-94,5	conglomerato compatto
94,5-96	conglomerato fratturato
96-102	conglomerato compatto

La ricostruzione della geologia di sottosuolo ha messo in evidenza la presenza, in corrispondenza del pianalto di ghiaia alterata e/o coperture di materiale fine (in genere loess) direttamente a contatto con spessori elevati di conglomerato; a tetto del conglomerato, inoltre, nei pozzi P1 (Pozzo grande) e P3 sono presenti argille con lenti di conglomerato, che possono testimoniare la presenza di conglomerato alterato.

Da letteratura questa situazione è quella più tipica per lo sviluppo di occhi pollini tanto che essa viene considerata come una delle condizioni che fanno inserire le aree nella classe ad alta pericolosità per occhi pollini (H4), mentre la restante parte del territorio, costituita dalla piana, viene considerata a pericolosità bassa, in quanto sono presenti depositi con scarsa alterazione e il conglomerato è discontinuo o assente.

### **11.3.5 Cenni agli occhi pollini noti sul territorio**

Nel territorio di Terno d'Isola non sono noti, per quanto è stato possibile accertare, fenomeni collegabili ad occhi pollini. L'analisi deriva da interviste ai tecnici comunali, alla popolazione (quando possibile) e dall'analisi delle indagini geotecniche disponibili, essenzialmente costituite da prove penetrometriche e sondaggi.

L'assenza di riscontri nelle indagini a disposizione non deve essere valutata tuttavia acriticamente come assenza di occhi pollini, ma si deve tenere presente, come ben espresso nel già citato *"Aggiornamento del quadro conoscitivo relativo alla suscettività del territorio della Provincia di Monza e della Brianza al fenomeno degli occhi pollini"*, che il rinvenimento di occhi pollini nelle indagini, specie quelle puntuali quali prove penetrometriche e sondaggi, è spesso fortuita e, anzi, anche in zone particolarmente soggette al fenomeno, solo una piccola percentuale di prove intercetta le cavità (o fenomeni assimilabili).

A riprova di ciò si segnala che in comune di Medolago, limitrofo al comune di Terno d'Isola, e collocato su un territorio con analoghe caratteristiche geologiche, sono stati riscontrati fenomeni di occhi pollini come testimoniato nella Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica vigente di tale comune.

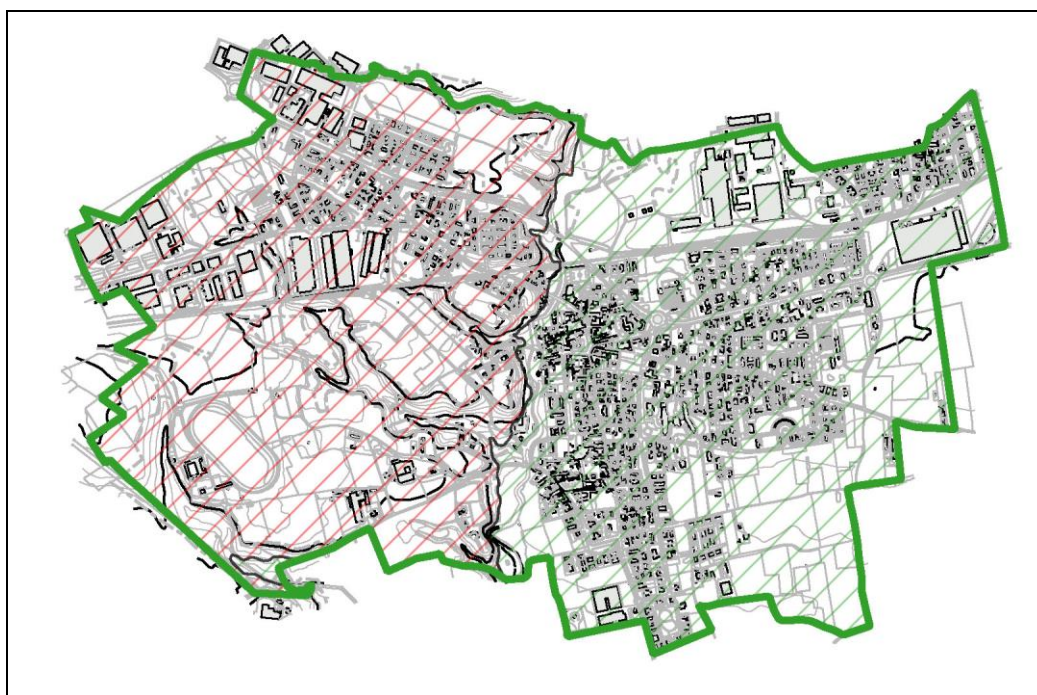
### **11.3.6 Pericolosità**

Il quadro geologico di Terno d'Isola mostra che l'area del pianalto è caratterizzata dalla presenza un potente successione di conglomerato sul quale poggia una coltre di spessore variabile di depositi alterati. La porzione sommitale del conglomerato è alterata (Formazione di Ceppo dell'Adda) e il passaggio tra il Ceppo dell'Adda e la Formazione di Trezzo sull'Adda è costituito tipicamente da un limite a organi geologici, caratterizzato da variazioni considerevoli su breve distanza dello spessore di conglomerato.

Queste condizioni sono quelle che sono quelle più tipiche che possono portare all'insorgere e al successivo sviluppo degli occhi pollini.

Per analogia con quanto indicato nel *"Aggiornamento del quadro conoscitivo relativo alla suscettività del territorio della Provincia di Monza e della Brianza al fenomeno degli occhi pollini"* (lavoro di riferimento per la D.g.r. 15 dicembre 2022- n. XI/7564) si considera quindi l'area del pianalto come area ad alta pericolosità per quanto riguarda gli occhi pollini; infatti l'assetto geologico è analogo a quello che si estende appena a Ovest dell'incisione del fiume Adda, su cui sorgono gli abitati di Bernareggio e Aicurzio, noti per l'estrema diffusione del

fenomeno e che, nel succitato aggiornamento, è stato assegnato alla medesima classe di pericolosità. A titolo precauzionale, inoltre, si preferisce estendere la pericolosità alta a tutto il settore del pianalto in quanto le valli, come detto precedentemente, sono coperte da spessori probabilmente modesti di depositi più giovani mentre il corpo principale è costituito da unità alterate. Allo stesso modo vengono considerate ad alta pericolosità anche le aree di scarpata del pianalto e delle sue incisioni in quanto al di sotto dei depositi colluviati sono presenti depositi "antichi".



**Fig. 11.1** - Carta della pericolosità per occhi pollini. In rosso aree a pericolosità alta, in verde aree a pericolosità media.

### 11.3.7 Rischio

Allo scopo di fornire una indicazione generale è stato valutato il rischio in corrispondenza dell'abitato sovrapponendo la mappa di utilizzo del suolo (DUSAF) con le mappa di pericolosità. La stessa procedura è stata utilizzata per valutare l'eventuale rischio per occhi pollini derivante dalla realizzazione dei piani attuativi.

Il rischio è stato calcolato mediante la formula

$$R = P \times V \times E$$

dove P è la pericolosità (descritta nel paragrafo precedente, variabile da 1 a 4), V è la vulnerabilità (considerata pari a 1 per tutti gli elementi) ed E è il danno potenziale (variabile da 1 a 4).

Il punteggio relativo al danno potenziale è stato attribuito in analogia a quanto fatto nel "Aggiornamento del quadro conoscitivo relativo alla suscettività del territorio della Provincia di Monza e della Brianza al fenomeno degli occhi pollini", nel quale le diverse categorie di elementi erano state suddivise in classi di danno secondo la tabella riportata di seguito.

CLASSI DI DANNO POTENZIALE			
<p><b>E4 (Danno GRAVE)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Superficie Urbanizzata (L.R. 31/2014)</li> <li>■ DUSAF6 - Tessuto residenziale denso</li> <li>■ DUSAF6 - Tessuto residenziale continuo mediamente denso</li> <li>■ DUSAF6 - Tessuto residenziale discontinuo</li> <li>■ DUSAF6 - Tessuto residenziale rado e nucleiforme</li> <li>■ DUSAF6 - Tessuto residenziale sparso</li> <li>■ DUSAF6 - Cascare</li> <li>■ DUSAF6 - Inseadimenti industriali, artigianali, commerciali</li> <li>■ DUSAF6 - Inseadimenti produttivi agricoli</li> <li>■ DUSAF6 - Inseadimenti ospedalieri</li> <li>■ DUSAF6 - Impianti di servizi pubblici e privati</li> <li>■ DUSAF6 - Impianti tecnologici</li> <li>■ DUSAF6 - Impianti fotovoltaici a terra</li> <li>■ DUSAF6 - Impianti sportivi</li> <li>■ DUSAF6 - Aree militari obliterate</li> <li>■ DUSAF6 - Reti stradali, ferroviarie e spazi</li> <li>■ DUSAF6 - Reti stradali e spazi accessori</li> <li>■ DUSAF6 - Reti ferroviarie e spazi accessori</li> <li>■ DUSAF6 - Aeroporti ed eliporti</li> <li>■ DUSAF6 - Campeggi e strutture turistiche e ricettive</li> <li>■ DUSAF6 - Parchi divertimento</li> <li>■ DUSAF6 - Discariche</li> <li>■ DUSAF6 - Cimiteri</li> </ul>	<p><b>E3 (Danno MEDIO)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ DUSAF6 - Cave</li> <li>■ DUSAF6 - Cantieri</li> <li>■ DUSAF6 - Parchi e giardini</li> <li>■ DUSAF6 - Aree verdi incolte</li> <li>■ DUSAF6 - Colture floro-vivaistiche a pieno campo</li> <li>■ DUSAF6 - Colture floro-vivaistiche protette</li> </ul>	<p><b>E2 (Danno MODERATO)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ DUSAF6 - Seminativi semplici</li> <li>■ DUSAF6 - Seminativi arborati</li> <li>■ DUSAF6 - Colture orticole a pieno campo</li> <li>■ DUSAF6 - Colture orticole protette</li> <li>■ DUSAF6 - Orti familiari</li> <li>■ DUSAF6 - Vigneti</li> <li>■ DUSAF6 - Frutti e frutti minori</li> <li>■ DUSAF6 - Pioppeti</li> <li>■ DUSAF6 - Altre legnose agrarie</li> </ul>	<p><b>E1 (Danno BASSO)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ DUSAF6 - Aree degradate non utilizzate e non vegetate</li> <li>■ DUSAF6 - Prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive</li> <li>■ DUSAF6 - Prati permanenti con presenza di specie arboree ed arbustive sparse</li> <li>■ DUSAF6 - Boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo</li> <li>■ DUSAF6 - Boschi di latifoglie a densità bassa</li> <li>■ DUSAF6 - Boschi di latifoglie a densità bassa governati a ceduo</li> <li>■ DUSAF6 - Formazioni ripariali</li> <li>■ DUSAF6 - Boschi conifere a densità media e alta</li> <li>■ DUSAF6 - Boschi misti a densità media e alta governati a ceduo</li> <li>■ DUSAF6 - Boschi misti a densità media e alta governati ad alto fusto</li> <li>■ DUSAF6 - Rimboschimenti recenti</li> <li>■ DUSAF6 - Cespuglieti</li> <li>■ DUSAF6 - Vegetazione dei prati</li> <li>■ DUSAF6 - Cespuglieti con presenza significativa di specie arbustive alte ed arboree</li> <li>■ DUSAF6 - Cespuglieti in aree di agricole abbandonate</li> <li>■ DUSAF6 - Vegetazione delle aree umide interne e delle torbiere</li> <li>■ DUSAF6 - Alvei fluviali e corsi d'acqua artificiali</li> <li>■ DUSAF6 - Bacini idrici naturali</li> <li>■ DUSAF6 - Bacini idrici artificiali</li> <li>■ DUSAF6 - Bacini idrici da attività estrattive interessanti la falda</li> </ul>

**Fig. 11.2** - Suddivisione delle classi di danno potenziale, basata sulla divisione in livelli informativi del DUSAF 2018 (Fig. 8.1 dell'Aggiornamento del quadro conoscitivo relativo alla suscettività del territorio della Provincia di Monza e Brianza al fenomeno degli Occhi Pollini")

Il calcolo, effettuato per ogni elemento del DUSAF, consente quindi di avere una prima stima del potenziale rischio per occhi pollini nel territorio di Terno d'Isola. La matrice del rischio e della relativa classe di rischio attribuita

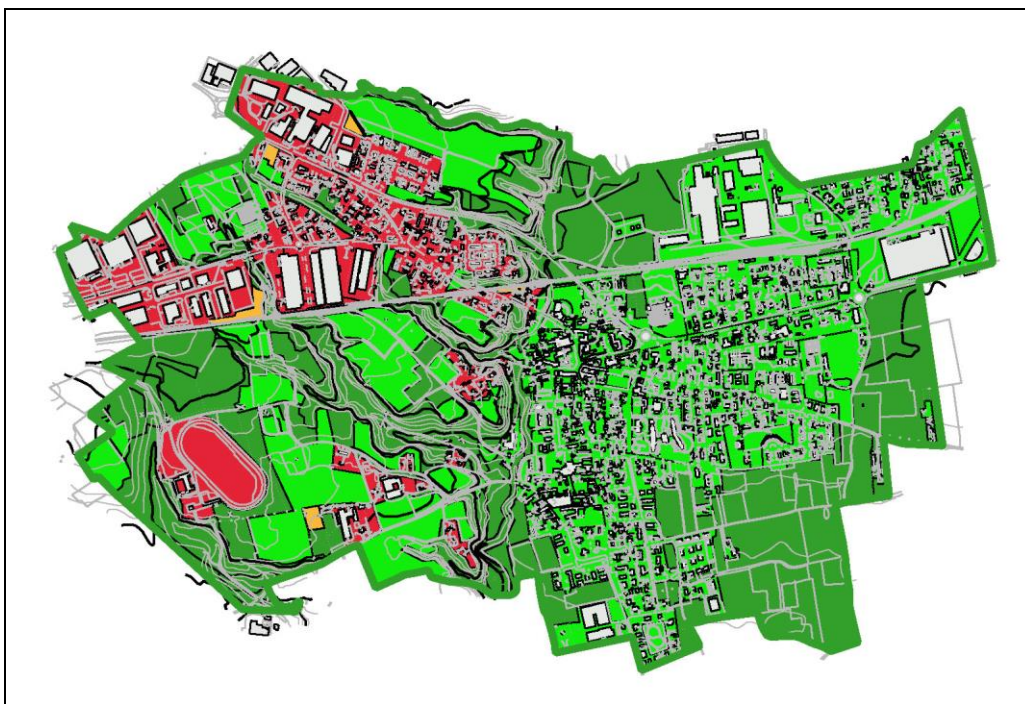
		H 4	H 3	H 2	H 1
E 4	16	12	8	4	
E 3	12	9	6	3	
E 2	8	6	4	2	
E 1	4	3	2	1	

		H 4	H 3	H 2	H 1
E 4	R 4	R 3	R 2	R 1	
E 3	R 3	R 2	R 2	R 1	
E 2	R 2	R 2	R 1	R 1	
E 1	R 1	R 1	R 1	R 1	

Rischio superiore a 15	R4 (rischio molto elevato)
Rischio tra 15 e 10	R3 (rischio elevato)
Rischio tra 9 e 6	R2 (rischio medio)
Rischio inferiore a 6	R1 (rischio basso o nullo)

**Fig. 11.3** - Matrice del rischio. A sinistra sono indicati i punteggi, a destra le classi di rischio corrispondenti (Fig. 8.2 del dell'Aggiornamento del quadro conoscitivo relativo alla suscettività del territorio della Provincia di Monza e Brianza al fenomeno degli Occhi Pollini")

Come si può evincere dalle mappe di fatto le uniche zone con un rischio potenziale elevato sono quelle che risultano costruite sul pianalto.



**Fig. 11.3** - *Suddivisione del territorio comunale per classi di rischio. In rosso la classe R4, in arancione la classe R3, in verde chiaro la classe R2 e in verde scuro la classe R1.*

**Si ricorda che la determinazione del rischio non deve costituire in alcun modo un allarme, ma deve essere preso unicamente come indicazione per gestire al meglio la pianificazione territoriale ed, eventualmente, adeguare i piani di emergenza comunale.**

## **12 PERICOLOSITA' SISMICA**

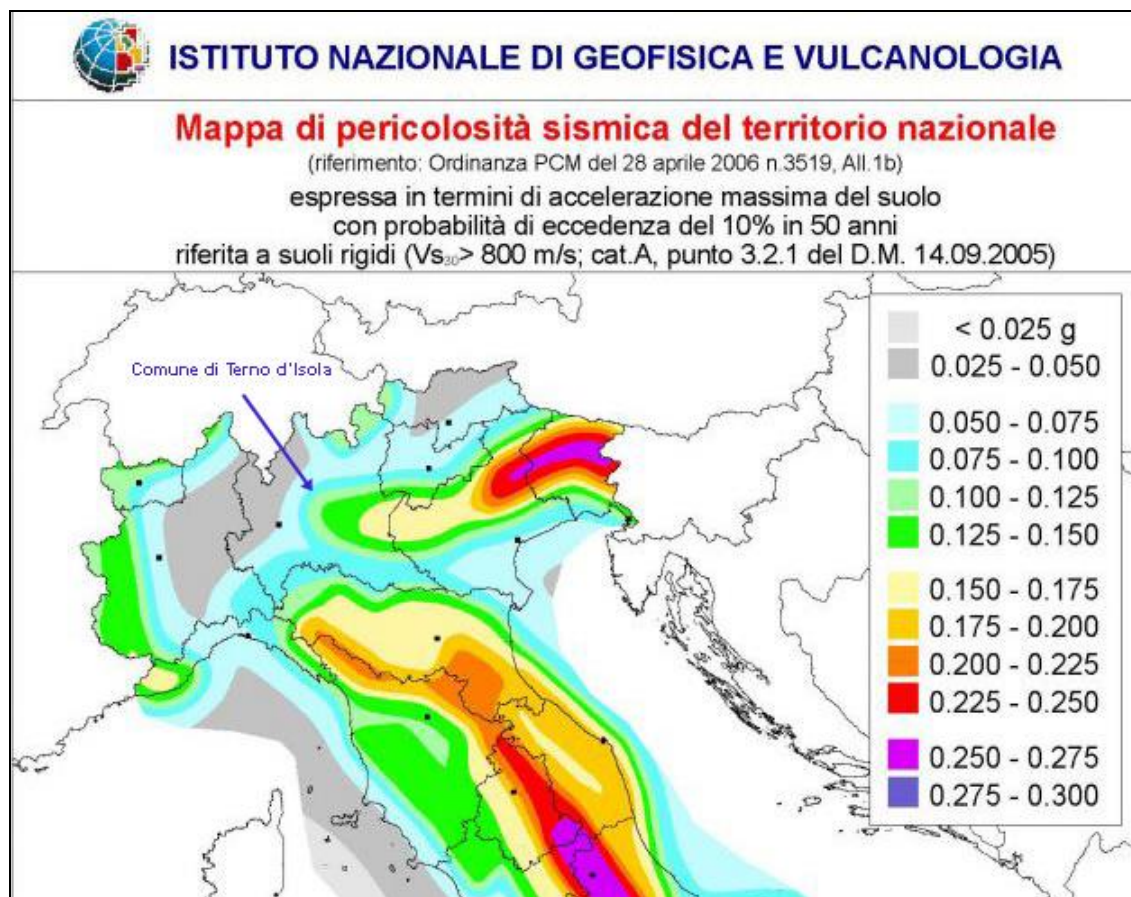
### **12.1 Introduzione**

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 si è avviato in Italia un processo per la stima della pericolosità sismica, stabilendo una nuova classificazione sismica del territorio nazionale. La nuova classificazione, che in parte utilizza e aggiorna la classificazione proposta nel 1998 dal Gruppo di Lavoro istituito dal Servizio Sismico Nazionale, è articolata in 4 zone, ciascuna contraddistinta da un diverso valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Questa iniziativa ha poi portato alla realizzazione della Mappa di Pericolosità Sismica 2004 (MPS04) che, con l'emanazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006, è diventata ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale.

In ottemperanza all'art. 2 della O.P.C.M. 3274/2003, Regione Lombardia, con D.G.R. n. VII/14964 del 7 novembre 2003, ha provveduto alla classificazione sismica del proprio territorio. Secondo tale classificazione (Allegato A alla D.G.R. n. VII/14964 del 7 novembre 2003) il Comune di Terno d'Isola è stato classificato in Zona Sismica 4 (sismicità molto bassa), identificato da un valore di  $a_g < 0,05g$ .

Come si evince dalla mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (O.P.C.M. n. 3519/2006 All. 1b), riportata in fig. 12.1, il Comune di Terno d'Isola ricade in un intervallo di valori di  $a_g$  (accelerazione sismica orizzontale massima del suolo con probabilità di superamento del 10% in 50 anni e riferita a suoli rigidi) compresi tra 0,05g e 0,15g, ponendolo di fatto in Zona Sismica 3 e non in Zona Sismica 4, come si evince dalla tabella riportata nella O.P.C.M. 3274/2003.



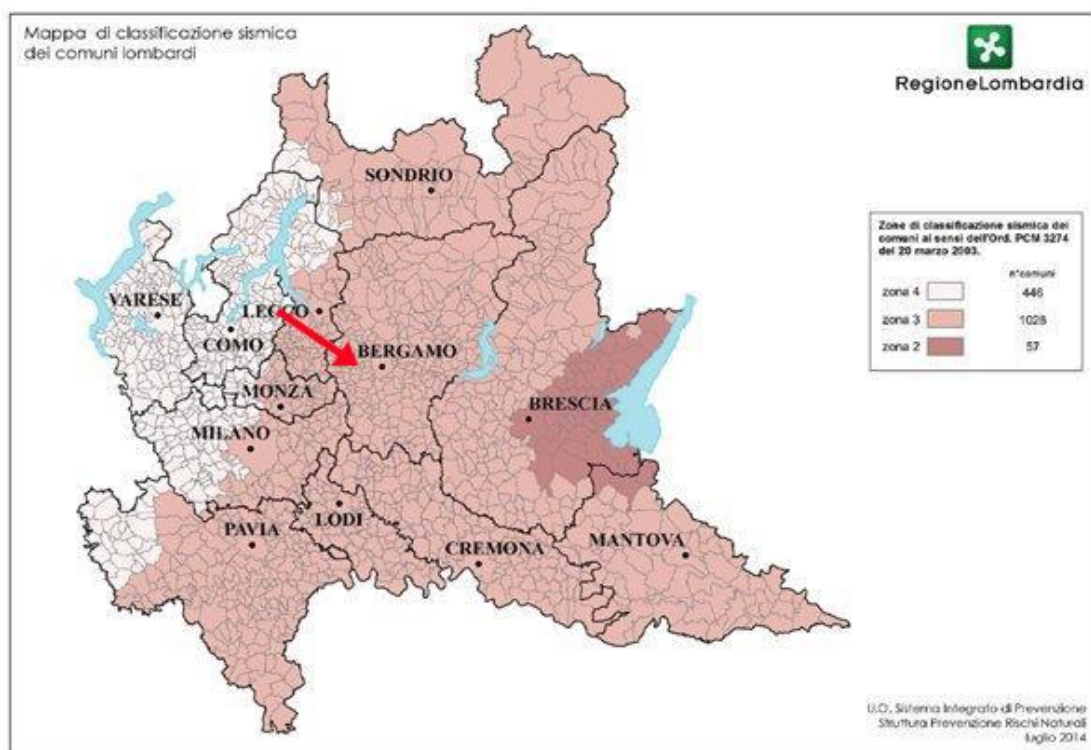
**Fig. 12.1-** Mappa di pericolosità sismica (OPCM 28/04/2006 n. 3519)

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [ $a_g/g$ ]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [ $a_g/g$ ]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

Il 16 aprile 2016 è entrata in vigore la D.G.R. n. X/2129 dell'11 luglio 2014 con la quale Regione Lombardia ha provveduto alla determinazione di un livello di classificazione sismica maggiormente cautelativo rispetto a quello vigente, riclassificando il proprio territorio dal punto di vista sismico coerentemente con la mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, anche in funzione del riordino delle disposizioni della normativa regionale in materia di vigilanza e controllo sulle costruzioni in zona sismica.

Pertanto a seguito della nuova classificazione sismica il Comune di Terno d'Isola (indicato dalla

freccia rossa nella figura accanto) è passato ufficialmente dalla Zona Sismica 4 (sismicità molto bassa) alla Zona Sismica 3 (sismicità bassa), con valore di  $ag$  pari a 0,091323.



**Fig. 12.2** - Classificazione sismica della Lombardia (D.G.R. n. X/2129 dell'11 luglio 2014). La freccia indica il comune di Terno d'Isola.

Tale classificazione costituisce la pericolosità sismica di base (previsione deterministica o probabilistica che si possa verificare un evento sismico in una certa area in un determinato intervallo di tempo) che deve essere verificata e approfondita in fase di pianificazione territoriale, quindi in sede di predisposizione dello studio geologico, in base alla d.g.r. 30 novembre 2011 – n. IX/2616.

La metodologia per l'approfondimento e la valutazione dell'amplificazione sismica locale, riportata in Allegato 5 alla d.g.r. 30 novembre 2011 – n. IX/2616 “Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei P.G.T.”, in adempimento a quanto previsto dal d.m. 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”, dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo

2003 e della d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003 e del d.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003, prevede 3 livelli di analisi da applicarsi in funzione della zonazione sismica di appartenenza e degli scenari di pericolosità sismica locale.

I livelli di approfondimento sono di seguito sinteticamente definiti:

**I livello:** riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento) sia di dati esistenti. Questo livello è obbligatorio per tutti i comuni e prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, nella quale sono riportate le diverse situazioni tipo (Tabella 1 dell'Allegato 5 alla d.g.r. 30 novembre 2011 – n. IX/2616) in grado di determinare gli effetti sismici locali.

**II livello:** caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetrati nella carta di pericolosità sismica locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa). Questo livello è obbligatorio, per i comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, negli scenari PSL, individuati attraverso il I livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (Z3 e Z4 Tabella 1 dell'Allegato 5 alla d.g.r. 30 novembre 2011 – n. IX/2616) interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica.

Per i comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato, negli scenari PSL Z3 e Z4, nel caso di costruzione di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o n. 19904 del 21 novembre 2003, ferma restando la facoltà dei comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazioni (Z1 e Z2 Tabella 1 dell'Allegato 5 alla d.g.r. 30 novembre 2011 – n. IX/2616) non è prevista l'applicazione del II livello di approfondimento, ma il passaggio diretto a quelli di III livello.

**III livello:** definisce gli effetti di amplificazione tramite indagini e analisi più approfondite.

I primi due livelli di approfondimento sono obbligatori in fase di pianificazione urbanistica, mentre il III livello di approfondimento è obbligatorio in fase di progettazione sia quando con il II livello si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione morfologica e litologica, sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione.

## **12.2 Analisi della sismicità del territorio**

Le generali caratteristiche geologiche del territorio lombardo non sono così “drammatiche” come in altre regioni italiane, tant’è che in generale il livello di pericolosità sismica è basso o molto basso, con la sola eccezione della zona del lago di Garda.

La sismicità maggiore sembra concentrarsi nella fascia prealpina orientale. Un discreto livello di sismicità è presente anche nelle zone dell'Oltrepò, mentre una modesta attività è presente in Alta Valtellina e nel Mantovano. Ulteriori zone sismiche, prossime al territorio regionale, sono individuabili in Emilia, nel Veronese e in Engadina.

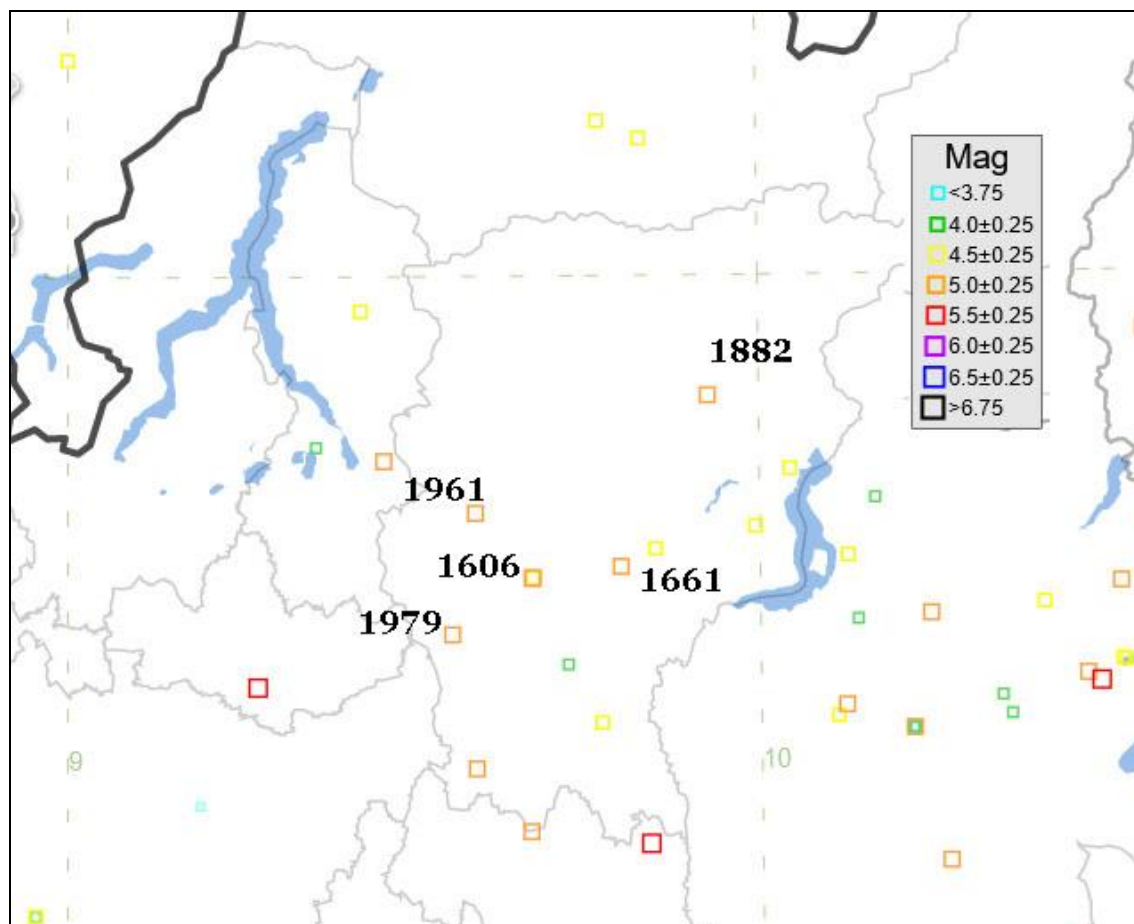
Gli epicentri dei terremoti storici per il settore lombardo sono prevalentemente concentrati in una fascia allungata in direzione E-W lungo il margine pedemontano, in corrispondenza dell'asse Bergamo-Brescia-lago di Garda. La parte più meridionale della regione risente della sismicità di origine appenninica, comprensiva dell'area dell'Oltrepò pavese.

### **12.2.1 Sismologia storica e macrosismica**

Per l'analisi della sismicità nel territorio di Terno d'Isola si è fatto riferimento al catalogo "Catalogo Parametrico dei terremoti italiani" dell'InGV (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli, B., Gasperini P., Antonucci A., 2022. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4>) in cui sono raccolti i terremoti registrati dall'anno 1000 al 2020.

A scala provinciale si osserva che la maggior parte dei terremoti si è avuta nella parte meridionale del territorio, nella quale è compreso Terno d'Isola.



In passato la provincia di Bergamo è stata sede alcuni eventi sismici di cui ai 3 maggiori (anni 1606, 1661 e 1961) è associata un'intensità epicentrale ( $I_0$ ) pari al VI-VII grado della scala Mercalli e una magnitudo momento ( $M_w$  derivata dal parametro sismologico momento sismico che equivale al prodotto tra area di faglia, dislocazione e resistenza delle rocce) pari a 4,86.



**Fig. 12.3** - Eventi sismici nell'area circostante Terno d'Isola. Il numero si riferisce all'anno dell'evento (Rovida A., Locati M., Camassi R., Loli, B., Gasperini P., Antonucci A., 2022. *Catálogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15)*, versione 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4>).

Dalla consultazione del Database Macrosismico Italiano [DBMI15; Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macro seismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia] è possibile ricavare "l'elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità macrosismica, osservati nel corso del tempo a causa di terremoti". Tale database fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo sia a terremoti italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia) nella finestra temporale 1000-2014.

Nella figura seguente sono riportati due eventi sismici che hanno prodotto, in passato, risentimenti in Comune di Terno d'Isola.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
3		1995	10	29	13	00	2 Lago d'Iseo	408	5-6	4.35
NF		1998	03	26	16	26	1 Appennino umbro-marchigiano	409		5.26

**Fig. 12.4** - Eventi sismici che hanno interessato Terno d'Isola, come da Database Macrosismico Italiano DBMI15v4.0

Per quanto concerne gli aspetti di sismologia storica pertanto, dalla consultazione dei cataloghi sismici redatti dall'Istituto di Geofisica e Vulcanologia per gli studi di pericolosità sismica, risulta che l'area bergamasca è stata sede in passato di eventi sismici piuttosto sporadici e di intensità massima rilevata dell'ordine del VI-VII grado della scala Mercalli. Gli eventi sismici che hanno fatto registrare risentimenti in Terno d'Isola sono altrettanto sporadici.

Un ulteriore terremoto si è registrato il 18 dicembre 2021 con epicentro a pochi chilometri da Terno d'Isola. Tale evento non rientra negli elenchi sopra citati in quanto successivo alla pubblicazione degli stessi.

I dati ricavabili dal sito INGV (<https://terremoti.ingv.it/event/29226401>) sono i seguenti.

**Magnitudo:** Mw 3.9

**Data, Ora:** 18-12-2021 ore 11:34:47 (Italia)

**Localizzazione:** 1 km W Dalmine (BG)

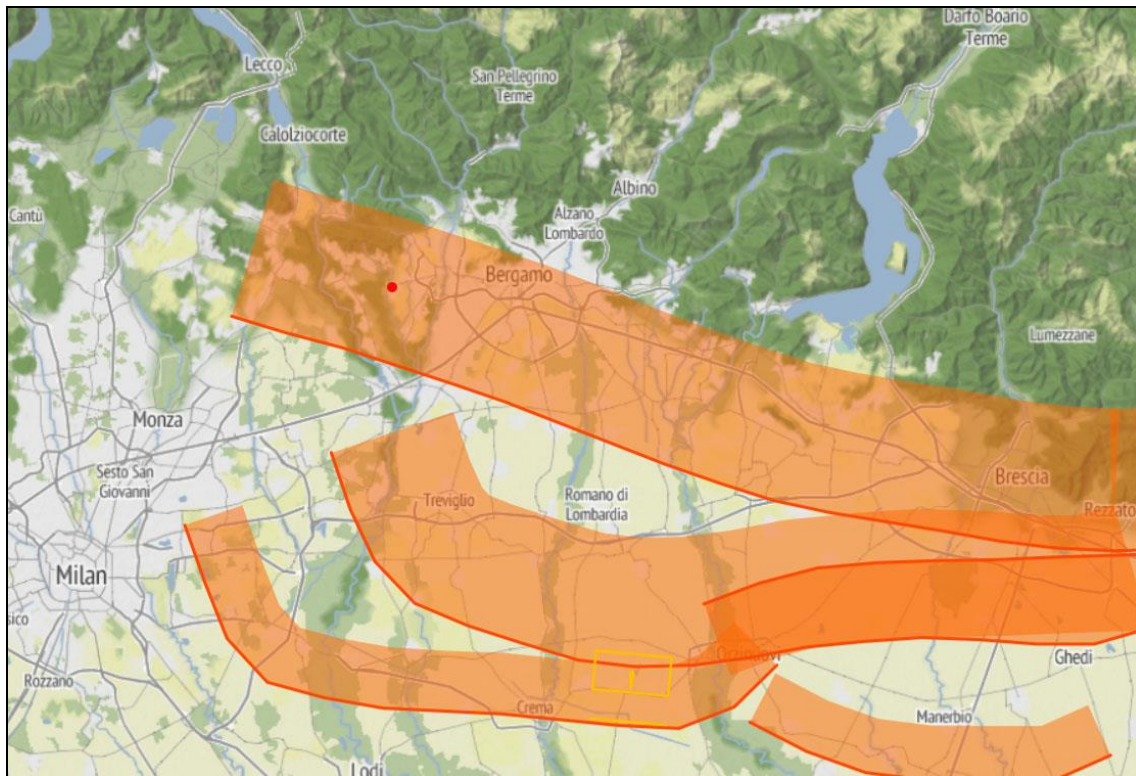
**Profondità:** 31 km

**Coordinate:** (lat, lon) 45.6450, 9.5900

Nonostante la vicinanza dell'epicentro e l'ampio areale in cui è stato avvertito, come riferito dai tecnici comunali non sono stati segnalati danni in comune di Terno d'Isola.

### 12.2.3 Sorgenti sismogenetiche

Dalla consultazione della banca dati delle singole sorgenti sismogenetiche (Database of Individual Seismogenetic Sources, DISS version 3.2), redatta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia in considerazione a sorgenti per terremoti con Magnitudo maggiore di 5.5 in Italia e aree circostanti, il territorio di Terno d'Isola rientra nella parte occidentale di un grande sistema di zone sismogenetiche (fig. 12.5).



**Fig. 12.5** - Sorgenti sismogenetiche nell'area bergamasca-milanese. Il comune di Terno d'Isola è indicato dal punto rosso. (Database of Individual Seismogenic Sources, DISS version 3.2)

In particolare il comune di Terno d'Isola si trova in prossimità del margine occidentale della sorgente sismogenetica composita denominata Western S-Alps internal thrust. Questa sorgente sismogenetica si estende ad Ovest del lago di Garda tra le città di Brescia (a Est) e Bergamo (a Ovest) e appartiene al fronte interno del sistema di faglie inverse delle Alpi Giudicarie. Questo fronte è localmente un arco interno Sud-vergente, una rampa di sistemi meridionali di faglie compressive delle Alpi. I cataloghi storici e strumentali [Boschi et al, 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al, 2006; Guidoboni et al, 2007] mostrano solo una distribuzione sparsa della sismicità lungo l'attacco della parte frontale del thrust. In particolare gli eventi sismici, dai cataloghi storici, mostrano magnitudo  $M_w$  compresa tra 4,6 e 5,0, che possono essere stati generati da sorgenti sismogenetiche appartenenti a questa sorgente composita. Nella tabella di seguito si riportano i parametri che caratterizzano tale struttura sismogenetica.

PARAMETRIC INFORMATION			
PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	5.0	OD	Based on geological data from various authors.
Max depth [km]	12.0	OD	Based on geological data from various authors.
Strike [deg] min... max	265...295	OD	Based on geological data from various authors.
Dip [deg] min... max	25...35	OD	Based on geological data from various authors.
Rake [deg] min... max	80...100	EJ	Inferred from geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	5.5	EJ	Assigned on the basis of conservative criteria.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

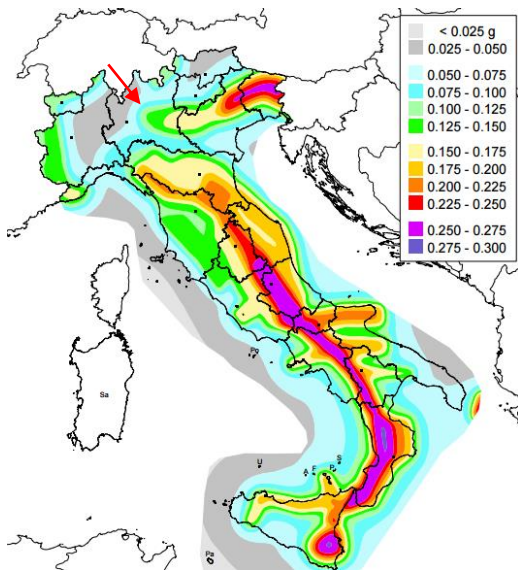
**Fig. 12.6** - Caratteristiche principali della sorgente sismogenetica "Western S-Alps internal thrust"

#### 12.2.4 Pericolosità sismica di base

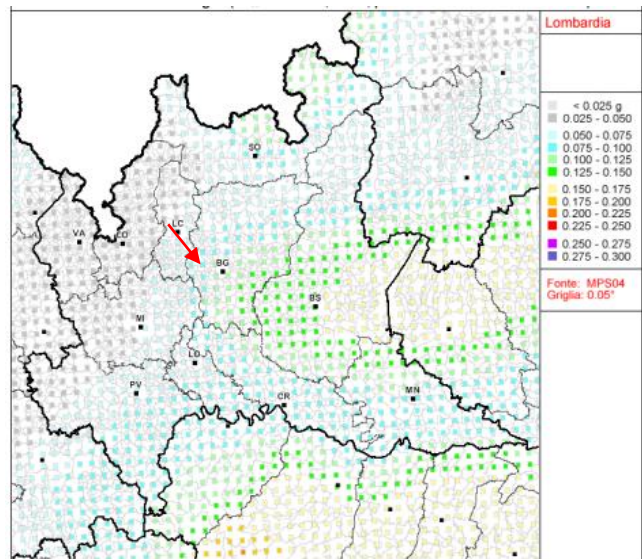
La pericolosità sismica di base è la componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti). La pericolosità sismica di base calcola (generalmente in maniera probabilistica), per una certa regione e in un determinato periodo di tempo, i valori dei parametri corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza. Tali parametri (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali) descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento).

In seguito all'emanazione della O.P.C.M. n. 3274/2003 è stata prodotta, dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, una nuova versione della Mappa della Pericolosità Sismica del territorio nazionale. La mappa riporta il valore dell'accelerazione orizzontale massima "ag" che ha la probabilità di essere superato almeno una volta nei prossimi 50 anni; tale valore di probabilità, che corrisponde ad un periodo di ritorno di 475 anni, è assunto come riferimento dalla normativa sismica vigente.

Nella figura seguente si riporta un estratto della mappa di pericolosità sismica relativa alla Regione Lombardia, da cui si ricava che per il territorio di Terno d'Isola il valore di ag atteso risulta compreso tra **0,075g e 1,000g**.



Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (All. 1b, O.P.C.M. n. 3519/2006). Il Comune di Terno d'Isola è indicato con la freccia rossa

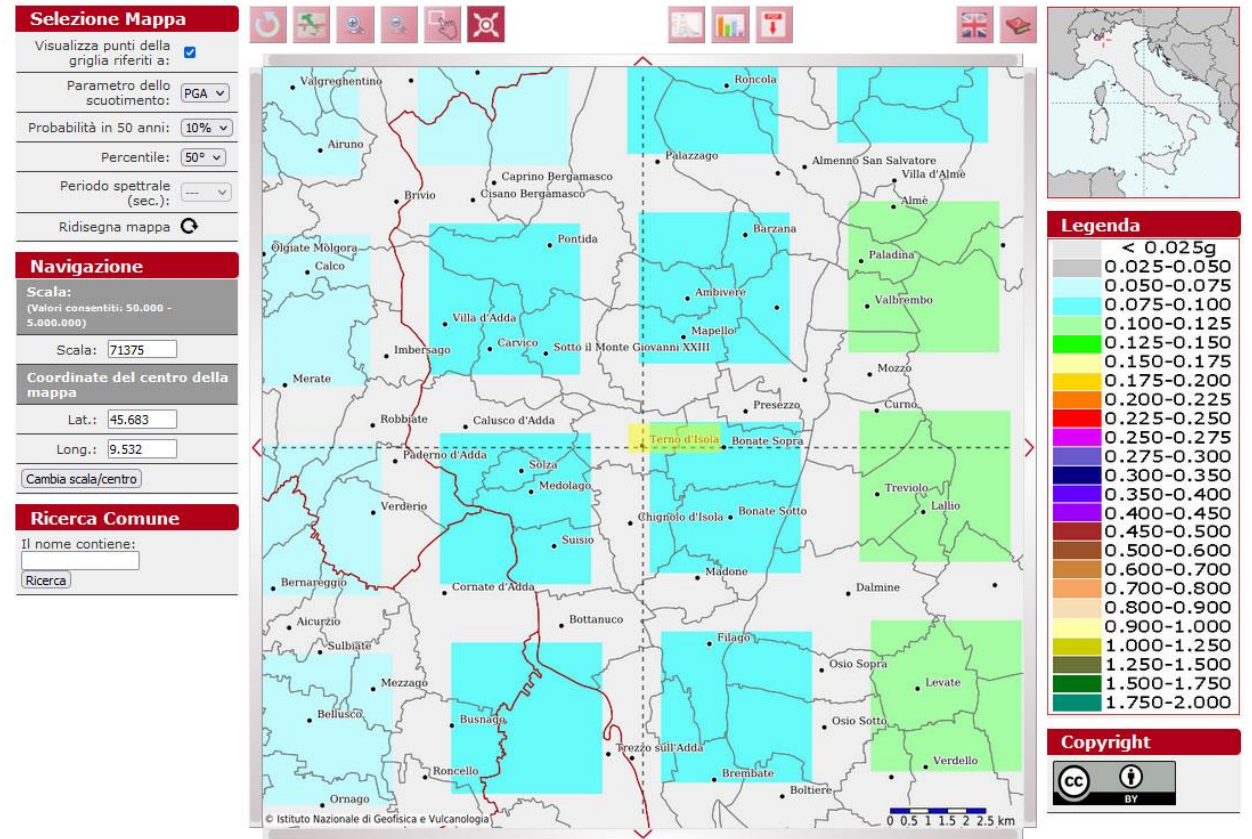


Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale (All. 1b, O.P.C.M. n. 3519/2006); Regione Lombardia. Il Comune di Terno d'Isola è indicato con la freccia rossa

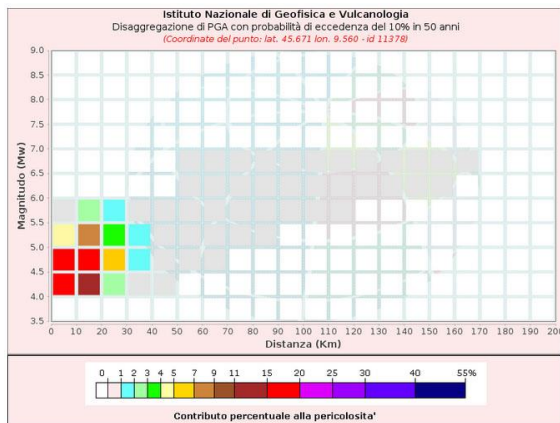
Dalla consultazione delle mappe interattive di pericolosità sismica (reperibili sul sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it>) è anche possibile ricavare il contributo percentuale delle diverse coppie di dati magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità sismica di base.

Individuato il riquadro corrispondente al valore di  $a_g$  più vicino al Comune di Terno d'Isola, si ricavano i dati di disaggregazione.

### Modello di pericolosità sismica MPS04-S1



Mapa interattiva di pericolosità sismica per il comune di Terno d'Isola



Disaggregazione, grafico dei contributi alla pericolosità per intervalli di magnitudo e distanza epicentrale

Distanza (km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	15.7000	17.9000	4.8900	0.9850	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	13.1000	19.4000	7.6100	2.0100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	2.7400	5.3500	3.0000	1.0500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.5270	1.5100	1.1700	0.5130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0263	0.3760	0.4750	0.2550	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0490	0.1940	0.1410	0.0216	0.0037	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0012	0.0833	0.1500	0.1100	0.0198	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0201	0.0964	0.0936	0.0181	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0022	0.0494	0.0686	0.0143	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0188	0.0440	0.0099	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0056	0.0259	0.0064	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.0149	0.0044	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0080	0.0031	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0034	0.0018	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0009	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Disaggregazione, tabella dei contributi alla pericolosità per intervalli di magnitudo e distanza epicentrale

Per l'ambito in studio si ha che il contributo percentuale medio alla pericolosità sismica si ha per

terremoti di magnitudo 4,76 alla distanza di 14,2 km.

In ottemperanza all'art. 2 della O.P.C.M. 3274/2003, Regione Lombardia, con D.G.R. n. VII/14964 del 7 novembre 2003, ha provveduto alla classificazione sismica del proprio territorio. Secondo tale classificazione (Allegato A alla D.G.R. n. VII/14964 del 7 novembre 2003) il Comune di Terno d'Isola è stato classificato in **Zona Sismica 4** (sismicità molto bassa), identificato da un valore di  $a_g < 0,05g$ .

Con D.G.R. n. X/2129 del 11 luglio 2014 “Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia”, Regione Lombardia procede alla determinazione di un livello di classificazione sismica maggiormente cautelativo rispetto a quello vigente e all'aggiornamento della classificazione del territorio lombardo, anche in funzione del riordino della normativa regionale in materia di vigilanza e controllo sulle costruzioni in zona sismica. Nell'Allegato A della D.G.R. viene fornito “l'elenco dei comuni lombardi con indicazione delle relative zone sismiche e dell'accelerazione massima (Agmax) presente all'interno del territorio comunale (O.P.C.M. 3519/06 e D.M. 14/01/08)”.

Il comune di Terno d'Isola viene riclassificato in **Zona Sismica 3** (sismicità bassa) con Agmax pari a 0,091323g.

### **12.3 Pericolosità sismica locale**

Quanto sopra esposto rappresenta la pericolosità sismica di base senza però considerare alcuna modificazione che può subire il moto del suolo causata dal contesto geologico e geomorfologico di un'area, cioè senza modificazioni dovute ad effetti locali.

Va tuttavia fatto osservare come le locali condizioni geologiche e geomorfologiche possano influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area. Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei terreni e dei materiali coinvolti; pertanto, gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione dei possibili effetti locali, distinguibili in due grandi gruppi: quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli dovuti ad instabilità (o effetti cosismici).

Mentre gli effetti di instabilità interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente tale nei confronti delle sollecitazioni sismiche (esempio i versanti, le frane quiescenti, ecc.), gli effetti di sito o di amplificazione sismica locale interessano tutti i

terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese. Quest'ultimi sono rappresentati dall'insieme di modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le strutture locali. Gli effetti di sito si distinguono in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nella stessa area:

- **effetti di amplificazione topografica:** si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto. Se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da materiali non rocciosi, l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto;

- **effetti di amplificazione litologica:** si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche. Tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

In Regione Lombardia la metodologia per l'approfondimento e la valutazione dell'amplificazione sismica locale è riportata in Allegato 5 alla D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616 “Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei P.G.T.”. La metodologia prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio crescente, da applicarsi in funzione della zonazione sismica di appartenenza e degli scenari di pericolosità sismica locale. Solo i primi due livelli sono obbligatori in fase di pianificazione; il terzo livello di approfondimento è obbligatorio in fase di progettazione sia quando con il secondo livello si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione

morfologica e/o litologica sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazioni.

I livelli di approfondimento sono di seguito sinteticamente definiti:

**I livello:** riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento) sia di dati esistenti. Questo livello è obbligatorio per tutti i comuni e prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, nella quale sono riportate le diverse situazioni tipo (Tabella 1 dell'Allegato 5 alla D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616) in grado di determinare gli effetti sismici locali.

**II livello:** caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetrati nella carta di Pericolosità Sismica Locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa). Questo livello è obbligatorio, per i comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, negli scenari PSL, individuati attraverso il I livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (Z3 e Z4 Tabella 1 dell'Allegato 5 alla D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616) interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica.

Per i comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato, negli scenari PSL Z3 e Z4, nel caso di costruzione di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al D.D.U.O n. 19904 del 21 novembre 2003, ferma restando la facoltà dei comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazioni (Z1 e Z2 Tabella 1 dell'Allegato 5 alla D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616) non è prevista l'applicazione del II livello di approfondimento, ma il passaggio diretto a quello di III livello.

**III livello:** definisce gli effetti di amplificazione tramite indagini e analisi più approfondite.

### **12.3.1 Pericolosità sismica locale per il territorio di Terno d'Isola: analisi di I Livello**

Il vigente studio geologico (luglio 2008 così come aggiornato nel novembre 2016) è dotato di un'analisi relativa alla Pericolosità Sismica Locale di I Livello, in cui vengono evidenziate delle aree di amplificazione litologica e geometrica in una fascia lungo l'alveo del Torrente Buliga (Z4a), l'area del pianalto identificata come Zona con terreni di fondazione scadenti (Z2) e alcuni settori suscettibili di amplificazione topografica in quanto cigli con altezza maggiore di 10m; la parte orientale del territorio comunale risulta invece non classificata.

Nel presente lavoro di aggiornamento alla componente geologica viene proposta una nuova analisi di I livello che meglio si sposa con gli elementi geologici e geomorfologici tipici del territorio e descritti nei capitoli precedenti e che viene estesa all'intero territorio comunale; viene inoltre inserito nell'analisi sismica anche l'aspetto relativo agli occhi pollini secondo quanto indicato dalla D.g.r. 15 dicembre 2022- n. XI/7564.

L'analisi consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; si tratta di un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti.

Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte. La suddivisione in zone è avvenuta seguendo una suddivisione in situazioni tipo denominate **scenario di pericolosità sismica locale**, (Allegato 5 alla d.g.r. 30 novembre 2011 – n. IX/2616), riportate nella tabella successiva.

<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>EFFETTI</i>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche	Comportamenti differenziali

fisico-meccaniche molto diverse
---------------------------------

Di seguito si riportano i contenuti di tale analisi, riportando, dalla precedente analisi, gli scenari non variati.

### **Z3 - Aree con amplificazioni topografiche**

**Z3a**-Zona di ciglio  $H > 10$  m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc)

Con segno grafico lineare sono stati indicati i principali orli di scarpata che sono presenti lungo il bordo del pianalto e lungo alcuni tratti delle valli che incidono il pianalto stesso

### **Z4 - Aree con amplificazioni litologiche e geometriche**

**Z4a** - Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi

Rientra in questa categoria l'intero territorio comunale che è costituito interamente da depositi fluviali e fluvioglaciali, in parte granulari (sabbie e ghiaie) con possibile presenza di orizzonti e lenti coesive.

In caso di evento sismico l'effetto prevedibili, in tali zone, è quello di amplificazioni litologiche e geometriche a causa del marcato contrasto di velocità tra i terreni di copertura ed il bedrock sismico e della prossimità di quest'ultimo alla superficie topografica.

**Z4d** - Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale e possibile presenza di occhi pollini che possono dare luogo a fenomeni di instabilità

Sono le aree del pianalto e relativi versanti che presentano coperture loessiche alterate e in parte mobilizzate in coltri colluviali. Rientrano in questa zona anche la fascia dei versanti del pianalto, coperte da materiale colluviato, e le valli che tagliano il pianalto stesso.

La distribuzione aggiornata delle aree di pericolosità sismica locale individuate all'interno del territorio comunale è mostrata nella Tavola 6 - Carta della pericolosità sismica locale, redatta in scala 1:5.000.

## **12.3.2 Pericolosità sismica locale per il territorio di Terno d'Isola: analisi di II Livello**

L'analisi sismica di II livello prevede una caratterizzazione semi quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrare nella prima fase di analisi e fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore del Fattore di Amplificazione (Fa).

Ricadendo in zona sismica 3 (secondo la nuova classificazione sismica regionale) per il Comune di Terno d'Isola è obbligatorio l'approfondimento di II livello nelle aree suscettibili di

amplificazioni sismiche litologiche (Z4) interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree ad espansione urbanistica.

L'approfondimento sismico di II livello si fonda sulla definizione delle caratteristiche sismostratigrafiche locali, acquisite durante una campagna di indagine sismica ad hoc di tipo HVSR (Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio).

L'indagine sismica, di supporto al presente studio, è stata eseguita individuando quattro aree campione rappresentative, distribuite nella porzione urbanizzata del territorio comunale, delle aree omogenee di pericolosità sismica locale di I livello potenzialmente soggette ad effetti di amplificazioni litologiche (Z4), scegliendo due aree nella zona di pianalto, caratterizzata da depositi più antichi, alterati e con coperture loessiche variabili, e due aree nella zona ribassata, caratterizzata da depositi meno alterati.

Tali aree, come illustrato nella Tavola 6 (Carta delle pericolosità sismica locale), sono:

- **Area 1:** via Manzù - via Bravi. L'area è compresa nello scenario di Pericolosità Sismica Locale Z4a, nella zona di pianura.
- **Area 2:** Parco del Camandellino. L'area è compresa nello scenario di Pericolosità Sismica Locale Z4a, nella zona di pianura in vicinanza del torrente Buliga.
- **Area 3:** via dei Bedeschi. L'area è compresa nello scenario di Pericolosità Sismica Locale Z4a/Z4d, nella zona a Nord, sul pianalto.
- **Area 4:** parco del Luf. L'area è compresa nello scenario di Pericolosità Sismica Locale Z4a/Z4d, sul pianalto.

Si ricorda che quanto esposto nei paragrafi seguenti è da intendersi come una prima stima del fattore di amplificazione sismica e che le analisi qui eseguite non sostituiscono le indagini sito specifiche relative al progetto definitivo delle opere (es. calcolo delle Vs30 – Vseq a partire dal piano di posa delle fondazioni etc.).

### **Procedura semplificata di II livello per amplificazioni litologiche: scenari Z4**

La procedura da adottarsi per l'analisi di II livello è illustrata nell'allegato 5 alla predetta d.g.r. IX/2616. Sinteticamente, la procedura di II livello prevede la verifica della validità dei valori soglia di accelerazione indicati dalla normativa nazionale mediante un approccio semiquantitativo che fornisce un valore di Fattore di amplificazione (Fa).

I valori di Fa sono riferiti a due periodi, a loro volta caratteristici di tipologie differenti di costruzioni scelte in base a quelle più diffuse in Regione Lombardia. Per strutture basse, regolari e piuttosto rigide si deve considerare il Fattore di amplificazione relativo a un periodo di 0,1-0,5

secondi, mentre per strutture più alte e flessibili si considera il Fattore di amplificazione calcolato per un periodo di 0,5-1,5 secondi.

La procedura prevede che venga determinato il profilo delle velocità delle onde sismiche nel sottosuolo fino al raggiungimento del bedrock simico (pari a una velocità di 800 m/s).

In tutti gli approfondimenti del presente lavoro, i profili di velocità delle onde sismiche nel sottosuolo sono stati eseguiti mediante la metodologia HoliSurface+HVSR, ottenuti durante un'apposita campagna di indagine effettuata nel mese di gennaio 2020.

In base alla litologia prevalente nel sito si possono utilizzare le schede predisposte nell'allegato 5 alla d.g.r. IX/2616, in cui sono identificate le schede per le seguenti litologie:

- litologia ghiaiosa
- litologia limoso argillosa tipo 1
- litologia limoso argillosa tipo 2
- litologia limoso sabbiosa tipo 1
- litologia limoso sabbiosa tipo 2
- litologia sabbiosa

Individuata la scheda se ne determina la validità confrontando il profilo di velocità delle onde sismiche nel sottosuolo con l'apposito grafico. Si inizierà a confrontarlo con la scheda tipo 1; nel caso in cui il profilo non rientrasse nel campo di validità per velocità minori di 600 m/s si verificherà se esso ricade in quello della scheda 2 e così via.

Nel caso in cui esista la scheda per la litologia considerata ma il profilo non rientra nel campo di validità, si potrà usare una scheda prevista per litologia diverse che presenti un andamento delle Vs simile a quelle riscontrate nell'indagine. Parimenti qualora non esista una scheda per la litologia considerata, si potrà usare una scheda che presenti il profilo delle Vs simile a quello riscontrato nell'indagine.

Una matrice di valutazione, presente in ogni scheda, consente di scegliere in funzione della profondità e della velocità dello strato superficiale, la curva più appropriata (identificata da numero e colore) per la determinazione di Fa.

Il valore di Fa viene determinato in base all'andamento della curva e al valore del periodo proprio del sito T, definito considerando tutta la stratigrafia fino al raggiungimento della velocità di 800 m/s. La definizione del periodo proprio è dato dalla formula

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

ove  $h_i$  e  $V_{s_i}$  sono lo spessore e la velocità dello strato  $i$ -esimo del modello.

Il valore di  $F_a$  così determinato, per i periodi di 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s, viene confrontato con i valori soglia predisposti da Regione Lombardia, considerando la categoria di suolo corrispondente.

Per tutte le aree indagate la categoria di suolo è stata determinata sia valutando i dati bibliografici esistenti riguardanti la litologia e le caratteristiche geotecniche dei terreni sia mediante il calcolo delle  $V_{s30}$  utilizzando i dati raccolti durante la campagna di indagine sismica effettuata per l'analisi di II livello.

Le  $V_{s30}$  sono determinate, secondo quanto indicato dal d.m. 17/01/2018 “Aggiornamento alle Norme tecniche sulle costruzioni” e così definita:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}$$

dove  $H_i$  e  $V_{s_i}$  indicano lo spessore e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei primi 30 m di profondità.

Per il Comune di Terno d'Isola i valori soglia caratteristici, scaricabili dal sito della Regione Lombardia, sono:

Intervallo	Categoria di suolo			
	B	C	D	E
0,1-0,5 s	1,4	1,9	2,2	2,0
0,5-1,5 s	1,7	2,4	4,2	3,1

### **Metodologia di indagine sismica**

Al fine di caratterizzare i siti dal punto di vista della velocità delle onde di taglio  $V_s$  si sono effettuate misure di microtremori atte ad analizzare il rapporto spettrale H/V (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – HVSR) da cui è stato definito il profilo  $V_s$  del sottosuolo.

L'acquisizione HVSR (passivi) è avvenuta utilizzando il geofono triassiale Gemini-2Hz (PASI srl) triggerabile. Le seguenti tabelle riportano i principali parametri di acquisizioni adottati.

#### ACQUISIZIONE HVSR (PASSIVA)

Durata registrazione	15 min
Frequenza di campionamento	200 Hz (ricampionata a 64 Hz in fase di analisi)
Numero di campioni per traccia	180000
Orientazione	Nord

Per le analisi ci si è avvalsi del software *HoliSurface (Eliosoft)*.

### **Area 1**

Il sito di indagine è ubicato nella parte orientale del territorio comunale, nel parco sito tra via Bravi e via Manzù e ricade nello scenario Z4a di Pericolosità Sismica Locale di I livello, così come proposta di modifica e aggiornamento. Il sito rientra nella area di pianura costituita da depositi del Supersistema di Besnate; litologicamente sono presenti in superficie depositi costituiti da sabbie che poi passano a ghiaie e sabbie, con locale presenza di livelli di sabbie talora limose.

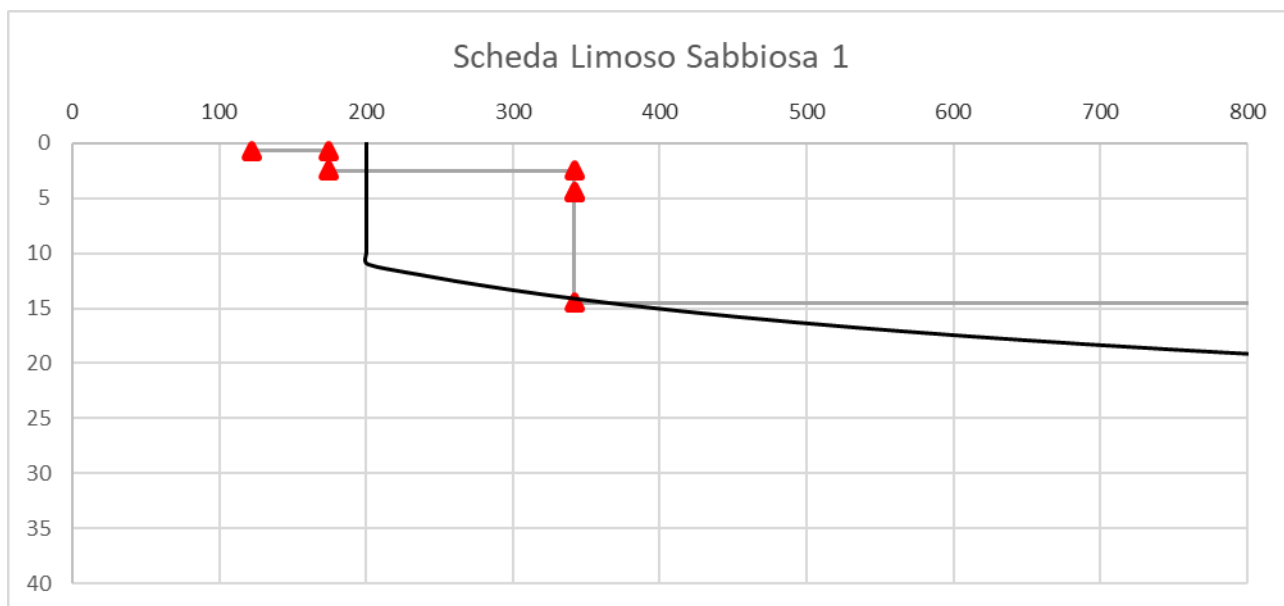
L'analisi sismica ha permesso poi la ricostruzione di un modello medio di velocità delle onde sismiche taglio con la profondità, come riportato in tabella:

Strato	Profondità (m)		Spessore (m)	Vs (m/s)
	da	a		
1	0.0	0.7	0.7	122
2	0.7	2.5	1.8	175
3	2.5	14.5	12	342
4	14.5	semispazio		870

In base alla stratigrafia sismica è stato calcolato il valore di Vs30 che risulta pari a 284 m/s, a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo **E** (tabella 3.2 II, D.M. 17/01/2018), in quanto "terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelli definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m".

### **Scheda di valutazione di riferimento**

In riferimento ai dati litologici rappresentativi di sito e al profilo delle velocità delle onde sismiche di taglio, la scelta è quella di riferirsi alla scheda di valutazione limoso-sabbiosa 1.



### Curva T-Fa

In funzione della profondità e della curva delle velocità dello strato superficiale, utilizzando la matrice della scheda di valutazione, è stata scelta la curva più appropriata per la valutazione del valore del Fattore di Amplificazione (Fa).

Come strato superficiale è stato considerato uno spessore di 4,5 metri di materiali presenti subito al di sotto del piano campagna, a cui corrisponde una velocità media pari a 241 m/s; con questi valori la scelta è ricaduta sulla curva 2 (verde) del grafico T-Fa.

Profondità primo strato (m)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
200				1	1	1	1	1	1	1	1	1						
250				2	2	2	2	2	2	2	1	1	1					
300				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2					
350				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2				
400				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
450				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
500				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Velocità primo strato (m/s)

### Calcolo del Periodo proprio del sito (T)

Il calcolo di T considera tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è

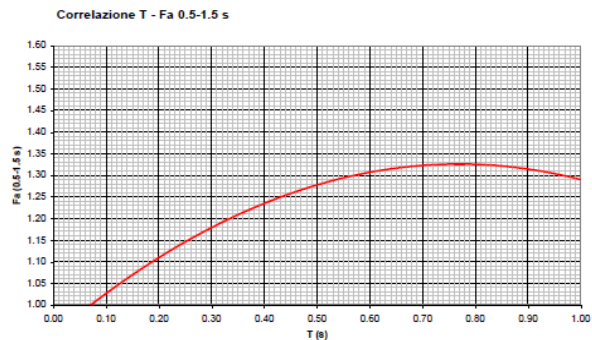
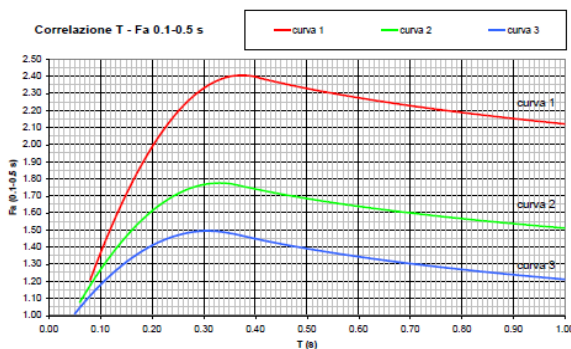
uguale o superiore a 800 m/s con la seguente formula:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

Il bedrock sismico è stato qui raggiunto alla profondità di 14,7 m. Sulla base della stratigrafia sismica fino all'inizio dello strato con valore Vs maggiore o uguale al valore di 800 m/s, è stato calcolato un valore del *periodo proprio del sito pari a 0,19 s*.

Fattore di Amplificazione (Fa)

Il calcolo del Fattore di Amplificazione, per i due periodi tipici 0,1-0,5 s (strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide) e 0,5-1,5 s (strutture più alte e più flessibili), è stato effettuato dall'applicazione delle formule o dalla lettura del grafico, considerando la curva T-Fa scelta e il periodo proprio del sito calcolato.



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	0.08 < T ≤ 0.40 $Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	0.40 < T ≤ 1.00 $Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	0.06 < T ≤ 0.35 $Fa_{0.1-0.5} = -9.5T^2 + 6.3T + 0.73$	0.35 < T ≤ 1.00 $Fa_{0.1-0.5} = 1.51 - 0.25LnT$
3	0.05 < T ≤ 0.35 $Fa_{0.1-0.5} = -7.3T^2 + 4.5T + 0.80$	0.35 < T ≤ 1.00 $Fa_{0.1-0.5} = 1.21 - 0.26LnT$

$$Fa_{0.5-1.5} = -0.67T^2 + 1.03T + 0.93$$

In relazione alla Scheda di valutazione limoso-sabbiosa 1 i valori di Fa calcolati per i relativi periodi sono:

**Fa (0,1-0,5 s) 1,6**  
**Fa (0,5-1,5 s) 1,1**

## Area 2

Il sito di indagine è ubicato in vicinanza del torrente Buliga, nel Parco del Caminadello e ricade nello scenario Z4a di Pericolosità Sismica Locale di I livello, così come proposta di modifica e aggiornamento. Il sito è caratterizzato dalla presenza di depositi fluviali poco alterati.

L'analisi sismica ha permesso poi la ricostruzione di un modello medio di velocità delle onde sismiche taglio con la profondità, come riportato in tabella:

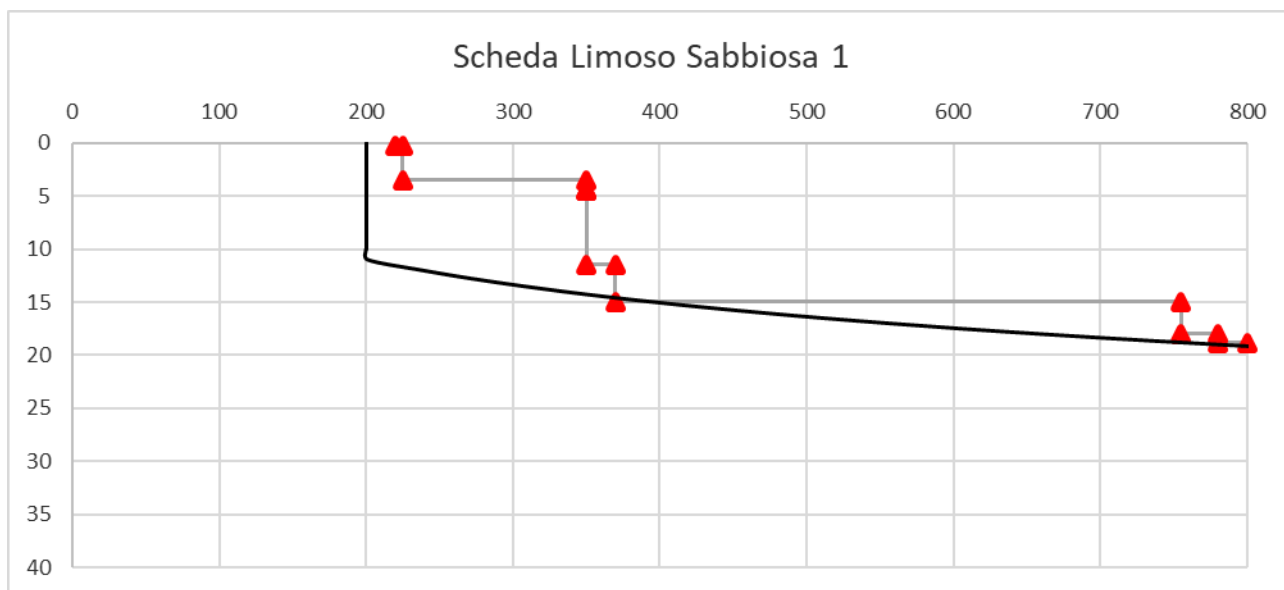
Strato	Profondità (m)		Spessore (m)	Vs (m/s)
	da	a		
1	0.0	0.3	0.3	220
2	0.3	3.5	3.2	225
3	3.5	11.5	8	350
4	11.5	15	3.5	370
5	15	18	3.0	755
6	18	18,81*	0.81	780
7	18,81*	semispazio		800*

\* in rosso i valori estrapolati per il raggiungimento di Vs= 800 m/s

In base alla stratigrafia sismica è stato calcolato il valore equivalente di Vs30, estrapolando la profondità a cui si raggiunge il substrato sismico (Vs=800 m/s), valutata in 18,81 m che risulta pari a 355 m/s, a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo E (tabella 3.2 II, D.M. 17/01/2018), in quanto "terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelli definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m".

### Scheda di valutazione di riferimento

In riferimento ai dati litologici rappresentativi di sito e al profilo delle velocità delle onde sismiche di taglio, la scelta è quella di riferirsi alla scheda di valutazione limoso -sabbiosa 1.



### Curva T-Fa

In funzione della profondità e della curva delle velocità dello strato superficiale, utilizzando la matrice della scheda di valutazione, è stata scelta la curva più appropriata per la valutazione del valore del Fattore di Amplificazione (Fa).

Come strato superficiale è stato considerato lo spessore di 4,5 metri di materiali presenti subito al di sotto del piano campagna, a cui corrisponde una velocità media pari a 252 m/s; con questi valori la scelta è ricaduta sulla curva 2 (verde) del grafico T-Fa.

		Profondità primo strato (m)																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Velocità primo strato (m/s)	200				1	1	1	1	1	1	1	1	1						
	250				2	2	2	2	2	2	1	1	1						
	300				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2					
	350				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2				
	400				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
	450				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
	500				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	

### Calcolo del Periodo proprio del sito (T)

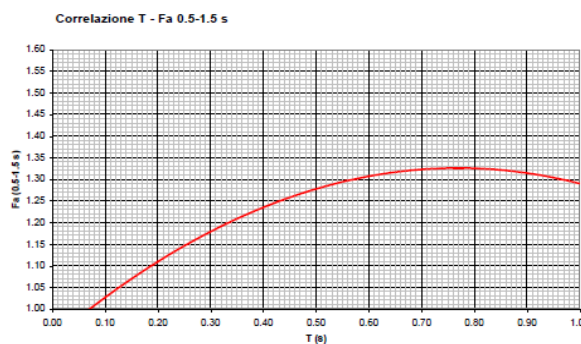
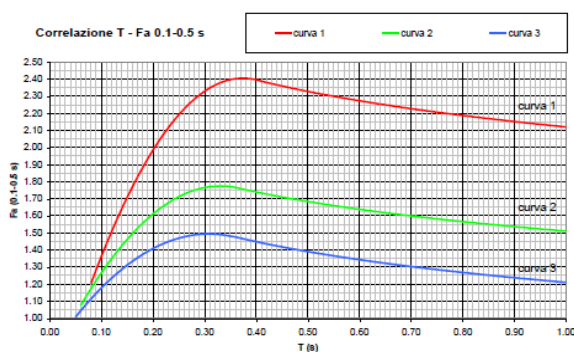
Il calcolo di T considera tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s con la seguente formula:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

Il bedrock sismico è stato qui raggiunto alla profondità di 18,81 m. Sulla base della stratigrafia sismica completa è stato calcolato un valore del periodo proprio del sito pari a 0,18 s.

### Fattore di Amplificazione (Fa)

Il calcolo del Fattore di Amplificazione, per i due periodi tipici 0,1-0,5 s (strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide) e 0,5-1,5 s (strutture più alte e più flessibili), è stato effettuato dall'applicazione delle formule o dalla lettura del grafico, considerando la curva T-Fa scelta e il periodo proprio del sito calcolato.



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	0.08 < T ≤ 0.40 $Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	0.40 < T ≤ 1.00 $Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	0.06 < T ≤ 0.35 $Fa_{0.1-0.5} = -9.5T^2 + 6.3T + 0.73$	0.35 < T ≤ 1.00 $Fa_{0.1-0.5} = 1.51 - 0.25LnT$
3	0.05 < T ≤ 0.35 $Fa_{0.1-0.5} = -7.3T^2 + 4.5T + 0.80$	0.35 < T ≤ 1.00 $Fa_{0.1-0.5} = 1.21 - 0.26LnT$

$$Fa_{0.5-1.5} = -0.67T^2 + 1.03T + 0.93$$

In relazione alla Scheda di valutazione Sabbiosa i valori di Fa calcolati per i relativi periodi sono:

**Fa (0,1-0,5 s)                    1,6**

**Fa (0,5-1,5 s)                    1,1**

### **Area 3**

Il sito di indagine è ubicato nell'area a Nord del territorio comunale, in vicinanza della via dei Bedeschi e ricade nello scenario Z4a/Z4d di Pericolosità Sismica Locale di I livello, così come proposta di modifica e aggiornamento. Il sito è collocato sul pianalto, in un'area caratterizzata superficialmente da depositi fini (loess alterati) a cui fanno seguito ghiaie alterate e limiti per uno spessore di oltre 10 m.

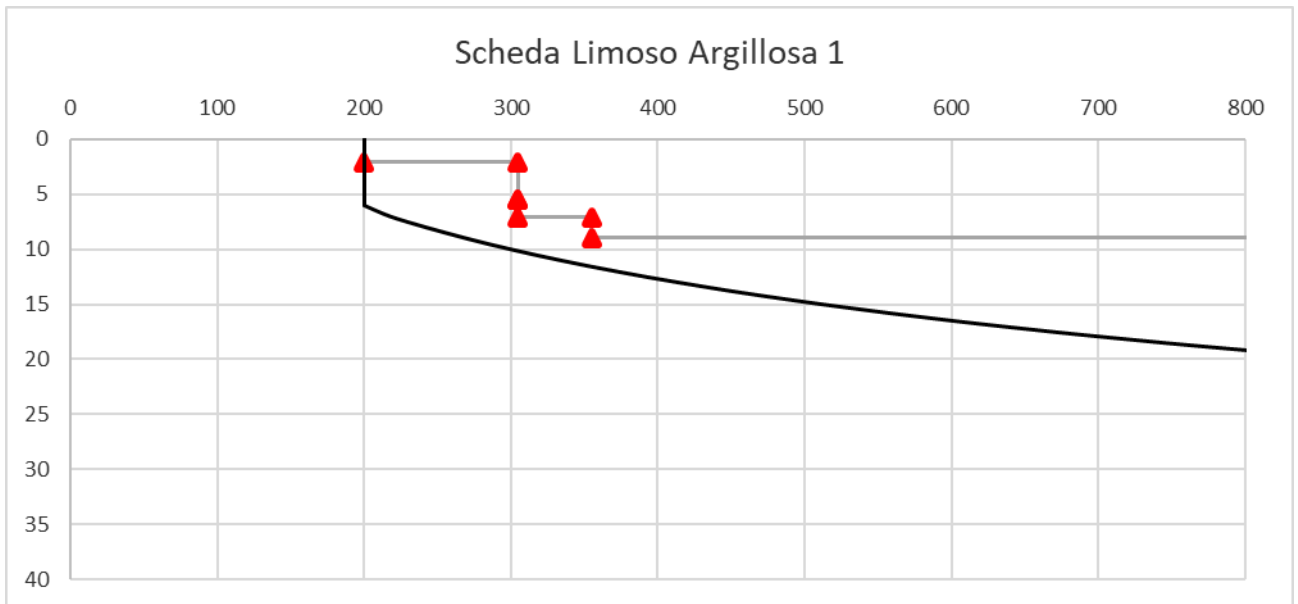
L'analisi sismica ha permesso poi la ricostruzione di un modello medio di velocità delle onde sismiche taglio con la profondità, come riportato in tabella:

Strato	Profondità (m)		Spessore (m)	Vs (m/s)
	da	a		
1	0.0	2.1	2.1	200
2	2.1	7.1	5	305
3	7.1	9	1.9	355
4	9	semispazio		820

In base alla stratigrafia sismica è stato calcolato il valore di Vs30 che risulta pari a 279 m/s, a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo E (tabella 3.2 II, D.M. 17/01/2018), in quanto "terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelli definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m".

#### **Scheda di valutazione di riferimento**

In riferimento ai dati litologici rappresentativi di sito, caratterizzati dalla presenza di loess e ghiaie alterate, e al profilo delle velocità delle onde sismiche di taglio, la scelta è quella di riferirsi alla scheda di valutazione limoso argillosa 1.



### Curva T-Fa

In funzione della profondità e della curva delle velocità dello strato superficiale, utilizzando la matrice della sceda di valutazione, è stata scelta la curva più appropriata per la valutazione del valore del Fattore di Amplificazione (Fa).

Come strato superficiale è stato considerato lo spessore di 5,5 metri di materiali presenti subito al di sotto del piano campagna, a cui corrisponde una velocità media pari a 265 m/s; con questi valori la scelta è ricaduta sulla curva 2 (verde) del grafico T-Fa.

		Profondità primo strato (m)													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18
Velocità primo strato (m/s)	200				1	1	1								
	250				2	2	1								
	300				2	2	2	2	2	2	2				
	350				3	3	3	2	2	2	2	2			
	400				3	3	3	3	3	3	3	3			
	450				3	3	3	3	3	3	3	3	3		
	500				3	3	3	3	3	3	3	3	3		
	600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

### Calcolo del Periodo proprio del sito (T)

Il calcolo di T considera tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s con la seguente formula:

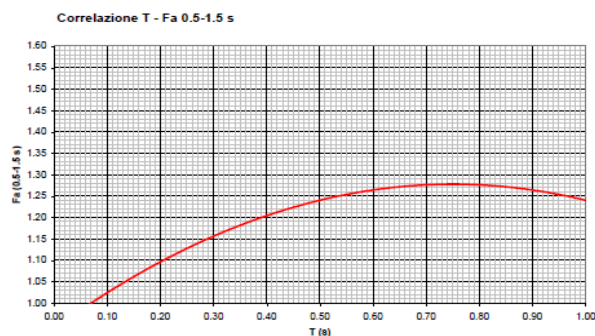
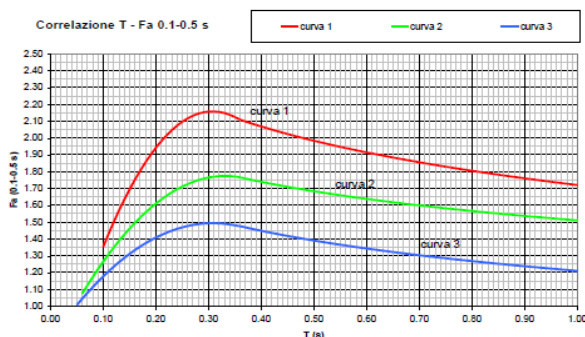
$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

Il bedrock sismico è stato qui raggiunto alla profondità di 9 m. Sulla base della stratigrafia sismica completa è stato calcolato un valore del *periodo proprio del sito pari a 0,12 s*.

### Fattore di Amplificazione (Fa)

Il calcolo del Fattore di Amplificazione, per i due periodi tipici 0,1-0,5 s (strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide) e 0,5-1,5 s (strutture più alte e più flessibili), è stato effettuato dall'applicazione delle formule o dalla lettura del grafico, considerando la curva T-Fa scelta e il

periodo proprio del sito calcolato.



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.35$ $Fa_{0.1-0.5} = -18.7T^2 + 11.5T + 0.39$	$0.35 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.72 - 0.38LnT$
2	$0.06 < T \leq 0.35$ $Fa_{0.1-0.5} = -9.5T^2 + 6.3T + 0.73$	$0.35 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.51 - 0.25LnT$
3	$0.03 < T \leq 0.35$ $Fa_{0.1-0.5} = -7.3T^2 + 4.3T + 0.80$	$0.35 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.21 - 0.26LnT$

$$Fa_{0.5-1.5} = -0.6T^2 + 0.9T + 0.94$$

In relazione alla Scheda di valutazione Sabbiosa i valori di Fa calcolati per i relativi periodi sono:

**Fa (0,1-0,5 s)            1,4**

**Fa (0,5-1,5 s)            1,0**

#### Area 4

Il sito di indagine è ubicato appena a sud della via Bacanello lungo la valle del Luf e ricade nello scenario Z4a/Z4d di Pericolosità Sismica Locale di I livello, così come proposta di modifica e aggiornamento. Il sito è situato sul pianale e litologicamente sono presenti depositi fini (loess) cui fanno seguito ghiaie alterate.

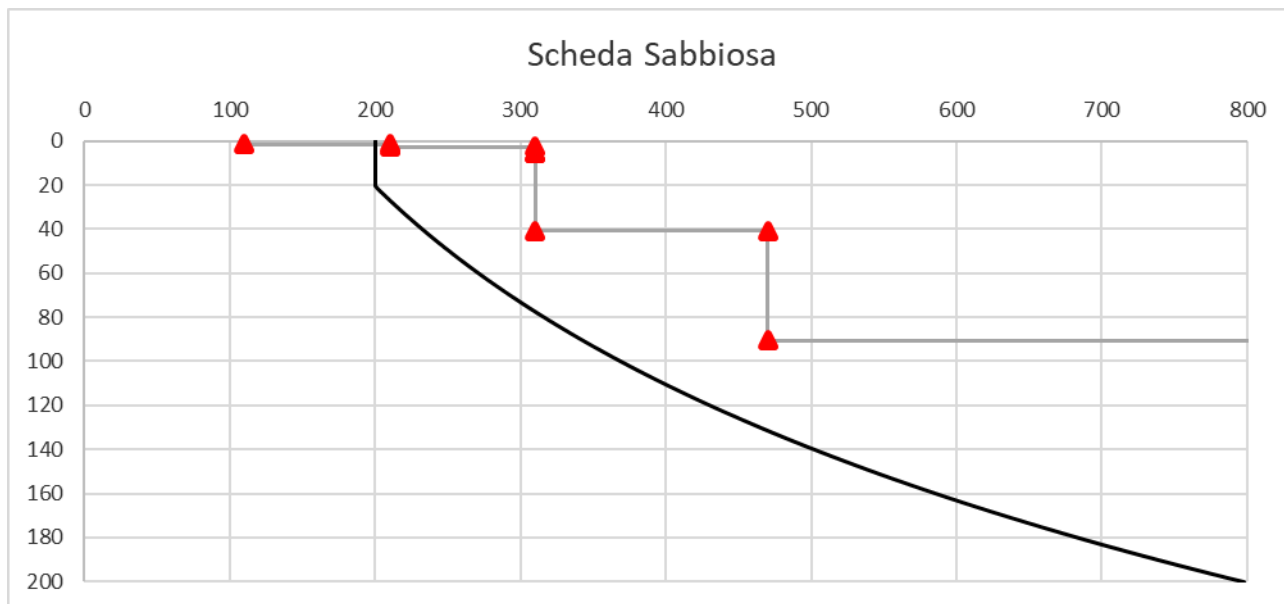
L'analisi sismica ha permesso poi la ricostruzione di un modello medio di velocità delle onde sismiche taglio con la profondità, come riportato in tabella:

Strato	Profondità (m)		Spessore (m)	Vs (m/s)
	da	a		
1	0.0	1.5	1.5	110
2	1.5	2.7	1.2	210
3	2.7	40.7	38	310
4	40.7	90.7	50	470
5	90.7	semispazio		910

In base alla stratigrafia sismica è stato calcolato il valore di  $V_{s30}$  che risulta pari a 297 m/s, a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo C (tabella 3.2 II, D.M. 17/01/2018).

#### Scheda di valutazione di riferimento

In riferimento ai dati litologici rappresentativi di sito e al profilo delle velocità delle onde sismiche di taglio, la scelta è quella di riferirsi alla scheda di valutazione sabbiosa.



#### Curva T-Fa

In funzione della profondità e della curva delle velocità dello strato superficiale, utilizzando la matrice della scheda di valutazione, è stata scelta la curva più appropriata per la valutazione del valore del Fattore di Amplificazione (Fa).

Come strato superficiale è stato considerato lo spessore di 5,5 metri di materiali presenti subito al di sotto del piano campagna, a cui corrisponde una velocità media pari a 234 m/s; con questi valori la scelta è ricaduta sulla curva 2 (verde) del grafico T-Fa.

		Profondità primo strato (m)																						
		1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180	
Velocità primo strato (m/s)	200		2	1-2	2	3	3	3	3	3	3													
	250		2	1-2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA									
	300		2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA							
	350		2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	NA	NA	NA						
	400		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA				
	450		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA			
	500		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA		
	600		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA
700		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	

### Calcolo del Periodo proprio del sito (T)

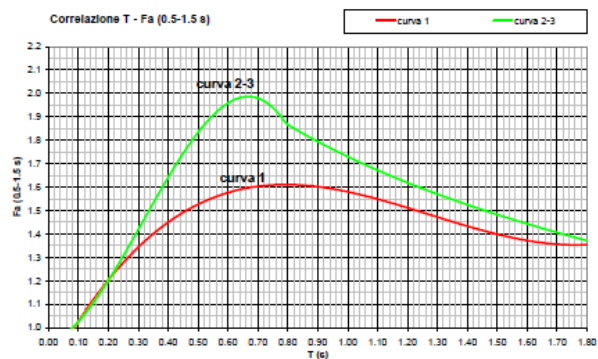
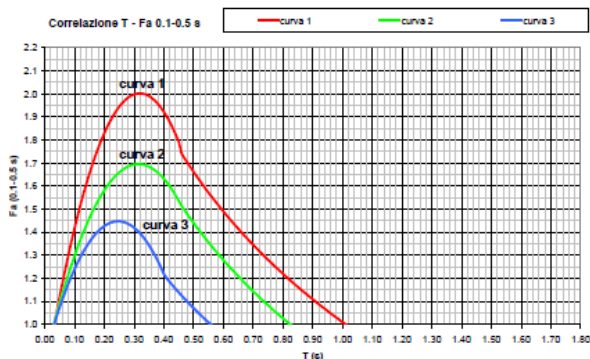
Il calcolo di T considera tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s con la seguente formula:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

Il bedrock sismico è stato qui raggiunto alla profondità di 90,7 m. Sulla base della stratigrafia sismica completa è stato calcolato un valore del *periodo proprio del sito pari a 0,92 s*.

### Fattore di Amplificazione (Fa)

Il calcolo del Fattore di Amplificazione, per i due periodi tipici 0,1-0,5 s (strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide) e 0,5-1,5 s (strutture più alte e più flessibili), è stato effettuato dall'applicazione delle formule o dalla lettura del grafico, considerando la curva T-Fa scelta e il periodo proprio del sito calcolato.



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$	$0.50 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $Fa_{0.1-0.5} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$0.45 < T \leq 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$T > 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -9.88 T^2 + 4.77 T + 0.88$	$0.50 < T \leq 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.62 - 0.85 \ln T$	$T > 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$

Curva	
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = 0.57 T^3 - 2.18 T^2 + 2.38 T + 0.81$
2	$0.08 \leq T < 0.80$ $Fa_{0.5-1.5} = -6.11 T^3 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$
3	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = 1.73 - 0.61 \ln T$

In relazione alla Scheda di valutazione Sabbiosa i valori di Fa calcolati per i relativi periodi sono:

**Fa (0,1-0,5 s)                    1,0**

**Fa (0,5-1,5 s)                    1,8**

### 12.3.3 Analisi di II Livello: valutazione del grado di protezione

La valutazione del grado di protezione è stata effettuata confrontando i valori di Fa ottenuti con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune della regione e per le diverse categorie di suolo (Norme Tecniche per le Costruzioni) soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s.

Il parametro calcolato per ciascun comune della regione rappresenta il valore soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa nazionale risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

I valori soglia calcolati da Regione Lombardia per il Comune di Terno d'Isola sono riportati nella tabella seguente:

Categoria di Suolo	Valori soglia			
	B	C	D	E
Periodo 0,1-0,5	1,4	1,9	2,2	2,0
Periodo 0,5-1,5	1,7	2,4	4,2	3,1

Di seguito vengono confrontati i valori di Fa calcolati con i valori soglia definiti da Regione Lombardia per il Comune di Terno d'Isola, evidenziando in rosso il valore che supera la soglia corrispondente.

Area1	Valori soglia	Fa calcolati
<b>Categoria di Suolo</b>	<b>E (Vs<sub>30</sub>=284m/s; P<sub>sub</sub>&lt; 30m)</b>	
Periodo 0,1-0,5	2	<b>1,6</b>
Periodo 0,5-1,5	3,1	<b>1,1</b>

Area2	Valori soglia	Fa calcolati
<b>Categoria di Suolo</b>	<b>E (Vs<sub>30</sub>=355m/s; P<sub>sub</sub>&lt; 30m)</b>	
Periodo 0,1-0,5	2	<b>1,6</b>
Periodo 0,5-1,5	3,1	<b>1,1</b>

Area3	Valori soglia	Fa calcolati
-------	---------------	--------------

Area4	Valori soglia	Fa calcolati
-------	---------------	--------------

		<b>i</b>			
<b>Categoria di Suolo</b>	<b>E (<math>V_{s30}=279\text{m/s}</math>; <math>P_{\text{sub}} &lt; 30\text{m}</math>)</b>		<b>Categoria di Suolo</b>	<b>C (<math>V_{s30}=297\text{m/s}</math>)</b>	
Periodo 0,1-0,5	2	<b>1,4</b>	Periodo 0,1-0,5	1,9	<b>1,0</b>
Periodo 0,5-1,5	3,1	<b>1,1</b>	Periodo 0,5-1,5	2,4	<b>1,8</b>

#### 12.3.4 Analisi di II Livello: analisi dei risultati

L'analisi di II livello ha permesso di definire, per ciascuna area campione, il valore del Fattore di amplificazione  $F_a$  per gli intervalli di periodo 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s, riferiti rispettivamente a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide e a strutture più alte e più flessibili, ha messo in luce quanto segue:

- Per lo scenario Z4 di pericolosità sismica locale, interferente con l'urbanizzato e/o con le aree ad espansione urbanistica, per l'intervallo di periodo 0,1-0,5 s, il valore di  $F_a$  calcolato risulta sempre **inferiore** al valore soglia regionale per tutto il territorio comunale. Pertanto la normativa nazionale è **sufficiente** a tenere in considerazione i possibili effetti litologici di amplificazione locale
- Per lo scenario Z4 di pericolosità sismica locale, interferente con l'urbanizzato e/o con le aree ad espansione urbanistica, per l'intervallo di periodo 0,5-1,5 s, il valore di  $F_a$  calcolato risulta sempre **inferiore** al valore soglia regionale per la relativa categoria di sottosuolo. Pertanto la normativa nazionale è **sufficiente** a tenere in considerazioni i possibili effetti litologici di amplificazione locale.

## SECONDA PARTE

### **FASE DI SINTESI E VALUTAZIONE**

La fase di sintesi e valutazione è definita, da un lato, tramite l'individuazione delle limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico (vincoli) e dall'altro dalla zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica (sintesi).

Prima di descrivere i vincoli geologici insistenti sul territorio comunale è doveroso esporre quanto si ritiene opportuno proporre come aggiornamento/modifica al quadro del dissesto PAI vigente.

## **13 AGGIORNAMENTO DEL QUADRO DEI DISSESTI PAI VIGENTE: CARTA PAI-PGRA**

### **13. 1 Aree in modifica proposte**

Come già predetto nel cap. 3, è stata proposta una modifica al quadro PAI - PGRA, per la quale è stato chiesto il parere a Regione Lombardia con nota prot. 15153 del 5/10/2023 .e sulla quale Regione Lombardia *"condivide la proposta di aggiornamento, che è supportata da sufficienti approfondimenti e idonea documentazione, con le prescrizioni contenute nell'allegato parere"* (prot. Z1.2024.0003778 del 05/02/2024), prescrizioni di cui si tiene conto in quanto esposto di seguito e nelle tavole allegate.

In particolare nel parere viene indicato di verificare il raccordo con il comune di Sotto il Monte in quanto *"il Comune di Sotto il Monte Giovanni XXIII ha presentato recentemente delle proposte di aggiornamento dell'Elaborato 2 del PAI (e in coerenza delle mappe PGRA – AMBITO RSCM) che interessano il Buliga e affluenti e che sono in procinto di essere approvate dall'Autorità di Bacino distrettuale del Fiume Po."*

Le modifiche proposte sono le seguenti:

- Ridefinizione, su base morfologica, del limite delle aree PAI, in sponda destra del Torrente Buliga per meglio adattarle all'andamento della topografia, in particolare alla base della scarpata del pianalto.
- Ridefinizione, su base morfologica, delle aree PAI, considerando alcuni dettagli morfologici allo sbocco delle valli laterali con la piana del Torrente Buliga.
- Inserimento, lungo i corsi d'acqua del reticolo minore e lungo il torrente Buliga, di un'area Ee (a pericolosità elevata) che interessa l'alveo e una fascia prossima all'alveo stesso con larghezza pari a 10 m, in analogia con le fasce di rispetto determinate nello studio del reticolo minore redatto dal Geol. Pedrali (2021). Tale fascia comprende le porzioni di territorio limitrofe all'alveo che possono essere oggetto di fenomeni di erosione e/o allagamento. Inoltre essa può essere estesa anche in parte ai versanti limitrofi che potrebbero essere soggetti a movimenti franosi a causa dell'erosione al piede in occasione di piene.

A seguito del parere di Regione Lombardia, la ridefinizione delle aree nel settore nord

(indicativamente a monte della confluenza tra il torrente Buliga e il corso d'acqua "Anonimo 02") ha tenuto conto delle risultanze dello "Studio di gestione del rischio idraulico" del comune di Sotto il Monte Giovanni XIII (redatto dall'ing. Maurelli, 2021) che comprende anche una parte del comune di Terno Isola.

La modifica alle aree PGRA segue conseguentemente quella delle aree PAI; essendo tutti i corsi d'acqua del territorio comunale compresi nell'ambito del Reticolo Secondario Collinare e Montano, le aree Ee sono classificate come aree a scenario P3/H, le aree Eb sono classificate come aree a scenario P2/M mentre le aree Em sono equiparate alle aree con scenario P1/L.

A seguito dell'entrata in vigore della d.g.r. n. X/6738 del 19 giugno 2017 e s.m.i. (che integra le disposizioni approvate con d.g.r. n. 2616 del 30 novembre 2011), relativa alle "disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza [...]", è stata predisposta una carta (ex carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI) nella quale sono tracciati tutti gli elementi che derivano dai contenuti del PAI e del PGRA (Tavola n. 7 Carta PAI-PGRA). La tavola, e la presente Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica, recepiscono le aree PAI-PGRA così come da proposta di modifica e integrate con le prescrizioni indicate da Regione Lombardia; tali perimetrazioni diventeranno efficaci *il giorno successivo alla pubblicazione del Decreto del Segretario Generale sul sito istituzionale dell'Autorità di bacino distrettuale*.

I tematismi relativi a questi aspetti riportati nelle tavole di sintesi, dei vincoli e di fattibilità si riferiscono alla situazione con le modifiche proposte di cui sopra.

Le modifiche vengono illustrate in dettaglio nei paragrafi seguenti.

### **13.1.1 AREE Ee**

Si tratta di aree, di cui viene proposta l'istituzione, occupate dall'alveo dei corsi d'acqua e di una fascia esterna al corso d'acqua con larghezza comunque ricompresa nei 10 m dalla sponda. La fascia può includere le zone che possono essere suscettibili di erosione spondale o di effetti legati alla esondazione del corso d'acqua.

Queste aree sono state identificate lungo tutti i corsi d'acqua facenti parte del reticolo idrografico principale e minore.

Lungo il Torrente Buliga, in prossimità del confine comunale, la fascia Ee è in continuità con l'analoga fascia identificata nel comune di Chignolo d'Isola e interessa tutto il corso del torrente. Al confine Nord, l'area Ee è leggermente più estesa rispetto alla fascia dei 10 m raccordandosi,

come prescritto, con l'analogia area sita nel comune di Sotto il Monte e tenendo in considerazione i risultati dello Studio di gestione del rischio idraulico" del comune di Sotto il Monte Giovanni XIII che identificano un'area con velocità della corrente e tiranti elevati.

Lungo la Valle Maggiore o Zanchi, ovverosia la valle tributaria del torrente Buliga posta più a Nord, non è stata istituita una fascia Ee in quanto, in coerenza con la proposta di aggiornamento al PAI del Comune di Sotto il Monte, lungo il torrente è stato recepito l'elemento lineare, sempre con valenza di Area Ee, fino alla confluenza con il T. Buliga.

**Si fa presente, inoltre, che il tracciato della fascia Ee lungo la Valle Maggiore, costituente di fatto il tracciato del torrente, differisce in alcuni tratti dal tracciato utilizzato per determinare le fasce del reticolo minore (redatto dal Geol. Pedrali, 2021)**

Localmente, l'area Ee istituita lungo i corsi d'acqua può essere meno estesa rispetto alla fascia di rispetto dei 10 m in quanto essa è stata comunque limitata all'orlo superiore dell'incisione valliva.

Lungo la Valle del Torrente "Anomino 01", appena a sud della Valle Maggiore, l'area Ee non raggiunge la testa dell'impluvio ma termina in prossimità dei roccoli presenti in sponda sinistra, all'altezza dell'approfondimento della valle in corrispondenza di una passerella di attraversamento.

Anche nella Valle del torrente Anonimo 03 l'area Ee non segue il corso d'acqua per tutta la sua lunghezza, ma termina poche decine di metri prima della testata, in quanto le ridotte dimensioni dell'incisione non hanno fatto ritenere un grado di pericolosità tale da inserirla in aree PAI.

### **13.1.2 AREE Eb**

Sono le aree che possono dare fenomeni di esondazione meno frequenti e meno pericolosi rispetto alle aree Ee. Si trovano lungo il torrente Buliga in sponda destra e in sponda sinistra. Le aree in sponda sinistra non sono oggetto di modifica se non una modesta riduzione in quanto, lungo il torrente Buliga, una parte di dette aree viene inserita nelle aree Ee. Fa eccezione a questo la fascia lungo il confine Nord, dove sono state apportate modifiche anche di rilievo per raccordare le aree con quelle presenti di Sotto il Monte secondo quanto indicato nel parere di Regione Lombardia; nello specifico, differentemente da quanto esistente nel PAI vigente, non sono presenti aree Eb in corrispondenza del confine tra Terno d'Isola e Sotto il Monte Giovanni XXIII mentre sono presenti poco più a Sud.

Di seguito sono descritte le modifiche alle aree Eb proposte, partendo da Nord.

A Nord della SP 166 è presente attualmente un'ampia area Eb che si estende a destra e sinistra del Torrente Buliga, incluso l'alveo del Torrente Buliga stesso, fin quasi al confine comunale con il comune di Sotto il Monte; il fatto che l'area Eb non arrivi al confine comunale è dato dal differente limite comunale utilizzato nella redazione delle carte.

Per questo tratto le modifiche consistono nei seguenti punti:

- in sponda sinistra del T. Buliga l'area Eb viene chiusa alcune decine di metri a Sud del confine comunale in quanto viene ricompresa nell'area Ee fino a raggiungere il confine comunale.

-in sponda destra, nel tratto compreso tra il corso d'acqua "Anonimo 01" e il confine comunale, la fascia Eb viene ristretta in quanto viene ricompresa in parte dalla fascia Ee di nuova istituzione e in parte dalla fascia Em, in continuità con quella presente nel territorio di Sotto il Monte.

- in sponda destra del T. Buliga è stata inserita, poco a Nord del ponte con la SP 166, un'area Eb; in questa zona, infatti, è presente una superficie pianeggiante, che si estende dall'incisione del T. Buliga alla base della scarpata del pianalto, e che ha quota pressoché uguale alla grande superficie, già classificata come Eb, presente in sponda sinistra del torrente stesso; verso sud è tale area è delimitata dal terrapieno della SP 166, mentre verso Nord la superficie si riduce progressivamente per la presenza del versante. Tale superficie si estende per circa 1000 m<sup>2</sup> ma una parte di essa rimane però ricompresa nelle aree Ee che, come detto precedentemente, si estendono anche leggermente al di fuori dell'alveo dei corsi d'acqua.

Data l'esiguità dell'estensione, l'area non è riprodotta in modo fedele dalle isoipse presenti sulla carta topografica.

Tra la SP 166 e la ferrovia le modifiche si concentrano in sponda destra, allo sbocco della valle del torrente Anonimo 03, per meglio adattare le aree alla cartografia esistente e a quanto rilevato direttamente. Qui, appena a valle del ponte della SP 166, sono presenti più terrazzi di altezza variabile compresa tra circa 1,5 m e qualche decina di centimetri, legati alla costruzione del terrapieno della SP 166 stessa, e al probabile rimaneggiamento di tutta l'area. Il dislivello tra il torrente Buliga e il terrazzo più alto è circa 3 m, mentre lungo il torrente anonimo 03 i terrazzi sono meno pronunciati. La presenza di folta vegetazione incolta, inoltre, rende di difficile discriminazione eventuali piccole differenze di morfologia. L'area Eb attuale descrive una inflessione verso la valle del torrente anonimo 03 immediatamente a Sud del ponte, dove invece

è presente un terrapieno delimitato dai terrazzi anzidetti. Considerando la presenza di questi terrazzi nella proposta di modifica al PAI - PGRA, le aree classificate come Eb presenti attualmente in sponda sinistra in questo settore vengono eliminate in quanto sono per lo più ricomprese nelle aree Ee, per le quali è stata scelta un'ampiezza di 10 m e nelle aree potenzialmente allagabili, ma a quote più elevate, attribuite alle aree Em.

Tra il ponte della Ferrovia e quello di via Milano non sono proposte modifiche alle aree Eb.

Tra il ponte di via Milano e quello di via Mercato viene inserita un'area Eb in destra idrografica, appena a monte del ponte di via Mercato (ingresso al civico 39) in quanto oggetto in passato di allagamenti, che viene estesa fino al piede del versante; attualmente quest'area, al netto di differenze dovute alla diversa rappresentazione topografica è classificata come Em.

A sud del ponte di Via Mercato fino alla confluenza con il torrente anonimo 08 (l'ultimo corso d'acqua prima del confine comunale), sostanzialmente non sono proposte modifiche per le aree Eb. L'unica eccezione si ha a Sud della confluenza con il torrente anonimo 08 in cui l'area Eb viene estesa in sponda destra e sinistra fino al confine comunale per eliminare il "gap" attualmente presente e, inoltre, il limite occidentale dell'area in sponda destra viene meglio adattato alla base del versante.

### **13.1.3 AREE Em**

In comune di Terno d'Isola sono presenti aree Em in sinistra e in destra del torrente Buliga.

La proposta di modifica per queste aree si limita alla eventuale riduzione ove queste si sovrappongono alle aree Ee definite lungo il torrente Buliga e affluenti e, in destra idrografica del torrente Buliga, a una migliore definizione del limite dell'area per un migliore adattamento rispetto alla topografia, così come rappresentata in carta e come rilevata sul terreno. Anche per le aree Em si sono avute alcune modifiche rilevanti nella porzione a Nord, al confine con il comune di Sotto il Monte Giovanni XXIII al fine di assicurare la dovuta continuità con le aree Em presenti in questo comune.

In particolare le modifiche rispetto alla PAI vigente sono le seguenti:

- In destra Buliga, a Sud del confine comunale, il limite dell'area Em è leggermente spostato, con una leggera riduzione rispetto alla situazione attuale in quanto viene raccordata con l'area Em presente nel comune di Sotto il Monte.
- In sinistra Buliga, al confine con il comune, l'area è leggermente ridotta in quanto viene in parte ricompresa nell'area Ee e il suo limite orientale viene leggermente spostato per

raccordarlo con quanto presente nel comune di Sotto il Monte. Poco più a Sud, nel parco del Camminadello, il limite è leggermente allargato in base alle risultanze dello Studio di gestione del rischio idraulico" del comune di Sotto il Monte Giovanni XIII (redatto dall'ing. Maurelli, 2021) che comprende anche questa zona.

Tra la SP 166 e la ferrovia si ha la modifica di maggiore rilevanza. L'attuale estensione delle aree non corrisponde alla topografia; infatti si ha una differenza di quota di oltre 8 m tra la sponda sinistra e destra del torrente anonimo 03 e si osserva un innalzamento della quota raggiunta dall'areale di allagamento procedendo da Nord verso Sud. Tale anomalia è dovuta alla diversa rappresentazione della morfologia. Nella modifica proposta il limite dell'area Em è identificato con il bordo terrapieno fino ad una quota (rispetto alla topografia riportata) di circa 234 m. Appena a monte del rilevato ferroviario è inserita nell'area Em anche la superficie del terrazzo in sponda destra del T. Buliga che borda il terrapieno stesso e che si trova a circa 2-3 m più in alto dell'attuale livello del T. Buliga. La superficie del terrazzo è limitata, a ovest, dalla base del pendio.

- A sud del ponte di via Mercato il limite dell'area Em è stato leggermente spostato per adeguarlo all'andamento della base del pendio, così come determinato dalla cartografia e da rilevamenti in loco. In prossimità di via delle Castagne, sfruttando un piccolo gradino morfologico di poche decine di centimetri, il limite dell'area Em viene fatto proseguire verso il torrente della Valle del Luf e, a sud di questo segue la quota di circa 225 m in prossimità della via Medolago per poi seguire la base del versante fino alla grande ansa del torrente poco distante dal limite sud del territorio comunale.

In sponda sinistra, invece, non sono proposte modifiche alle aree Em se non il prolungamento fino a raggiungere il limite comunale.

#### **13.1.4 QUADRO PGRA**

Il quadro PGRA si modifica conseguentemente a quanto proposto per il PAI. In tutto il territorio comunale l'ambito è il Reticolo Secondario Collinare e Montano; alle aree Ee corrispondono aree potenzialmente allagabili per alluvioni frequenti (P3/H); alle aree Eb corrispondono le aree potenzialmente allagabili per alluvioni poco frequenti (P2/M), mentre le aree Em corrispondono aree potenzialmente allagabili per alluvioni rare (P1/L).

I tematismi relativi a questi aspetti riportati nelle tavole di sintesi, dei vincoli e di fattibilità si riferiscono alla situazione con le modifiche proposte di cui sopra.

### 13.2 Analisi delle condizioni di rischio

In base al quadro PAI-PGRA proposto sono state valutate le condizioni di rischio. Di seguito sono riportate le valutazioni, già inserite nella Proposta di modifica su cui Regione Lombardia ha espresso parere il 05/02/2024 (prot. prot. Z1.2024.0003778), modificate secondo quanto prescritto nel parere stesso; in particolare viene specificato che *"in quei rari casi in cui invece sono stati evidenziati allagamenti in passato non sono presenti ulteriori considerazioni in merito, che si chiede vengano prodotte in sede di redazione della componente geologica"*.

L'analisi del rischio è stata eseguita basandosi sull'uso del suolo dedotto dal DUSAF 2022 e dalla matrice del rischio relativa al reticolo secondario collinare e montano. Ad ogni elemento identificato sul DUSAF 2022 è stato associato un valore di danno secondo la tabella indicata in fig. 13.1.

CLASSE D4		CLASSE D3		CLASSE D2		CLASSE D1	
DUSAF		DUSAF		DUSAF		DUSAF	
1111	Tessuto residenziale denso	133	Cantieri	211	Seminativi	134	Aree degradate non utilizzate e non vegetate
1112	Tessuto residenziale continuo mediamente denso	12124	Cimiteri	1411	Parchi e giardini	231	Prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive
1121	Tessuto residenziale discontinuo	132	Discariche	221	Vigneti	311	Boschi di latifoglie
1122	Tessuto residenziale rado e nucleiforme	131	Cave	222	Frutteti e frutti minori	312	Boschi conifere
1123	Tessuto residenziale sparso	2113	Culture orticole	223	Oliveti	313	Boschi misti
11231	Cascine	2114	Culture floro-vivaistiche	3114	Castagneti da frutto	314	Rimboschimenti recenti
1424	Aree archeologiche	2115	Orti familiari	213	Risaie	331	Spagge, dune ed alvei ghiaiosi
12122	Impianti di servizi pubblici e privati			2313	Marcite	321	Praterie naturali d'alta quota
12111	Insedimenti industriali, artigianali, commerciali			1412	Aree verdi incolte	322 - 324	Cespuglieti
12112	Insedimenti produttivi agricoli			2241	Pioppeti	332	Accumuli detritici e affioramenti litoidi privi di vegetazione
12121	Insedimenti ospedalieri			2242	Altre legnose agrarie	333	Vegetazione rada
12123	Impianti tecnologici					411	Vegetazione delle aree umide interne e delle torbiere
1222	Reti ferroviarie e spazi accessori					3113	Formazioni ripariali
123	Aree portuali					3222	Vegetazione dei greti
12125	Aree militari obliterate					3223	Vegetazione degli argini sopraelevati
124	Aeroporti ed eliporti					511	Alvei fluviali e corsi d'acqua artificiali
1421	Impianti sportivi					5121	Bacini idrici naturali
1423	Parchi divertimento					5123	Bacini idrici da attività estrattive interessanti la falda
1422	Campeggi e strutture turistiche e ricettive					5122	Bacini idrici artificiali
						335	Ghiacciai e nevi perenni

Reti stradali	
D4	Reti primarie: autostrade, strade statali/regionali, strade provinciali
D3	Reti secondarie: strade comunali

**Fig. 13.1a** - Attribuzione delle classi di danno in base alle categorie di uso del suolo (DUSAF) per gli elementi poligonali

Elementi esposti	Danno
Beni culturali vincolati	D4
Immobili e aree di notevole interesse pubblico	D4
Impianti allegato I del D.L. 59/2005	D4
Aree protette per estrazione acqua a uso idropotabile	D4
Strutture ospedaliere	D4
Scuole	D4
Dighe	D4
Depuratori	D3
Inceneritori	D3

**Fig. 13.1b** - Attribuzione delle classi di danno in base alle categorie di uso del suolo (DUSAF) per gli elementi puntuali

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA'		
		P3	P2	P1
CLASSI DI DANNO	D4	R4	R4	R2
	D3	R4	R3	R2
	D2	R3	R2	R1
	D1	R1	R1	R1

**Matrice 1**  
Reticolo principale (RP)  
Reticolo secondario collinare e montano (RSCM)

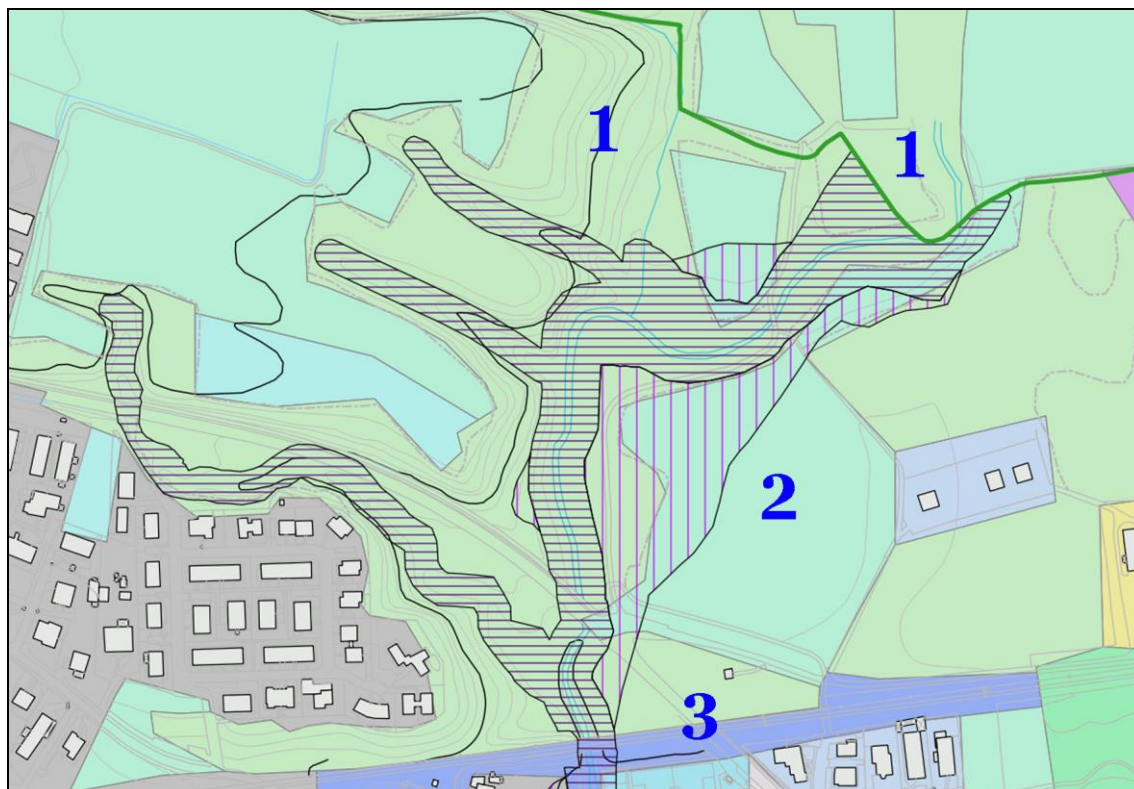
**Fig. 13.1c** - Matrice del rischio per il reticolo secondario collinare e montano, in cui rientra l'intero reticolo di Terno d'Isola.

Dalla matrice del rischio si evince che le aree in classe di rischio R4 sono quelle che ricadono nello scenario di pericolosità P3/H e classe di danno D4 e D3 oppure, se ricadenti nello scenario di pericolosità P2/M, nella classe di danno D4.

Di seguito sono riportate le aree a rischio R4 identificate; nelle figure, anche al fine di rendere più leggibili le immagini, non sono riportate le aree con classe di pericolosità P1/L in quanto per esse, qualunque sia la classe d'uso del territorio, la classe rischio associata è, al massimo, R3.

### 13.2.1 Tratto dal confine comunale al ponte della ferrovia

Lungo il torrente Buliga dal confine comunale al ponte con la ferrovia le aree attraversate sono aree boscate e aree a seminativi; in entrambi i casi sono presenti aree che ricadono nello scenario a pericolosità alta e media. Si nota inoltre come sul DUSAF non vengano riportati gli assi viari costituiti dalla SP 166 e dalla linea ferroviaria che attraversano il T. Buliga.



**Fig. 13.2** - Sovrapposizione tra le aree PGRA proposte (barrato viola scuro aree P3/H, barrato viola chiaro aree P2/M) e le classi d'uso così come riportate nel DUSAF 2022. Le classi d'uso sono le seguenti: 1=31111 - boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo ; 2=2111 - seminativi semplici; 3=1412 - Aree verdi incolte

Le classi di danno associate a tali aree sono le seguenti

codice DUSAF	descrizione	classe danno	classe rischio (scenario P3H)	classe rischio (scenario P2M)
31111	boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo	D1	R1	R1
2111	seminativi semplici	D2	R3	R2
1412	Aree verdi incolte	D2	R3	R2
--	Strade provinciali	D4	<b>R4</b>	<b>R4</b>
--	Ferrovie	D4	<b>R4</b>	<b>R4</b>

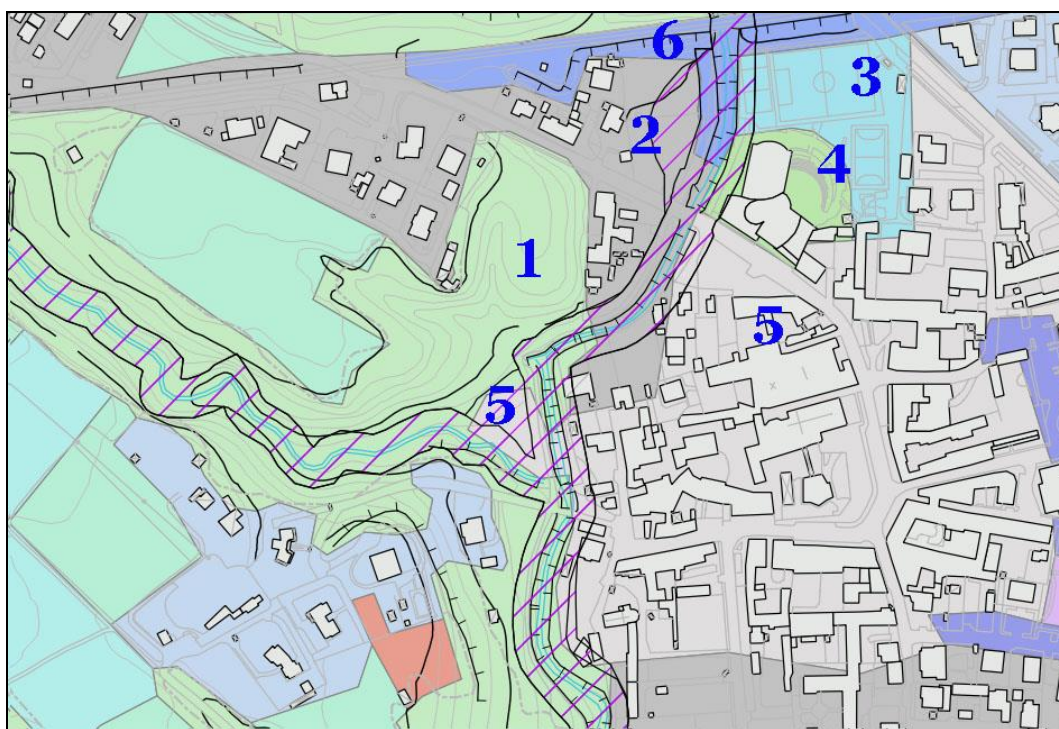
Dalla tabella riportata sopra si evince che in quest'area gli unici elementi in classe di rischio R4

sono gli attraversamenti della strada provinciale e della ferrovia.

### 13.2.2 Tratto dal ponte della ferrovia al ponte di via Mercato

A Sud del ponte della ferrovia il Torrente Buliga entra nel territorio urbanizzato. Gli elementi interessati dagli areali a pericolosità media e alta sono riportati in fig. 13-3.

E' inoltre da considerare l'attraversamento con via Milano (Reti stradali secondarie e spazi accessori secondo la Collezione dati Infrastrutture e mobilità – Strade secondarie, consultabile sul Geoportale di Regione Lombardia).



**Fig. 13.3** - Sovrapposizione tra le aree PGRA proposte (barrato viola scuro aree P3/H, barrato viola chiaro aree P2/M) e le classi d'uso così come riportate nel DUSAF 2022. Le classi d'uso sono le seguenti:  
1=31111- boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo; 2=1121 - tessuto residenziale discontinuo; 3=1421 - impianti sportivi; 4=12122 - impianti di servizi pubblici e privati; 5=1112 - tessuto residenziale continuo mediamente denso; 6=1412 - aree verdi incolte

Le classi di danno associate a tali aree sono le seguenti

codice DUSAF	descrizione	classe danno	classe rischio (scenario P3)	classe rischio (scenario P2)

31111	boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo	D1	R1	R1
2111	seminativi semplici	D2	R3	R2
1121	tessuto residenziale discontinuo	D4	<b>R4</b>	<b>R4</b>
1421	impianti sportivi	D4	<b>R4</b>	<b>R4</b>
12122	impianti di servizi pubblici e privati	D4	<b>R4</b>	<b>R4</b>
1112	tessuto residenziale continuo mediamente denso	D4	<b>R4</b>	<b>R4</b>
1412	Aree verdi incolte	D2	R3	R2
--	Strade Reti secondarie	D3	<b>R4</b>	R3

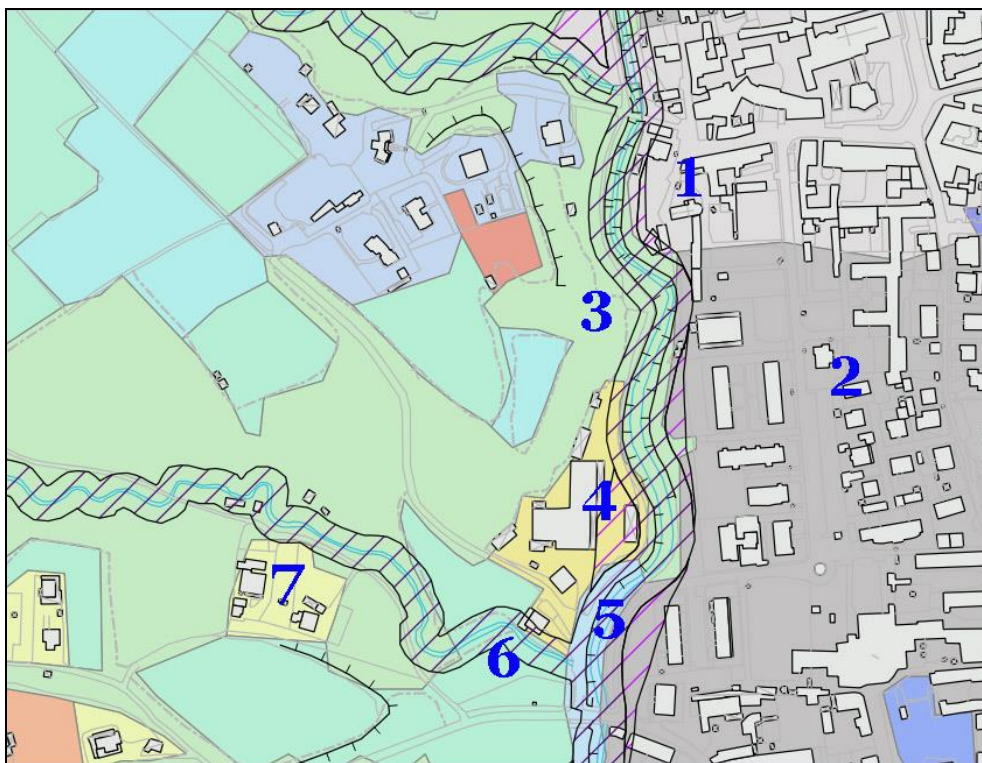
Dalla tabella si nota come gran parte delle aree in sponda sinistra rientrano in classe R4, mentre in sponda destra le aree che rientrano in classe di rischio R4 sono limitate alla zona a Nord e a Sud del ponte di via Milano e una piccola area a Nord dell'attraversamento di via Mercato.

### 13.2.3 Tratto dal ponte via Mercato al ponte di via Medolago

Procedendo verso Sud, da via Mercato fino al ponte con via Medolago, il torrente Buliga continua ad attraversare il centro abitato e viene lambita anche un'azienda agricola.

Lungo la valle del Luf è inoltre interessata un'abitazione in vicinanza della confluenza con il torrente Buliga e alcune baracche lungo il corso del Luf, in sponda destra.

E' presente, inoltre, l'attraversamento con la SP 170, non indicata nel DUSAF ma rientrante nella categoria "Reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori" della "Collezione dati Infrastrutture e mobilità – Strade principali".



**Fig. 13.4** - Sovrapposizione tra le aree PGRA proposte (barrato viola scuro aree P3/H, barrato viola chiaro aree P2/M) e le classi d'uso così come riportate nel DUSAF 2022. Le classi d'uso sono le seguenti:  
1=1112- tessuto residenziale continuo mediamente denso; 2=1121 - tessuto residenziale discontinuo;  
3=31111- boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo; 4=12111 - insediamenti industriali, commerciali, artigianali; 5=3113 - formazioni ripariali; 6=2111 - seminativi semplici; 7=1123 - tessuto residenziale sparso

Le classi di danno associate a tali aree sono le seguenti

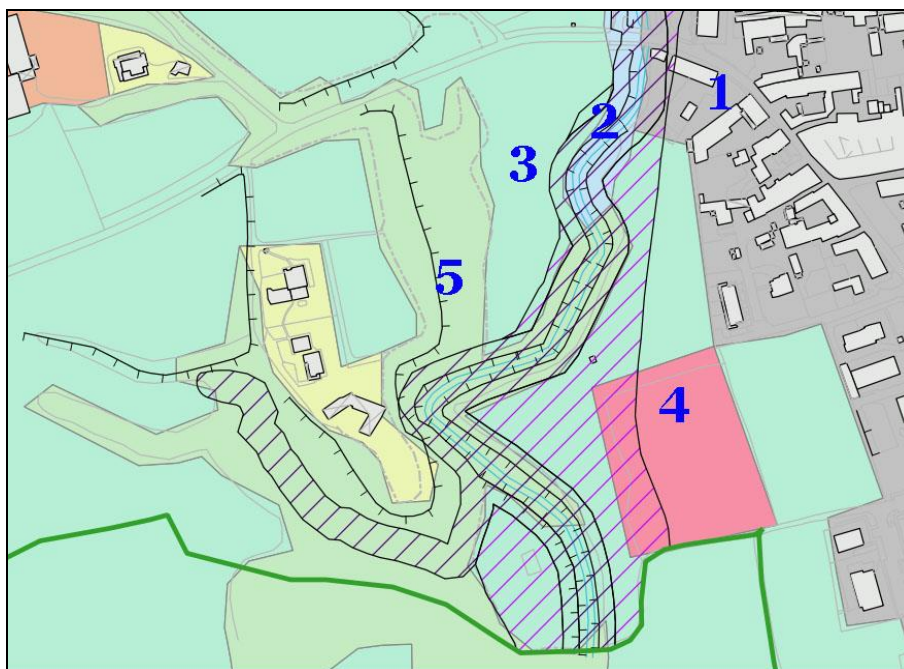
codice DUSAF	descrizione	classe danno	classe rischio (scenario P3)	classe rischio (scenario P2)
31111	boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo	D1	R1	R1
2111	seminativi semplici	D2	R3	R2
1121	tessuto residenziale discontinuo	D4	<b>R4</b>	<b>R4</b>
1112	tessuto residenziale continuo mediamente denso	D4	<b>R4</b>	<b>R4</b>
12111	insediamenti industriali, commerciali, artigianali	D4	<b>R4</b>	<b>R4</b>

3113	formazioni ripariali	D1	R1	R1
1123	tessuto residenziale sparso	D4	<b>R4</b>	<b>R4</b>
--	Reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori	D4	<b>R4</b>	<b>R4</b>

Rientrano in classe di rischio R4 le aree in sponda sinistra del T. Buliga, l'area occupata dall'azienda agricola in sponda destra, l'abitazione situata in via delle Castagne lungo la sponda sinistra del torrente che percorre la Valle del Luf, poco a monte della sua confluenza nel Buliga e una limitatissima porzione lungo il medesimo torrente, classificata come tessuto residenziale sparso.

### 13.2.4 Tratto dal ponte di via Medolago al confine Sud

Dal ponte di via Medolago (SP 170) fino al confine comunale sono interessati dagli areali a pericolosità P3/H e P2/M per lo più aree verdi, essendo il tessuto urbanizzato limitato a una piccola zona a ridosso del ponte di via Medolago



**Fig. 13.5** - Sovrapposizione tra le aree PGRA proposte (barrato viola scuro aree P3/H, barrato viola chiaro aree P2/M) e le classi d'uso così come riportate nel DUSAF 2022. Le classi d'uso sono le seguenti:  
1=1121 - tessuto residenziale discontinuo; 2= 3113 - formazioni ripariali; 3=2111 -seminativi semplici;  
4=3241 - cespuglieti con presenza significativa di specie arbustive alte e arboree; 5=31111 - boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo

Le classi di danno associate a tali aree sono le seguenti

codice DUSAF	descrizione	classe danno	classe rischio (scenario P3)	classe rischio (scenario P2)
31111	boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo	D1	R1	R1
2111	seminativi semplici	D2	R3	R2
1121	tessuto residenziale discontinuo	D4	<b>R4</b>	<b>R4</b>
3241	cespuglieti con presenza significativa di specie arbustive alte e arboree	D1	R1	R1
3113	formazioni ripariali	D1	R1	R1

Le aree R4 sono quindi limitate alla porzione appena a Sud del ponte via Medolago in sponda sinistra.

### 13.2.5 Altre aree lungo gli affluenti

Lungo gli altri corsi d'acqua, appartenenti al reticolo minore e per i quali sono state proposte aree Ee, sono presenti limitati elementi che ricadono in classe di rischio R4.

Lungo il torrente Anonimo 03 vi è l'interferenza dell'area Ee con la SP 166 in due punti, uno in prossimità del tratto intubato e uno in corrispondenza dell'attraversamento, come illustrato in fig. 13.6.



**Fig. 13.6** - Sovrapposizione tra le aree PGRA proposte (barrato viola scuro aree P3H) e le classi d'uso così come riportate nel DUSAF 2022. Si osserva che il corso d'acqua "Anonimo =3" è interamente compreso nella classe d'uso "boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo" e vi siano 2 punti di interferenza con la SP 166.

Nella "Valle maggiore" si ha interferenza con la linea ferroviaria Bergamo-Carnate, viene lambita una piccola porzione di territorio classificata come "insediamenti industriali, commerciali, artigianali" in sponda destra tra le vie Baccanello e la ferrovia e, nel tratto tra l'attraversamento del torrente con la via Baccanello e il civico 8 della stessa, l'area P3/H interferisce con il "tessuto residenziale discontinuo".



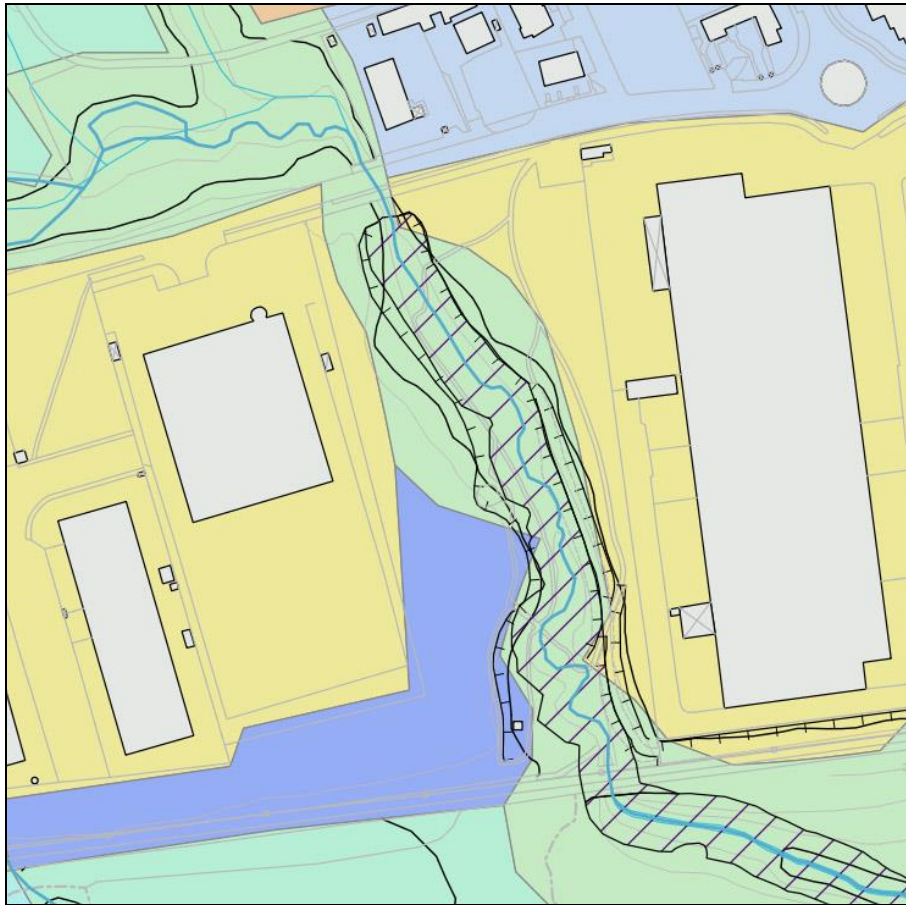
**Fig. 13.7** - Sovrapposizione tra le aree PGRA proposte (barrato viola scuro aree P3/H) e le classi d'uso così come riportate nel DUSAF 2022 lungo la Valle Maggiore. Si nota l'interferenza con la ferrovia, con le aree classificate come insediamento industriale/artigianale (in sponda destra, in giallo) e il tessuto urbano discontinuo (in grigio)

Dall'osservazione delle foto aeree AGEA 2018-19, della cartografia, nonché da rilievi effettuati in loco, si evince come lungo la valle del Luf siano presenti alcune costruzioni nell'area con scenario P3/H, ancorché nel DUSAF 2022 esse ricadano comunque in porzioni di territorio classificate come "boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo".



**Fig. 13.8** - Sovrapposizione tra le aree PGRA proposte (barrato viola scuro aree P3H) e le classi d'uso così come riportate nel DUSAF 2022 per la valle del Luf. Si osserva che quantunque il corso d'acqua sia interamente compreso nella classe d'uso "boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo" sono presenti alcune costruzioni nell'area a pericolosità P3H.

Sempre nella valle del Luf, poco più a monte, vi è l'interferenza con la linea ferroviaria e una limitatissima porzione di area, in sponda sinistra, classificata come insediamenti industriali, commerciali, artigianali



**Fig. 13.9** - Sovrapposizione tra le aree PGRA proposte (barrato viola scuro aree P3H) e le classi d'uso così come riportate nel DUSAF 2022 per la valle del Luf. Le aree interferenti sono la ferrovia e una limitata porzione classificata come "insediamenti industriali, commerciali, artigianali" (in giallo), in sponda sinistra.

### 13.3 VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI RISCHIO

La DGR 6738/2017 prevede che nelle aree che ricadono in classe di rischio R4 dell'ambito territoriale Reticolo Secondario Collinare e Montano, quale è quello in cui sono ricompresi i corsi d'acqua di Terno d'Isola, i comuni sono tenuti a effettuare una valutazione più dettagliata delle condizioni di pericolosità e rischio locali. La finalità di tale valutazione sono quelle descritte al paragrafo 4 della medesima DGR, ovvero supportare l'amministrazione nelle scelte urbanistiche, anche attraverso idonee prescrizioni costruttive ed edilizie, in modo che non subiscano danni e in individuare la necessità di mettere in opera interventi locali di riduzione del rischio.

Di seguito vengono quindi analizzati, per i diversi tratti dei torrenti interessati, gli elementi che ricadono nelle aree in classe di rischio R4 identificate nel capitolo precedente.

Nel parere espresso da Regione Lombardia (prot. Z1.2024.0003778, del 05/02/2024) veniva indicato che "in quei rari casi in cui invece sono stati evidenziati allagamenti in passato non sono presenti ulteriori considerazioni in merito, che si chiede vengano prodotte in sede di redazione della componente geologica". A seguito di tale prescrizione sono stati ulteriormente ricontattati i tecnici comunali che hanno confermato la mancanza di segnalazioni da parte dei cittadini degli allagamenti sotto riportati. Si è provveduto comunque, a dettagliare ulteriormente, quando possibile, il quadro del rischio; si deve tenere conto, tuttavia, che le segnalazioni riportate si riferiscono spesso a episodi occorsi ben prima delle opere di sistemazione di cui è stato oggetto il Torrente Buliga.

### **13.3.1 Tratto dal confine comunale al ponte della ferrovia**

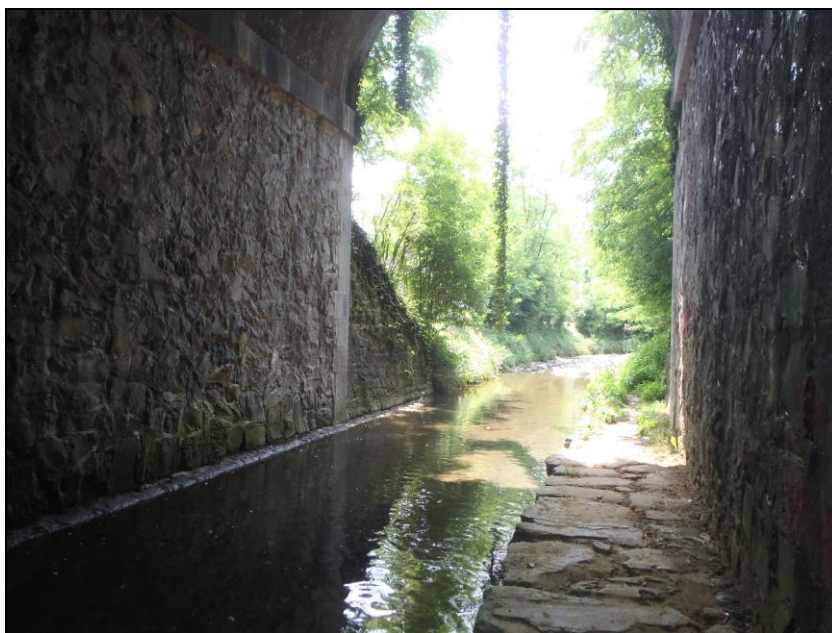
In questo tratto gli elementi a rischio R4 sono 2: il ponte con la SP 166 e il ponte della ferrovia.

La SP 166 è attraversata tramite un ponte stradale, cui è stato aggiunto un contiguo ponte per la il passaggio della pista ciclabile, che si trova lungo il lato nord della SP, che ha larghezza 5,4 m circa e altezza 5,1 m circa. Al ponte è addossato il terrapieno della strada provinciale.



**Fig. 13.10** - Dettaglio del ponte della SP 166 vista da Sud. Si notano i tubi dei servizi e la passerella pedonale lungo il greto del torrente (punto da cui è stata misurata l'altezza del ponte)

La ferrovia attraversa il torrente Buliga con un ponte ad arco in muratura, di altezza molto superiore a quella dei terrazzi circostanti, in quanto la ferrovia corre su un terrapieno. Dai dati presenti nel progetto di "Messa in sicurezza idraulica del torrente Buliga e affluenti dai crolli spondali (Ecosphera, 2021)" le sponde sono in grado di contenere la piena dei 100 anni; la luce del ponte è di 6 m di larghezza e circa 8,5 di altezza



**Fig. 13.11** - Dettaglio del ponte della ferrovia, da Nord. Si nota l'ampia luce del ponte. Oltre il ponte della ferrovia si vedono le sponde del t. Buliga. Dai dati desumibili dal progetto di "Messa in sicurezza idraulica del torrente Buliga e affluenti dai crolli spondali (Ecosphera, 2021)" le sponde sono in grado di contenere la piena dei 100 anni.



**Fig. 13.12** - Ponte della ferrovia, da Sud.

### **13.3.2 Tratto dal ponte della Ferrovia al ponte di via Mercato**

In questo tratto le aree rientranti nello scenario di rischio R4 appartengono al tessuto residenziale e a impianti e servizi.

In particolare in sponda sinistra del T. Buliga è presente un campo sportivo (campo da calcio) e il centro parrocchiale. L'area allagabile interessa una parte del campo da calcio (1 in fig. 7.4) e una parte del cortile del centro parrocchiale (2 in fig. 7.4). Essi sono separati dal torrente Buliga da un argine e un muretto alla base della recinzione alto poche decine di centimetri. Il cortile del centro parrocchiale si trova a quota inferiore rispetto a quella del muretto che sorregge la recinzione.

In riva destra, dalla sponda per una larghezza di circa 8-9 m (3 in fig. 7.4) è presente una fascia di terreno adibita a percorso ciclopedonale che si estende lungo tutto il tratto tra la ferrovia e il ponte di via Milano. Esternamente a questo vi è un dislivello di circa 1,5-2 m in corrispondenza dell'area verde a Nord del parcheggio (4 in fig. 13.13) e un dislivello di circa 50 cm circa in corrispondenza del parcheggio. Il parcheggio (5 in fig. 13.13) è leggermente inclinato verso la sponda del Buliga e verso Nord nel tratto addossato alla Via Milano che risulta rialzata rispetto

al terrazzo in prossimità del ponte.



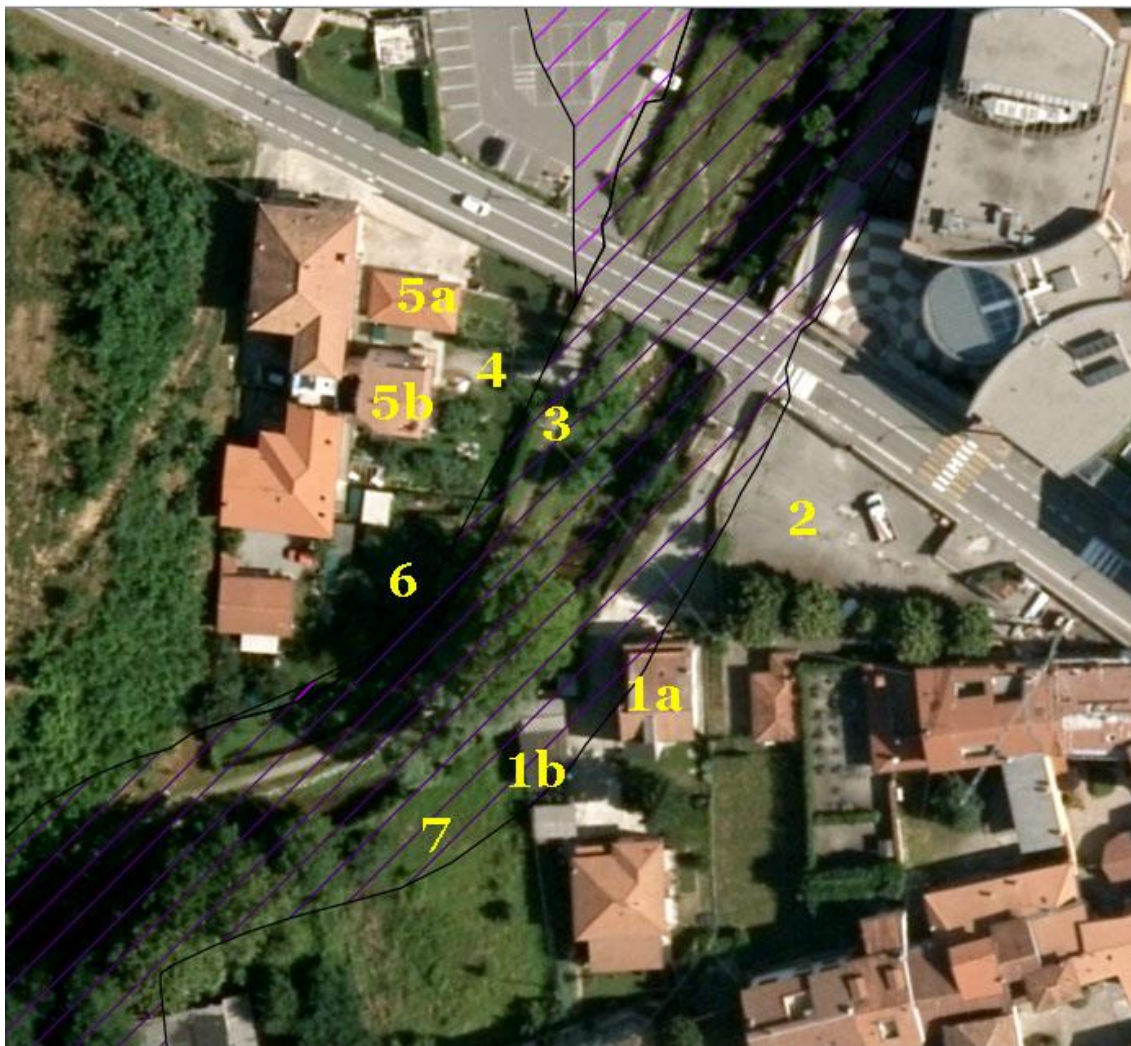
**Fig. 13.13** - Tratto del T. Buliga tra la ferrovia e il ponte di via Milano. In barrato viola chiaro le aree P2/M, in barrato viola scuro quelle P3/H. Per la spiegazione dei numeri, vedi testo. Dal progetto "Messa in sicurezza idraulica del torrente Buliga e affluenti dai crolli spondali (Ecosphera, 2021)" risulta che le piene di 100 anni in questo tratto sono contenute nelle sponde.

### 13.3.3 Tratto tra via Milano e via Mercato

A Sud del ponte di via Milano in riva sinistra sono presenti gli edifici del civico 17 (1a,b in fig. 13.14).

Lungo la sponda gli edifici risultano protetti da una recinzione con alla base un muro alto circa 20 cm; da interviste con gli abitanti dell'edificio è emerso che circa 40 anni fa c'era stato un fenomeno di allagamento nelle cantine della casa (1a, in fig. 13.14 e fig. 13.15), ma dopo tale evento non si sono più avuti problemi connessi al torrente Buliga; sempre dalle stesse testimonianze risulta che nei momenti di massima piena il livello del torrente Buliga si attesta

circa 20 cm più in basso del livello del cortile. La costruzione indicata con il numero 1b in fig. 13.14 è invece adibita a box. Si rileva, comunque, che l'ingresso all'abitazione e il piano terra dell'abitazione principale risultano a livello superiore rispetto al piano del cortile di almeno 50cm circa.



**Fig. 13.14** - Porzione settentrionale del tratto Ponte di via Milano-ponte di via Mercato. In barrato viola chiaro le aree P2/M, in barrato viola scuro quelle P3/H. Per la spiegazione dei numeri, vedi testo



**Fig. 13.15a** - Edificio in sponda sinistra (edificio 1a di fig. 7.5), visto dalla sponda destra del T. Buliga. Si nota il muretto di sostegno della recinzione e i gradini che portano all'ingresso dell'abitazione.



**Fig. 13.15b** - Edificio in sponda sinistra (edificio 1 di fig. 13.4), visto dalla sponda destra del T. Buliga. In primo piano è visibile l'edificio 1b, sullo sfondo l'edificio 1a.

Il civico successivo (n° 15), a Est del civico 17 (2 in fig 13.14), è rialzato e separato da un muro e risulta quindi completamente protetto; anche più a sud, il confine tra il civico 17 e le proprietà adiacenti è marcato da una recinzione con basamento di altezza stimata in 10-20 cm.

In sponda destra è presente il percorso ciclopedonale (3 in fig 13.14) e, a tergo di questo, alcuni edifici appartenenti al civico 17A. Poiché il ponte di via Milano è rialzato rispetto al percorso pedonale di circa 2 m, quest'ultimo si raccorda alla via Milano con una rampa che inizia in prossimità del vialetto di accesso al civico 17a (4 in fig. 13.14).



**Fig. 13.16a** - Percorso ciclopedonale e rampa di accesso alla via Milano. A sinistra è presente il vialetto di accesso al civico 17a.

La parte a Sud del vialetto è rialzata di 20-40 cm rispetto al percorso ciclopedonale che corre in fregio al t. Buliga .



**Fig. 13.16b** - Parte del cortile del civico 17a e percorso ciclopedonale; la parte recintata è a quoto più alta di circa 20 cm rispetto al percorso ciclopedonale

Le aree P3/H ed P2/M non interessano gli edifici del civico 17A che sono invece lambiti dalle aree Em; in particolare i due edifici più vicini al t. Buliga sono costituiti uno da box (5a in fig. 13.14) e uno è adibito ad abitazione (5b in fig. 13.14).



**Fig. 13.16c** - Edifici del civico 17a visto dalla sponda sinistra. In primo piano la scala per accedere al bypass pedonale del ponte. Sulla sfondo è possibile vedere il vialetto di accesso; la parte sinistra, recintata, è a quoto più alta di circa 20 cm rispetto al percorso ciclopedonale.

Da interviste con gli inquilini, ivi residenti da 14 anni, non risultano fenomeni di allagamento dovuti a esondazione del T. Buliga.

Il tratto più a Sud (6 in fig 13.14), lungo la curva verso Ovest descritta dal T. Buliga, risulta alla stessa quota del percorso pedonale.

Proseguendo in sponda sinistra il terreno indicato con 7 nella fig. 13.14 non risulta interessato da particolari fenomeni di allagamento. Storicamente, viene riportato dagli abitanti residenti che molte decine di anni fa solo la parte più prossima al corso d'acqua era stata interessata dalla piena del T. Buliga. La sponda è artificiale e su di essa è collocata una rete metallica. L'area era ed è tuttora libera da ogni costruzione e coperta da prato. Il terreno è inoltre leggermente inclinato verso la sponda del t. Buliga con un dislivello tra il ciglio della sponda sinistra del t. Buliga e gli edifici di alcune decine di centimetri. Presso gli uffici comunali non sono noti fenomeni di allagamento in quest'area.



**Fig. 13.17** - Terreno indicato con 7 nella fig. 7.5, visto dalla sponda destra.

Nella parte meridionale del tratto tra il ponte di via Milano e quello di via Mercato ricade in classe di rischio R4 un'area in sponda destra appena a Nord del ponte di via Mercato (1 in fig.

13.18) in quanto è appartenente al "tessuto residenziale continuo mediamente denso" ed è ricompresa, nella proposta di modifica, nelle aree con scenario P2/M. Si tratta, in realtà, di un'area verde. Da interviste con i residenti, è emerso che l'area è stata parzialmente allagata per una limitata porzione in vicinanza della sponda, nel 2016, in occasione di un evento di piena in cui il livello del torrente Buliga aveva quasi raggiunto le tubazioni posizionate in corrispondenza del ponte di via Mercato.



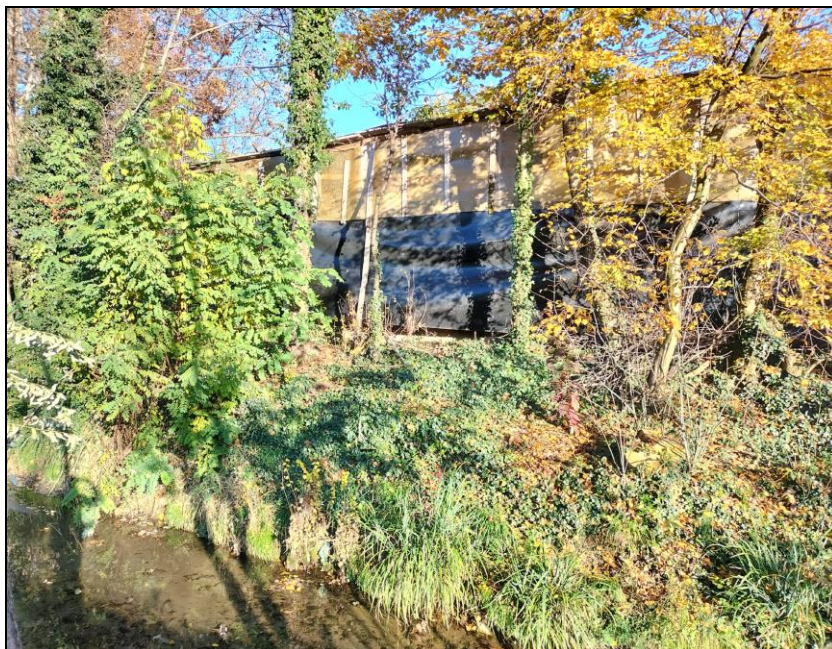
**Fig. 13.18** - Porzione meridionale del tratto Ponte di via Milano-ponte di via Mercato. In barrato viola chiaro le aree P2/M, in barrato viola scuro quelle P3/H. Per la spiegazione dei numeri, vedi testo



**Fig. 13.19** - Area 1 di fig. 13.18: si osserva come essa sia un'area non costruita pur essendo compresa nel tessuto urbano. A sinistra, dietro la cortina di arbusti, è presente il terrapieno che sale al civico 39. In sponda sinistra, oltre il terreno indicato come 7 in fig. 13.14, l'area ricadente in classe di rischio R4 interessa parzialmente il cortile di alcune abitazioni. Lungo la sponda del torrente Buliga sono presenti alcune baracche/tettoie adibite a deposito di materiali.



**Fig. 13.20a** - Tettoia in lamiera a nord della tettoria segnata con il numero 2 in fig. 13.18.



**Fig. 13.20b** - Scorcio della tettoia indicata con il numero 2 in fig. 13.18.

Risulta parzialmente in area R4 anche l'edificio in sponda sinistra, appena a Nord del ponte di via Mercato. L'edificio è protetto verso la sponda del T. Buliga da un muro in calcestruzzo alto circa 2,5 m dal letto del torrente. Le interviste agli inquilini hanno messo in luce l'assenza di fenomeni di allagamento dovuti al torrente stesso.

I tecnici comunali hanno riportato occasionali allagamenti della porzione di terreno in sponda sinistra del t. Buliga appena a monte dell'attraversamento per raggiungere l'edificio posto in sponda destra, in corrispondenza del troppo pieno della fognatura comunale visibile in fig. 13.21. Tali allagamenti, come sopra riportato, non hanno interessato l'edificio visibile nella stessa immagine, in quanto protetto dal muro di recinzione; i lavori di ripristino delle sponde dovrebbero aver risolto almeno in parte questa situazione in quanto hanno previsto la rimozione di materiale e l'allargamento della sezione sia a monte che a valle dell'attraversamento. L'area che è stata oggetto di allagamento è quindi costituita solo da una porzione di terreno destinato a parcheggio.



**Fig. 13.21a** - Edificio in sponda sinistra a Nord del ponte di via Mercato, indicato numero 3 in fig. 13.18. Si nota il muro di protezione in corrispondenza del torrente Buliga.



**Fig. 13.21b** - Ponte di via Mercato, sponda sinistra. Area del troppo pieno del collettore. Si vede la zona oggetto di allagamenti prima dei lavori di sistemazione dell'alveo.

Dal progetto *Messa in sicurezza idraulica del torrente Buliga e affluenti dai crolli spondali (Ecosphera, 2021)* nel tratto tra il ponte di via Milano e il ponte di via Mercato le sezioni indicano la possibilità di esondazione per piene con tempo di ritorno 100 anni che possono raggiungere qualche decina di centimetri rispetto alla sponda attuale. Da quanto esposto precedentemente, tuttavia, le eventuali esondazioni non sembrano coinvolgere in modo significativo le abitazioni, interessando aree a verde. L'unica abitazione storicamente già interessata da allagamenti (civico 17 di via Milano), peraltro limitati al piano cantine, ha l'ingresso sopraelevato rispetto al piano del cortile.

#### **13.3.4 Tratto tra via Mercato e via Medolago**

Appena a valle del ponte di via Mercato, in prossimità del quale è stata effettuata una risistemazione e allargamento dell'alveo, in sponda destra è la classe di rischio R4 interessa il percorso ciclopedonale e una limitata fascia del giardino del civico 39, il cui edificio è a quota più alta, mentre in sponda sinistra rientrano in questa classe di rischio alcune costruzioni.



**Fig. 13.22** - Porzione settentrionale del tratto Ponte di via Mercato-ponte di via Medolago. In barrato viola chiaro le aree P2/M, in barrato viola scuro quelle P3/H. Per la spiegazione dei numeri, vedi testo.

Adiacente al ponte di via Mercato e al T. Buliga è presente una costruzione (1 in fig. 13.22) adibita a box, a piano strada. L'edificio 2 è una palazzina di 3 piani fuori terra, che risulta solo parzialmente interessata dall'area in classe di rischio R4 .

Appena a sud della palazzina è presente una tettoia che protegge un container adibito a magazzino/ripostiglio (3 in fig 13.22 e fig. 13.23).



**Fig. 13.23** - Tettoia a protezione di un container usato come magazzino/ripostiglio (3 in fig. 13.22) visto dalla sponda destra del T. Buliga.

La maggior parte dell'area interessata dallo scenario di pericolosità P2/M e P3/H è costituita da giardino privato; sempre all'interno della stessa proprietà, più verso sud, la quota del terreno scende leggermente e in prossimità del limite sud, in corrispondenza dell'ansa del T. Buliga, sono presenti due costruzioni (4 e 5 in fig. 7.13), una delle quali una volta adibita ad officina, e attualmente usate come deposito/magazzino. Solo uno dei due edifici (4 in fig. 7.13) rientra parzialmente nell'area con scenario di pericolosità P3/H, mentre una parte di questo e una parte della costruzione adiacente ricade nelle aree con pericolosità P2/M. Da interviste con il proprietario risulta che negli anni tra li 1987 e il 1990 circa vi era stato un consistente fenomeno di allagamento, ma successivamente agli interventi lungo il torrente Buliga tali eventi non si sono più ripetuti. Tale allagamento è rimasto circoscritto alla zona più bassa dell'area di proprietà, visibile nella parte destra della fig. 13.24b e nelle fig. 13.24c,d senza quindi interessare le abitazioni ma solo una parte del terreno e una tettoia per il ricovero di materiale vario.



**Fig. 13.24a** - Vista da monte e dalla sponda destra dell'area in cui sorgono le costruzioni indicate con 4 e 5 in fig. 13.22.



**Fig. 13.24b** - Vista dalla sponda destra delle costruzioni indicate in fig. 13.22 con i numeri 4 (in primo piano) e 5 (in secondo piano).



**Fig. 13.24c** - Vista dalla sponda destra delle costruzioni indicate in fig. 7.13 con i numeri 4 (a sinistra) e 5 (a destra).



**Fig. 13.24d** - Vista dalla sponda destra delle costruzioni indicate in fig. 7.13 con i numeri 4 (a sinistra) e 5 (a destra).

Più a Sud (vedi fig.13.25) l'area con classe di rischio 4 interessa, in sponda sinistra, per lo più aree verdi; gli unici edifici a essere lambiti si trovano sul lato Est di via San Donato.

In particolare si tratta dell'edificio di via Rota 8 usato come abitazione (1 in fig. 13.25 e fig.13.26) e di un capannone ad uso agricolo (2a/b in fig. 13.25). Questa proprietà è delimitata da una recinzione sorretta parzialmente da un basamento di altezza variabile tra 10 e 50 cm. All'angolo SW della proprietà è presente una tettoia in lamiera (2b in fig. 13.25) per ricovero mezzi agricoli.



**Fig. 13.25** - Porzione centrale del tratto Ponte di via Mercato-ponte di via Medolago. In barrato viola chiaro le aree P<sub>2</sub>M, in barrato viola scuro quelle P<sub>3</sub>/H. Per la spiegazione dei numeri, vedi testo



**Fig. 13.26a** - Vista degli edifici presenti sulla via San donato (l'accesso è sulla via Rota); in primo piano l'edificio 1 di fig. 13.25, in secondo piano il capannone ad uso agricolo, indicato con 2a nella stessa fig 13.25. Si nota il muretto alla base della recinzione.



**Fig. 13.26b** - Vista l'edificio 1 di fig. 13.25, dalla sponda opposta del T. Buliga.



**Fig. 13.27** - Vista del capannone presenti sulla via San Donato (l'accesso è sulla via Rota) indicato con il numero 2a di fig. 7.16 (a sinistra); a destra, davanti alla casa arancione è visibile la tettoia indicata con il numero 2b nella stessa fig 13.25. Vista dalla sponda destra del T. Buliga.

In sponda destra, invece, (3 in fig. 13.25) è presente, oltre il percorso ciclo pedonale, un'area di pertinenza di un'azienda agricola; l'area è delimitata, verso Est, da una recinzione con un basamento di appoggio di altezza variabile ma sempre compresa in pochi decimetri. Nella porzione più a Nord l'area è libera (vedi fig. 13.28) ed è all'incirca alla stessa quota del percorso ciclopedonale.



**Fig. 13.28** - Vista della parte nord dell'area di pertinenza dell'azienda agricola (3 in fig 9.11). Si vede la recinzione con il basamento e il percorso ciclopedonale

Nella porzione centrale della proprietà è presente una tettoia (1 in fig.13.29) che risulta rialzata rispetto all'area a Est di alcune decine di centimetri, così come tutto il piazzale dell'azienda, compreso il capannone centrale (2 in fig. 13.29) e la casa all'interno della medesima proprietà (3 in fig. 13.27; fig. 13.30). La tettoia, utilizzata come ricovero mezzi agricoli, è costituita da pali in acciaio e copertura in telo.



**Fig. 13.29** - Area a nord del Ponte di via Medolago. In barrato viola chiaro le aree P2M, in barrato viola scuro quelle P3H. Per la spiegazione dei numeri, vedi testo

Da interviste fatte con i proprietari non risultano fenomeni di allagamento nell'area di interesse. Nella relazione idrologia-idraulica allegata al progetto "Messa in sicurezza torrente Buliga e affluenti – Progetto Esecutivo – Relazione idrologia-idraulica" nel tratto adiacente all'azienda agricola la verifica effettuata su due sezioni (sez 10 e 11) mostra che le piene relative ai 100 anni sono contenute nelle sponde.



**Fig. 13.30-** Area dell'azienda agricola a nord del Ponte di via Medolago. si nota come il capannone, la casa e la tettoia sulla destra del capannone siano rialzati rispetto alla via della Castagne (in primo piano) e al percorso ciclopedonale.

In corrispondenza dell'intersezione con il torrente del Luf, invece, sono stati riportati, anche dai tecnici comunali, fenomeni di allagamento dovuti al restringimento della sezione in corrispondenza dell'attraversamento di via delle Castagne che avviene tramite tre tubi di diametro ridotto che possono facilmente occludersi per il materiale trasportato dal torrente (fig. 13.31). Tale situazione porta all'accumulo dell'acqua a monte dell'attraversamento con possibile tracimazione e allagamento della strada verso il Buliga, mentre l'innalzamento del livello non ha mai dato problemi alla casa di via delle Castagne 1 (visibile in fig. 13.31c), situata a ridosso del Torrente del Luf e poche decine di metri più a monte dell'attraversamento; al comune infatti non risultano segnalazioni in tal senso da parte dei proprietari.



**Fig. 13.31a** - Attraversamento di via delle Castagne del torrente Luf, appena prima dell'immissione nel t. Buliga. Vista da monte verso valle.



**Fig. 13.31b** - Attraversamento di via delle Castagne del torrente Luf, appena prima dell'immissione nel t. Buliga. Vista da monte verso valle, il giorno 11/03/24 successivamente ad un evento piovoso. Si nota la parziale ostruzione dei tubi e il materiale portato in alveo.

Tale situazione è confermata da una intervista a un residente del civico 1 di via delle Castagne (4 in fig. 13.32 e fig. 13.32c), che ha riportato come non vi sono problemi di allagamento nella proprietà.



**Fig. 13.31c** - Attraversamento di via delle Castagne del torrente Luf, appena prima dell'immissione nel t. Buliga. Vista verso monte.

Per questa zona si raccomanda inoltre la pulizia costante dell'alveo in corrispondenza dell'attraversamento della strada e nel tratto a monte, onde evitare il più possibile il trasporto di materiale solido e ramaglie che possono portare a occlusione dei tubi

In sponda sinistra del Buliga, le aree a rischio R4 interessano per lo più zone adibite a parco; si ha solo interferenza con la via Don Giuseppe Rota che risulta nell'area a pericolosità P3/H nel tratto adiacente al T. Buliga e in parte gli edifici ai civici 23 e 25 della stessa via (5 in fig. 13.29) che ricadono in aree a pericolosità P2/M. Da interviste a inquilini lungo i civici 23 e 25, tuttavia, non risultano fenomeni di allagamento recenti; solo al n 27 viene riferito di allagamenti antecedenti ai lavori di sistemazione del T. Buliga avvenuti "molti anni fa" come definito dalle persone intervistate; tali allagamenti hanno riguardato solo la parte relativa a terreno e non la zona edificata. Non è stato tuttavia possibile reperire ulteriori informazioni a proposito. Si rimarca come nel progetto "*Messa in sicurezza torrente Buliga e affluenti – Progetto Esecutivo*

– *Relazione idrologia-idraulica*" viene messo in evidenza che nella sezione 11, in corrispondenza circa di via Rota, a causa anche del materiale in alveo i franchi minori di un metro nel tratto a monte del ponte di via Medolago e, a seguito agli interventi previsti, come la situazione possa migliorare con abbassamenti dei livelli di circa mezzo metro a valle del ponte di via Mercato.

Tra le costruzioni e il torrente Buliga è presente la carreggiata della via Rota, che passa di fianco al torrente e un'area, larga circa 20 m nel punto più largo, occupata da prato. Quest'area è separata dal giardino di pertinenza dei civici 25-27 da una siepe. Da un punto di vista morfologico l'area edificata è più alta rispetto alla strada di circa 20-30 cm.

### 13.3.5 Tratto a Sud del ponte di via Medolago

Appena a Sud del ponte di via Medolago le zone in classe di rischio R4 sono quelle che interessano gli edifici ai civici 27 della stessa via, posti in sponda sinistra del T. Buliga.



**Fig. 13.32** - Area a sud del Ponte di via Medolago. In barrato viola chiaro le aree P2/M, in barrato viola scuro quelle P3/H. Per la spiegazione dei numeri, vedi testo

In fregio al corso d'acqua è presente una costruzione adibita a rimessa (1 in fig. 7.23), mentre gli edifici ai civici 27 e 25 (2 in fig. 13.32, fig. 13.33) sono abitazioni.

La rimessa è compresa nell'area a pericolosità P3/H, mentre una piccola porzione dell'edificio al civico 27 ricade nell'area a pericolosità P2/M.

Dalle informazioni ricevute dagli abitanti è emerso che la zona era stata interessata da allagamenti alcune decine di anni fa, prima rifacimento del ponte di via Medolago ma che, successivamente, non si sono avuti più eventi di questo tipo. Altre testimonianze riportano che in tali episodi l'acqua era defluita per un breve tratto di via Medolago situato in sponda sinistra, a causa della pendenza della strada stessa; inoltre già a circa 60 m di distanza dal ponte la quota della strada torna a essere superiore a quella della carreggiata in corrispondenza dell'attraversamento del Buliga e quindi la possibilità di allagamento diretto da parte del torrente in questa zona appare limitato.



**Fig. 13.33a** - Edifici lungo la via Medolago (lato Sud, in sinistra del T. Buliga). In primo piano (a destra del cancello) l'edificio ad uso box, in secondo piano (dopo il cartello stradale) le abitazioni.



**Fig. 13.33b** - Edifici lungo la via Medolago (lato Sud, in sinistra del T. Buliga). Si vede il giardino a ridosso del T. Buliga, Il tratto rosso indica il livello stradale in corrispondenza del ponte.

Come visibile in fig. 13.32 le aree con scenario di pericolosità P2/M e P3/H insistono anche sui giardini delle abitazioni.

La parte in fregio al corso d'acqua è quella costituita dalla rimessa e dal giardino di pertinenza. Il giardino che si trova nella zona retrostante la casa, così come l'ingresso dell'autorimessa, è a quota inferiore rispetto al fronte della casa che trova sulla via Medolago e dove è posto l'ingresso all'abitazione. La differenza di quota è tra le due parti di diverse decine di centimetri ed è indicata nella fig. 13.33b.

Dalla relazione idrologia-idraulica allegata al progetto "Messa in sicurezza torrente Buliga e affluenti – Progetto Esecutivo – Relazione idrologia-idraulica risulta che in prossimità degli edifici (sez 13) le piene con tempi di ritorno 50 e 100 anni sono comunque contenute nell'alveo.

L'eventuale allagamento quindi interesserebbe prima l'area a giardino/cortile/rimessa lasciando comunque libera l'eventuale via di fuga verso la strada che si trova a quota maggiore.

Per completezza, pur essendo esterno alle aree che ricadono in classe di rischio R4, si è cercato di avere informazioni dirette anche dagli inquilini del civico 28 (ed. 3 in fig 13.22) ma non è stato possibile contattare nessuno.

### 13.3.6 Altri corsi d'acqua

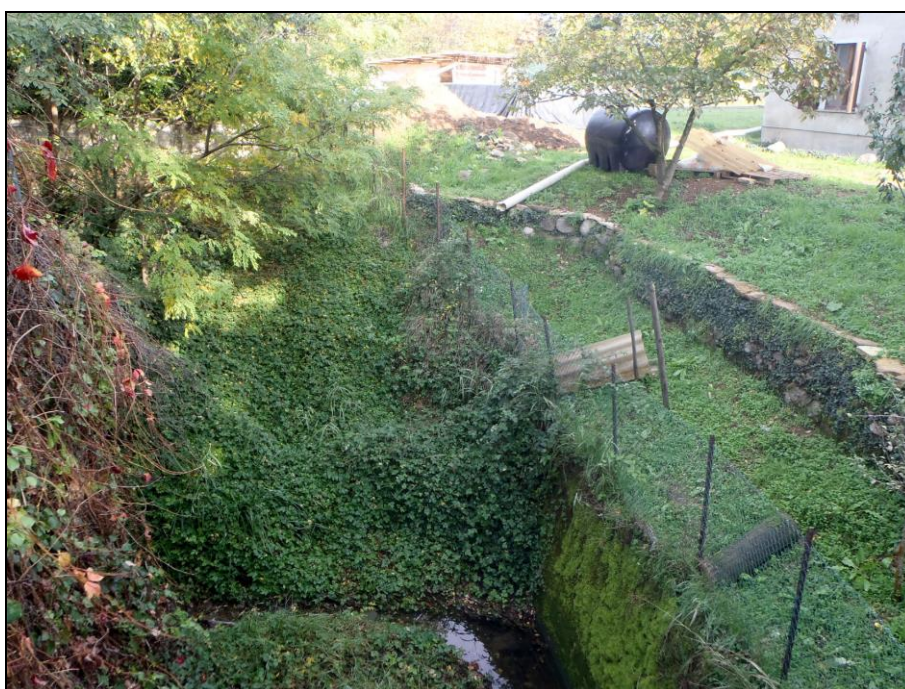
Sugli altri corsi d'acqua le interferenze con le aree o gli elementi in classe R4 sono limitati agli attraversamenti stradali e ferroviari, dei quali però non risultano criticità, e alcune baracche utilizzate come ricovero per attrezzi agricoli e/o dimora di animali da cortile lungo il torrente Luf.



**Fig. 13.34** - Baracche lungo la valle del torrente Luf, in sponda sinistra.

Da quanto emerso con interviste ai frequentatori del luogo, ma non direttamente ai proprietari, le baracche poste in sponda destra a valle della confluenza del Rio dei boschi vecchi con il corso d'acqua "Del Luf" subiscono allagamenti in occasioni di eventi intensi. Questo è dovuto alla presenza di un attraversamento in corrispondenza dell'accesso alla proprietà in cui il corso d'acqua è convogliato in un tubo con diametro 1 m. A causa della presenza di vegetazione incolta e detriti nei tratti a monte, in occasione di forti precipitazioni la concomitante occlusione della luce del tubo in cui scorre il torrente e l'arrivo di acqua dal pianalto che si incanala lungo la scarpata del terrazzo, crea allagamento nella zona a monte dell'attraversamento. La parte allagata rimane confinata alla sponda destra, mentre in sponda sinistra, più alta, non sono riportati allagamenti nelle baracche presenti. Le baracche sono adibite a deposito di attrezzi e ospitano animali da cortile, senza permanenza di persone. Non è stato possibile determinare con

esattezza l'entità degli allagamenti anche per la mancanza, presso gli uffici comunali, di documentazione a riguardo. Lungo la valle Vallone, a nord della ferrovia, l'area ricadente in classe di rischio R4, pur essendo ricompresa nel tessuto urbanizzato, è per lo più costituita dall'incisione, profonda alcuni metri, del torrente stesso, senza interferire con l'edificato. Solo appena a nord della via Baccanello, fino all'altezza circa del civico 8 la sponda destra del corso d'acqua e, parzialmente, quella sinistra è costituita dai muri di cinta delle abitazioni. Più a Nord le sponde sono parzialmente protette.



**Fig. 13.35** - Valle Vallone appena a nord dell'attraversamento di via Baccanello



**Fig. 13.36** - Valle Vallone nel tratto a monte del civico 8 di via Baccanello. Si vedono le sponde parzialmente protette

Nella valle del Luf, tra la ferrovia e la via Baccanello, l'area in classe di rischio R4 è occupata da un parco pubblico, con sentieristica e aree di sosta e tavoli



**Fig. 13.37** - Valle del Luf nel tratto tra la ferrovia e la via Baccanello. Si nota la sistemazione a parco con aree di sosta.

## **14. QUADRO DEI VINCOLI NORMATIVI PRESENTI SUL TERRITORIO**

Nella cartografia dei vincoli (cfr. Tavola 8) si individuano, per tutto il territorio comunale, quelle aree soggette a limitazioni d'uso derivanti da normative e piani sovraordinati di contenuto prettamente geologico.

In base ai criteri attuativi della Componente geologica, idrogeologica e sismica di supporto al Piano di Governo del Territorio contenuti nella d.g.r. 30 novembre 2011 n. IX/2616, i principali elementi di vincolo sovraordinati alla pianificazione urbanistica locale da riportare sulla cartografia di riferimento sono:

- vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della l. 183/89;
- vincoli di polizia idraulica;
- aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile;
- vincoli derivati dal PTR;
- geositi;

Sul territorio comunale non sono presenti nè geositi, nè vincoli di natura geologica derivanti dal PTR.

### **14.1. Vincoli derivati dalla Pianificazione di Bacino ai sensi della legge 183/89**

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po (P.A.I.), approvato con d.p.c.m. del 24 maggio 2001, attraverso le sue disposizioni "persegue l'obiettivo di garantire al territorio del bacino del fiume Po un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico, attraverso il ripristino degli equilibri idrogeologici e ambientali, il recupero degli ambiti fluviali e del sistema delle acque, la programmazione degli usi del suolo ai fini della difesa, della stabilizzazione e del consolidamento dei terreni, il recupero delle aree fluviali, con particolare attenzione a quelle degradate, anche attraverso usi ricreativi".

Esso "ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo, tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti l'assetto idraulico e idrogeologico del bacino idrografico".

Nello specifico, nel territorio del comune di Terno d'Isola, nel PAI vigente, consultabile dal Geoportale di Regione Lombardia, sono riportati i seguenti vincoli.

- Aree Eb: aree a pericolosità elevata non perimetrata: si tratta delle aree più prossime al corso del Torrente Buliga, che ne seguono il corso da Nord a Sud. Fa eccezione una piccola zona a Nord, dovute a incongruenze cartografiche a livello di confini comunali, in cui l'area appare non continua, e un zona a Sud, in cui le aree terminano non in corrispondenza del confine comunale, di fatto lasciando un'area non definita da questo punto di vista, in netto contrasto con la geomorfologia dei luoghi

- Aree Em: aree a pericolosità media o moderata non perimetrata: sono aree esterne alle precedenti; in sponda sinistra del torrente Buliga sono presenti con continuità da Nord a Sud, con i limiti già riportati per le aree Eb, mentre in sponda destra sono assenti dove il corso del Buliga lambisce direttamente la scarpata del pianalto.

Per queste aree è stata proposta una modifica, illustrata nel cap. 13, *il giorno successivo alla pubblicazione del Decreto del Segretario Generale sul sito istituzionale dell'Autorità di bacino distrettuale*. A seguito dell'approvazione degli enti competenti le aree soggette alla normativa PAI sono:

- Aree Ee: ricomprendono il corso del torrente Buliga, lungo tutto il corso da Nord a Sud e una parte delle sponde e i torrenti minori con una fascia di larghezza variabile dipendente dalla morfologia locale; fa parte di queste aree anche l'elemento lineare costituito dal corso del torrente della Valle Maggiore(o Zanchi) posta al confine nord, in analogia con l'aggiornamento al quadro PAI proposto dal comune di Sotto il Monte ;

- Aree Eb: aree a pericolosità elevata: aree collocate in sponda destra e sinistra del torrente Buliga;

- Aree Em: aree a pericolosità media o moderata: aree collocate per lo più in sponda sinistra del torrente Buliga nel tratto più a Nord e in sponda sia destra che sinistra nella zona centro meridionale.

Nella tavola 8, carta dei vincoli, sono riportati i vincoli così come derivanti dalla proposta di modifica al quadro PAI-PGRA.

## **14.2. Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA)**

Le aree identificate nel PGRA sono tutte comprese nell'ambito reticolo secondario collinare e montano (RSCM).

In questo ambito ricadono sia aree con pericolosità media che a pericolosità bassa, con

estensione analoga a quelle delle corrispondenti aree PAI e quindi sviluppate lungo il corso del torrente Buliga.

Anche per queste aree sono state proposte modifiche, su cui Regione Lombardia ha già espresso parere favorevole con prescrizioni (nota del 05/02/2024, prot. Z1.2024.0003778); anche per le aree oggetto di modifica gli scenari P3/H, P2/M e P1/L ricalcano l'estensione delle aree PAI.

Nella tavola 8, carta dei vincoli, sono riportati i vincoli così come derivanti dalla proposta di modifica al quadro PAI-PGRA.

### **14.3. Vincoli di polizia idraulica**

Nella tavola 8 (carta dei vincoli geologici) sono fedelmente riportate le fasce di polizia idraulica afferenti al reticolo idrico minore e principale, così come perimetrare nello studio del Nuovo studio in variante Reticolo Minore, redatto dal Geol. Pedrali.

In particolare sono identificati i seguenti corsi d'acqua:

Reticolo principale: Torrente Buliga, per tutto il corso interessante il comune di Terno d'Isola, per la quale è stata istituita una fascia di rispetto di 10 m

Le competenze di Polizia idraulica sul reticolo principale sono in capo a Regione Lombardia

Reticolo minore: i corsi d'acqua appartenenti al reticolo minore sono quelli già illustrati al cap. 9 idrografia, per i quali è stata istituita una fascia di rispetto di 10 m. Si fa presente che il tracciato del corso d'acqua che scorre nella valle Maggiore (o Zanchi) identificato nell'elaborato "Nuovo studio in variante Reticolo Minore", redatto dal Geol. Pedrali (2021), e da cui derivano le fasce di rispetto riportate nel presente documento, di fatto differisce dal tracciato del medesimo corso d'acqua utilizzato per definire le aree Ee nella proposta di aggiornamento al PAI redatto dal Comune di Sotto il Monte e recepito nell'aggiornamento alla componente geologica, idrogeologica e sismica del medesimo comune (Redatta dal Geol. Pedrali, 2021). Essendo ambedue (Reticolo Minore e relative fasce, e Piano di Assetto Idrogeologico e relativi vincoli), strumenti di pianificazione sovraordinata, vengono riportati ambedue i tracciati, con i relativi vincoli, ancorché discordanti tra loro. Si ricorda tuttavia che essendo elementi individuabili sul terreno (corsi fluviali) la determinazione dei vincoli relativi deve sempre basarsi su accurati rilievi in loco.

A pag. 11 della relazione tecnica al "Nuovo studio in variante Reticolo Minore", viene evidenziato che "Si è giunti così alla stesura della cartografia di tavola 2 [del Nuovo studio in variante

Reticolo Minore, redatto dal Geol. Pedrali, N.d.R.] con la distinzione tra Reticolo Principale e Reticolo Idrico Minore, **gli unici presenti in ambito comunale"**. Si evince quindi che sul territorio di Terno d'Isola non sono presenti tratti appartenenti al Consorzio di Bonifica.

#### **14.4. Salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile**

Come specificato nel cap. 10 il fabbisogno idrico del Comune di Terno d'Isola è garantito da due pozzi, integrati da una quota proveniente dall'Acquedotto della Pianura Bergamasca

La posizione indicata in carta deriva dagli esiti dei controlli effettuati in loco con il tecnico comunale e si discostano parzialmente da quanto indicato dal gestore del servizio idrico integrato nonché dalle precedenti cartografie.

Per tali pozzi, situati sul pianalto, in località Boschetti, sono definite, ai sensi della d.g.r. 27 giugno 1996 n. 6/15137, due fasce di salvaguardia:

- Zona di tutela assoluta: costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni; ha un'estensione pari a 10 metri di raggio dal punto di captazione. Deve essere adeguatamente protetta e deve essere adibita esclusivamente a opere di captazione o presa e ad infrastrutture di servizio.
- Zona di rispetto: è stata definita una fascia di rispetto, con criterio geometrico, con estensione pari a 200 metri di raggio intorno alla captazione.

## **15. SINTESI DELLE CONOSCENZE ACQUISITE**

Quanto di seguito descritto e rappresentato graficamente nella Tavola n. 9, riprende in parte i contenuti riportati nel precedente studio geologico con integrazione e modifica degli elementi di pericolosità e vulnerabilità, anche in considerazione delle nuove analisi, informazioni e rilevamenti in sito.

Gli elementi geo-ambientali riportati nella cartografia di analisi sono stati raggruppati secondo tematiche simili (cfr. par. 3.2, Tab. 1, d.g.r. n. IX/2616/2011) tenendo conto dei fattori prevalenti e significativi, sia in senso qualitativo sia quantitativo, al fine di fornire un quadro sintetico dello stato del territorio ai fini poi della fattibilità geologica.

### **15.1 Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti**

Appartengono a questa categoria di sintesi i settori di territorio comunale interessati da instabilità in atto e potenziale, delimitate considerando le conoscenze pregresse e quanto elaborato in fase di analisi al presente aggiornamento.

#### **15.1.1 Aree potenzialmente instabili su pendii molto inclinati con sedimenti fini**

Si tratta delle porzioni di pendio più inclinato (in genere  $> 15^{\circ}$ - $20^{\circ}$ ) che interessano la scarpata del pianalto e le valli che lo attraversano; le aree così evidenziate non sono solo quelle con effettiva inclinazione maggiore di  $20^{\circ}$  ma comprendono anche tratti localmente a pendenza minore che sono stati ricompresi a dare una continuità morfologica. Tali aree possono essere soggette a fenomeni di instabilità diffusa e, quando interferenti con i corsi d'acqua di fondovalle a fenomeni legati ad erosione alla base del pendio. Esse possono comprendere anche porzioni inferiori potenzialmente interessate dall'accumulo di materiale proveniente dal versante in movimento.

#### **15.1.2 Aree interessate da potenziale accumulo di materiali da frana**

Si tratta delle aree, prevalentemente comprese all'interno delle valli che tagliano il pianalto, potenzialmente interessate dall'accumulo di materiale proveniente dai versanti, acclivi, che può essere mobilizzato in occasioni di forti precipitazioni.

### **15.1.3 Aree potenzialmente instabili su pendii poco inclinati con sedimenti fini**

Le aree rientranti in questa classe sono le aree meno acclivi della scarpata principale del pianalto e quelle a minore pendenza delle scarpate delle valli che attraversano il pianalto, in genere caratterizzate da inclinazione inferiore ai 15°. Rientrano in questa classe anche piccole porzioni a maggiore pendenza in virtù della loro ridotta estensione.

## **15.2 Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico**

### **15.2.1 Aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile e/o del primo acquifero**

Si tratta sostanzialmente dell'area più ribassata del comune, a Est del pianalto, in cui la presenza di materiali sabbioso/ghiaiosi e la più limitata soggiacenza della falda concorrono a determinare una potenziale elevata vulnerabilità per l'acquifero superficiale. A queste si aggiungono le due aree al bordo del pianalto interessate dalla SP 166 e dalla ferrovia, per le quali non è nota la natura dei materiali utilizzati per la costruzione dei relativi terrapieni, nè lo sviluppo di eventuali scavi per la realizzazione delle opere.

## **15.3 Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico**

### **15.3.1 Aree costituenti l'alveo dei corsi d'acqua e aree adiacenti potenzialmente interessate da fenomeni di dinamica torrentizia e/o fluviale (Aree Ee PAI)**

Tali aree sono presenti sia lungo il torrente Buliga sia lungo i corsi d'acqua minori che tagliano il pianalto, affluenti del torrente Buliga; lungo il torrente Buliga e i tratti maggiormente incisi del reticolo minore sono state fatte rientrare in queste aree anche zone non direttamente allagabili ma aree in cui i versanti possono subire processi di erosione dovuti all'azione delle acque; tali fasce quindi possono comprendere zone di versante anche a quota maggiore rispetto a quella effettivamente raggiunta dalle acque. A queste aree corrispondono le aree potenzialmente allagabili per piena frequente (scenario P3/H) del PGRA.

### **15.3.2 Aree a pericolosità elevata per esondazione (Aree Eb PAI)**

Si tratta di areali lungo il corso del torrente Buliga che bordano le fascia Ee in modo

discontinuo. Tali aree sono desunte su base morfologica. A queste aree corrispondono le aree potenzialmente allagabili per piena poco frequente (scenario P2/M) del PGRA.

### **15.3.3 Aree a pericolosità media o moderata per esondazione (Aree Em PAI)**

Si tratta di aree potenzialmente interessate da eventi di piena, discriminate su basi morfologiche, già rientranti nel PAI che si estendono lungo il torrente Buliga. A queste aree corrispondono le aree potenzialmente allagabili per piena rara (scenario P1/L) del PGRA.

## **15.4 Aree a scadenti caratteristiche geotecniche**

### **15.4.1 Aree con coperture limose argillose**

In questa categoria di sintesi sono comprese le aree del pianalto che sono caratterizzate dalla presenza di spesse coltri loessiche, contraddistinte da forte componente limosa e argillosa e da spessori considerevoli di alterazione dei depositi fluvio-glaciali. Da un punto di vista morfologico le superfici sono in genere subpianeggianti o con debole inclinazione; localmente, in asse con le valli più profonde, possono essere presenti incisioni con fianchi poco ripidi o di altezza limitata che si raccordano con gradualmente con la valli in cui la dinamica di versante è più attiva.

### **15.4.2 Aree con possibili ristagni**

Sono aree in parte dedotte dalla precedente cartografia in cui sono presenti possibili ristagni delle acque meteoriche. Fanno parte di questi anche l'area tra la SP 162 e via Angelo May che era indicata come suscettibile ad allagamenti prima della urbanizzazione.

### **15.4.3 Aree con presenza di riporti, aree colmate**

Sono aree presenti in modo sparso sul territorio comunale; molte delle aree rappresentate sono dedotte dalla precedente cartografia (ed esempio l'area Est, tra la SP 162 e il campo sportivo o le aree sul pianalto a Est di via delle Castagne) in cui la presenza di cumuli di materiale era deducibile anche dalla base topografica. I sopralluoghi e l'analisi delle foto aree mostra l'assenza di tali cumuli. Tuttavia, non essendo stato possibile recuperare informazioni sulla reale consistenza del materiale e sui materiali ancora eventualmente presenti, si è mantenuta comunque la classificazione come aree con materiale di riporto.

In questa categoria rientrano anche le aree a Sud di via Bacanello, in corrispondenza dei

capannoni nelle quali dall'analisi cartografica si evince il colmamento di precedenti incisioni. Nella stessa categoria rientra il terrapieno della ferrovia adiacente al pianalto e quelli, sempre a bordo del pianalto, lungo la SP 166.

#### **15.4.4 Aree con pericolosità alta al fenomeno occhi pollini**

Si tratta dell'area del pianalto, già ricompresa nell'areale identificato come "aree con coperture limose - argillose" in cui, per la natura dei terreni di superficie e di sottosuolo, è possibile l'insorgenza o lo sviluppo del fenomeno degli occhi pollini.

## Fase di proposta

### 16 FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO

La Carta di Fattibilità geologica delle azioni di piano (cfr. Tavola n. 10 e Tavola n. 11) è l'elaborato che viene desunto dalla Carta di Sintesi e dalle considerazioni tecniche svolte nella fase di analisi, essendo di fatto una carta che fornisce indicazioni circa le limitazioni e destinazioni d'uso del territorio, le prescrizioni per gli interventi urbanistici, gli studi e le indagini necessarie per gli approfondimenti richiesti e gli interventi di ripristino e di mitigazione del rischio reale o potenziale.

Tutte le analisi condotte permettono la definizione di questo elaborato, redatto alla scala 1:5.000, che mediante la valutazione incrociata degli elementi cartografati, individua e formula una proposta di suddivisione dell'ambito territoriale d'interesse in differenti aree, che rappresentano una serie di "classi di fattibilità geologica".

Nella D.G.R. IX/2616 del novembre 2011 viene proposta una classificazione costituita da quattro differenti classi, in ordine alle possibili destinazioni d'uso del territorio; sono zone per le quali sono indicate sia informazioni e cautele generali da adottare per gli interventi, sia gli studi e le indagini di approfondimento eventuali.

In base alle valutazioni effettuate, considerando gli elementi geologici, geomorfologici, idrogeologici ed idraulici riconosciuti, nel territorio di Cucciago sono state individuate le seguenti classi di idoneità all'utilizzazione urbanistica:

**Classe 2 (giallo)** Fattibilità con modeste limitazioni

**Classe 3 (arancione)** Fattibilità con consistenti limitazioni

**Classe 4 (rosso)** Fattibilità con gravi limitazioni

Per quanto riguarda le fasce di rispetto di polizia idraulica e le aree di tutela assoluta e rispetto delle captazioni ad uso idropotabile, così come riportate nella carta dei vincoli geologici, non si ritiene necessario istituire una classe specifica di fattibilità geologica, in quanto su tali aree sussiste già uno specifico vincolo e norma. Tale assunto è espressamente indicato in calce al par. 3.2 della d.g.r. n. IX/2616/2011: “non è richiesta l'individuazione nella carta di fattibilità dei perimetri delle aree di tutela assoluta e di rispetto delle captazioni ad uso idropotabili, delle fasce di rispetto del reticolo idrico principale e minore, [...] in quanto soggette a specifica normativa”.

Si sottolinea che in presenza contemporanea di più scenari di pericolosità/vulnerabilità è stato

attribuito il valore maggiormente cautelativo di classe di fattibilità. Sono comunque da rispettare le prescrizioni relative ad ogni singolo ambito di pericolosità/vulnerabilità come rappresentato nella carta di sintesi.

Si sottolinea inoltre che la suddivisione territoriale in classi di fattibilità, trattandosi di una pianificazione generale, non sopperisce alla necessità di attuare le prescrizioni operative previste da leggi e decreti vigenti, così come l'individuazione di una zona di possibile edificazione deve rispettare la necessità di redigere un progetto rispettoso delle norme di attuazione.

Alle classi di fattibilità individuate sono inoltre sovrapposti gli ambiti soggetti ad amplificazione sismica locale (cfr. Tavola n. 11), che però non concorrono a definire la classe di fattibilità, ma ai quali è associata una specifica normativa che si concretizza nelle fasi attuative delle previsioni del P.G.T.

#### **16.1. Classe di Fattibilità Geologica 4 – Fattibilità con gravi limitazioni**

In questa classe sono individuati i territori ove l'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso.

Le aree a gravi limitazioni sono contraddistinte dalle seguenti tipologie di pericolosità/vulnerabilità e dalle relative classi di sintesi così come precedentemente descritte.

##### **16.1.1. Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico**

Aree costituenti l'alveo dei corsi d'acqua e aree adiacenti potenzialmente interessate da fenomeni di dinamica torrentizia e/o fluviale (Aree Ee PAI). (sottoclasse 4a)

A queste aree sono sovrapposte le aree allagabili PGRA potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (P3/H) relativamente al Reticolo Secondario Collinare e Montano

##### **16.1.2. Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti**

Aree potenzialmente instabili su pendii molto inclinati con sedimenti fini (sottoclasse 4b)

Aree interessate da potenziale accumulo di materiali da frana (sottoclasse 4c)

#### **16.2. Classe di fattibilità geologica 3 – Fattibilità con consistenti limitazioni**

Questa classe comprende le zone nelle quali si sono riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni, per l'entità e la natura delle condizioni di

pericolosità nelle aree.

Queste condizioni possono essere per lo più rimosse con interventi idonei alla eliminazione o minimizzazione del rischio, realizzabili nell'ambito del singolo lotto edificatorio o di un suo intorno significativo. L'utilizzo delle zone, ai fini urbanistici è subordinato alla realizzazione di supplementi d'indagine per acquisire una maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno, per consentire di precisare le esatte volumetrie e ubicazioni, le idonee destinazioni d'uso, nonché le eventuali opere di difesa. Nel caso in esame sono state individuate una serie di aree in classe 3 che presentano problematiche geologiche variabili; si tratta in genere di ambiti, sia di pianura sia di versante, che coincidono con aree, caratterizzate da condizioni sfavorevoli, pericolose e/o vulnerabili definite nell'unità di sintesi:

#### **16.2.1. Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico**

##### Aree a pericolosità elevata per esondazione (Aree Eb PAI) (sottoclasse 3a)

A queste aree sono sovrapposte aree allagabili PGRA potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (P2/M) relativamente al Reticolo Secondario Collinare e Montano

##### Aree a pericolosità media o moderata per esondazione (Aree Em PAI) (sottoclasse 3b)

A queste aree sono sovrapposte aree allagabili PGRA potenzialmente interessate da alluvioni rare (P1/L) relativamente al Reticolo Secondario Collinare e Montano.

#### **16.2.2. Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti**

##### Aree potenzialmente instabili su pendii poco inclinati con sedimenti fini (sottoclasse 3c)

#### **16.2.3. Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico**

##### Aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile e/o del primo acquifero (sottoclasse 3d);

#### **16.2.4. Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche**

##### Aree con coperture limose argillose (sottoclasse 3e)

##### Aree con possibili ristagni (sottoclasse 3f)

##### Aree con presenza di riporti, aree colmate (sottoclasse 3g)

##### Aree con pericolosità alta al fenomeno occhi pollini (sottoclasse 3h)

### **16.3. Classe di fattibilità geologica 2 – Fattibilità con consistenti limitazioni**

Si tratta di aree, di estensione limitata, situate nella piana del torrente Bulighetto, costituite da depositi appartenenti al Supersintema di Besnate e con profondità della falda rilevante. L'assetto geologico è tale da non presentare particolari problematiche per le opere edificatorie.

Gaggiano (MI), maggio 2024

**geoSFerA**  
**Studio Associato di Geologia**

Dott. Geol.  
Ferruccio Tomasi

Dott. Geol.  
Andrea Strini

