

# COMUNE DI CADREZZATE CON OSMATE

*Provincia di Varese*

## DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA A SUPPORTO DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

L.R. 11 marzo 2005, n. 12 s.m.i.



### RELAZIONE TECNICA

Giugno 2024



#### **Studio Tecnico Associato di Geologia**

Via Dante Alighieri, 27 - 21045 Gazzada Schianno (VA)

Tel: 0332 464105 - fax: 0332 870234

E\_mail: tecnico@gedageo.it

Dott. geol. Roberto Carimati

Dott. geol. Giovanni Zaro

## INDICE

### **PARTE I – FASE ANALITICA**

<b>1.</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO E ASPETTI METODOLOGICI.....</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....</b>	<b>7</b>
<b>4.</b>	<b>Inquadramento geologico .....</b>	<b>8</b>
<b>4.1</b>	<b>Descrizione delle unità cartografate.....</b>	<b>8</b>
<b>5.</b>	<b>ANALISI GEOMORFOLOGICA.....</b>	<b>12</b>
<b>5.1</b>	<b>Inquadramento e Dinamica geomorfologica .....</b>	<b>12</b>
<b>5.2</b>	<b>Sinkhole .....</b>	<b>14</b>
<b>6.</b>	<b>IDROGRAFIA.....</b>	<b>17</b>
<b>6.1</b>	<b>Reticolo idrico principale .....</b>	<b>17</b>
<b>6.2</b>	<b>Reticolo idrico minore .....</b>	<b>18</b>
<b>7.</b>	<b>IDROGEOLOGIA.....</b>	<b>21</b>
<b>7.1</b>	<b>Censimento delle opere di captazione ad uso idropotabile .....</b>	<b>23</b>
<b>7.2</b>	<b>Cenni di meteorologia .....</b>	<b>23</b>
<b>7.3</b>	<b>Curva di possibilità pluviometrica .....</b>	<b>29</b>
<b>7.4</b>	<b>Fabbisogno idrico .....</b>	<b>31</b>
<b>7.5</b>	<b>Siti in bonifica .....</b>	<b>34</b>
<b>8.</b>	<b>ANALISI GEOLOGICO-TECNICA .....</b>	<b>36</b>
<b>8.1</b>	<b>Descrizione delle unità geologico – tecniche.....</b>	<b>36</b>
<b>8.2</b>	<b>Suscettività alla generazione di fenomeni franosi.....</b>	<b>39</b>
<b>9.</b>	<b>ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE-PRIMO LIVELLO .....</b>	<b>42</b>
<b>9.1</b>	<b>Generalità.....</b>	<b>42</b>
<b>9.2</b>	<b>Pericolosità sismica di base e metodi di approfondimento .....</b>	<b>42</b>
<b>9.3</b>	<b>Approfondimento di I^ livello-zonazione sismica preliminare .....</b>	<b>44</b>
<b>9.4</b>	<b>Descrizione degli scenari .....</b>	<b>46</b>
<b>9.5</b>	<b>Edifici ed opere strategiche.....</b>	<b>49</b>
<b>9.6</b>	<b>Indicazioni sulle modalità di approfondimento .....</b>	<b>51</b>
<b>9.6.1</b>	<b>Il 2° ed il 3° livello di approfondimento .....</b>	<b>51</b>
<b>9.6.2</b>	<b>Procedura semplificata di 2° livello per amplificazioni litologiche: scenari z4a, z4b, z4c.....</b>	<b>52</b>
<b>9.6.3</b>	<b>Procedura semplificata di 2° livello per amplificazioni morfologiche: scenari z3a – z3b.....</b>	<b>55</b>
<b>9.6.4</b>	<b>Procedura approfondita di 3° livello instabilità: scenario z1c .....</b>	<b>59</b>
<b>9.6.5</b>	<b>Procedura approfondita di 3° livello per cedimenti e/o liquefazioni: scenari z2 .....</b>	<b>61</b>
<b>9.6.6</b>	<b>Effetti di amplificazione morfologica e litologica.....</b>	<b>61</b>
	<b>PARTE II – FASE DI SINTESI/VALUTAZIONE .....</b>	<b>64</b>

<b>10. CARTA DEI VINCOLI.....</b>	<b>64</b>
<b>10.1 Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della l. 183/1989 (piano stralcio per l’assetto idrogeologico – PAI).....</b>	<b>64</b>
<b>10.2 Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi del D.IGS. 49/2010 (Piano Gestione Rischio alluvioni).....</b>	<b>65</b>
<b>10.3 Vincoli di polizia idraulica.....</b>	<b>65</b>
<b>10.4 Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile.....</b>	<b>67</b>
<b>11. CARTA PAI - PGRA.....</b>	<b>68</b>
<b>12. CARTA DI SINTESI.....</b>	<b>70</b>
<b>PARTE III – FASE DI PROPOSTA.....</b>	<b>74</b>
<b>13. CARTA DELLA FATTIBILITA’ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO.....</b>	<b>74</b>
<b>13.1 Classi di fattibilità geologica delle azioni di piano.....</b>	<b>75</b>
<b>14. RIDUZIONE DELL’ESPOSIZIONE AL GAS RADON.....</b>	<b>79</b>

**Appendice 1: sorgenti e pozzi nel Comune di Cadrezzate con Osmate**

**Appendice 2: schede censimento sorgenti**

**Appendice 3: analisi chimico fisiche delle sorgenti comunali e del serbatoio acquedotto intercomunale**

**Appendice 4: delibere di approvazione degli studi di individuazione del reticolo idrico minore dei Comuni di Cadrezzate e Osmate**

**Appendice 5: risultati prove MSW (luglio 2008)**

## **ELENCO ALLEGATI**

*Allegato 1: Carta di inquadramento geologico (scala 1:5.000 su base CTR);*

*Allegato 1a-1b: Sezioni geologiche (scala orizzontale 1:10.000; scala verticale 1:1.000);*

*Allegato 2: Carta della dinamica geomorfologica (scala 1:5.000 su database geotopografico regionale);*

*Allegato 3: Carta di inquadramento idrogeologico (scala 1:5.000 su database geotopografico regionale);*

*Allegato 4: Carta di prima caratterizzazione geotecnica (scala 1:5.000 su database geotopografico regionale);*

*Allegato 5: Carta della suscettività alle frane (scala 1:5000 su database geotopografico regionale)*

*Allegato 6: Carta di zonazione sismica preliminare del territorio comunale - Primo livello (scala 1:5.000 su database geotopografico regionale);*

*Allegato 7-7a: Carta dei vincoli (scala 1:5.000 su database geotopografico regionale);*

*Allegato 8: Carta PAI-PGRA (scala 1:5.000 su database geotopografico regionale)*

*Allegato 9: Carta di sintesi (scala 1:5.000 su database geotopografico regionale)*

- Allegato 10: Carta della fattibilità geologica delle azioni di piano (scala 1:5.000 su database geotopografico regionale);*
- Allegato 10a: Carta della fattibilità geologica delle azioni di piano (scala 1:2.000 su database geotopografico regionale);*
- Allegato 10b: Carta della fattibilità geologica delle azioni di piano (scala 1:2.000 su database geotopografico regionale);*
- Allegato 10c: Carta della fattibilità geologica delle azioni di piano (scala 1:2.000 su database geotopografico regionale);*
- Allegato 10d: Carta della fattibilità geologica delle azioni di piano (scala 1:2.000 su database geotopografico regionale).*
- Allegato 10e: Carta della fattibilità geologica delle azioni di piano (scala 1:2.000 su database geotopografico regionale).*
- Allegato 11: Norme Geologiche di Piano*
- Allegato 12: Reticolo idrografico*

## 1. PREMESSA

Il presente lavoro costituisce il primo studio di supporto geologico al PGT del comune di Cadrezzate con Osmate (Provincia di Varese), in seguito alla fusione dei comuni di Cadrezzate e Osmate, ciascuno dotato di un suo piano urbanistico redatti rispettivamente nel 2011 e 2008.

Oltre che nella fusione dei due comuni (L.R. 11 febbraio 2019 – n. 3 “*Istituzione del comune di Cadrezzate con Osmate mediante fusione dei comuni di Cadrezzate e Osmate, in provincia di Varese*”) la redazione del nuovo studio geologico trova ragione nella necessità di adeguamento ai numerosi atti normativi di settore prodotti nell’ultimo decennio, di seguito riassunti:

- per gli aspetti di pericolosità idraulica:

- Delibera n. 2 del 3 marzo 2016 del Comitato Istituzionale della Autorità di Bacino del Fiume Po “*Approvazione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Fiume Po (PGRA)*”.

- Delibera Comitato Istituzionale n. 5 del 7 dicembre 2016 “*Adozione di varianti al Piano Stralcio per l’Assetto idrogeologico - PAI e al Piano stralcio per l’assetto idrogeologico del Delta del fiume Po -PAI Delta: Integrazioni alle Norme di attuazione concernente l’adozione in via definitiva del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)*” approvato con deliberazione n. 2 del 3 marzo 2016.

- D.G.R. n. X/6738 del 19.06.2017 “*Disposizioni regionali concernenti l’attuazione del PGRA nel settore urbanistico*”.

- R.R. n.7 del 23 novembre 2017, “*Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica e idrogeologica ai sensi dell’art. 58bis della legge regionale 11 marzo 2005 n. 12 (Legge per il governo del territorio)*” e R.R. n. 8 del 19 aprile 2019, “*Disposizioni per la applicazione dei principi di invarianza idraulica e idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7*”.

- per la sismica di:

- D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129 “*Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia*”.

- L.R. 33/2015: “*Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche*”.

- D.G.R. del 30 marzo 2016, n. X/5001: *“Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l’esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica”*.

- per gli aspetti geotecnici:

- D.M.17 gennaio 2018 e della conseguente Circolare del C.S.LL.PP. 21 gennaio 2019, n. 7 *“Istruzioni per l’applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018”*.

- per i criteri della componente geologica nel PGT:

- D.G.R. n. 2616, 30 novembre 2011 *“Aggiornamento dei ‘Criteri ed Indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione all’art. 57, comma 1 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12’, approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374”*.

- D.G.R. n. XI/7564, 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) (Art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12)”*.

Si è inoltre tenuto conto di della L.R. n. 7 del 10 marzo 2017 *“Recupero dei vani e locali seminterrati esistenti”*

Obiettivo generale della relazione e degli elaborati cartografici ad essa allegati è quello di definire la componente geologica, idrogeologica e sismica del nuovo territorio comunale e di assegnare, in raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata, le prescrizioni relative alle limitazioni e norme d’uso nell’ottica di contribuire alla prevenzione del dissesto idrogeologico e di fornire agli Amministratori gli strumenti più adatti per esercitare il governo del territorio secondo un approccio multidisciplinare che supera il semplice concetto di pianificazione urbanistica.

## 2. ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO E ASPETTI METODOLOGICI

Il presente studio è stato predisposto secondo i criteri indicati nella Delibera di giunta regionale 30 novembre 2011 - n. IX/2616 “*Aggiornamento dei ‘Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12’*”, approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374, pertanto risulterà strutturato come di seguito proposto:

- ❑ relazione tecnica illustrativa;
- ❑ norme geologiche di piano;
- ❑ allegati cartografici.

Si premette che le informazioni o i dati deducibili dagli elaborati descrittivi o dalla cartografia allegata al presente documento hanno puramente una funzione di supporto alla pianificazione urbanistica e territoriale e non possono essere considerati come esaustivi di problematiche geologico–tecniche specifiche.

Pertanto **non possono venire utilizzati per la soluzione di problemi progettuali a carattere puntuale e non devono in alcun modo essere considerati sostitutivi delle indagini di approfondimento o di quanto previsto del D.M. 17 gennaio 2018 “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni”.**

Le indagini e gli approfondimenti prescritti per le diverse classi di fattibilità (limitatamente ai casi consentiti) devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell’intervento e alla progettazione stessa.

Copia delle indagini effettuate e della relazione geologica di supporto deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani attuativi (l.r. 12/05, art. 14) o in sede di richiesta del permesso di costruire (l.r. 12/05, art. 38).

### 3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Cadrezzate con Osmate si trova in Provincia di Varese. Si tratta di un comune sparso di 2665 abitanti (dati 2022) nato nel 2019 dalla fusione di Cadrezzate e Osmate.

Il comune si sviluppa sulla sponda sud-occidentale del lago di Monate, che rappresenta l'elemento paesaggistico di maggiore pregio, unitamente al settore meridionale del territorio comunale, di una certa valenza paesistico-naturalistica.

Il territorio è caratterizzato da pianalti blandamente ondulati e terrazzamenti che si estendono tra 270 e 300 m s.l.m., per poi elevarsi verso sud-est, culminando nel rilievo del Monte Pelada (472 m s.l.m.). A nord e est si sviluppano due ampie piane con quote modali di 230 m (piana di Barza) e 220 m s.l.m. (piana del Torrente Acquanegra).

L'elemento idrico di maggiore rilevanza è il torrente Acquanegra, emissario del lago di Monate, che scorre nel territorio comunale per un tratto brevissimo tratto.

Per la redazione degli elaborati grafici allegati si è fatto riferimento alla cartografia cartacea e digitale esistente, e in particolare:

- Database Geotopografico di Regione Lombardia
- Rilievo aerofotogrammetrico dei comuni di Cadrezzate e Osmate
- Carta Tecnica Regionale a scala 1:10.000 – sezioni A4b5 e A5b1.

## 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

I terreni comunali sono collocati al limite dell'area di massima estensione dell'ultima fase di avanzata glaciale del Pleistocene superiore (Alloformazione di Cantù - Wurm Auct.).

In particolare l'area di Cadrezzate è inclusa tra le morene delle fasi di ritardata e le pianure proglaciali e deglaciali, mentre il settore di Osmate conserva le testimonianze di precedenti glaciazioni che hanno coperto le emergenze del substrato roccioso rappresentate dalla culminazione del Monte Pelada e da alti topografici minori collocati a quote sensibilmente meno elevate.

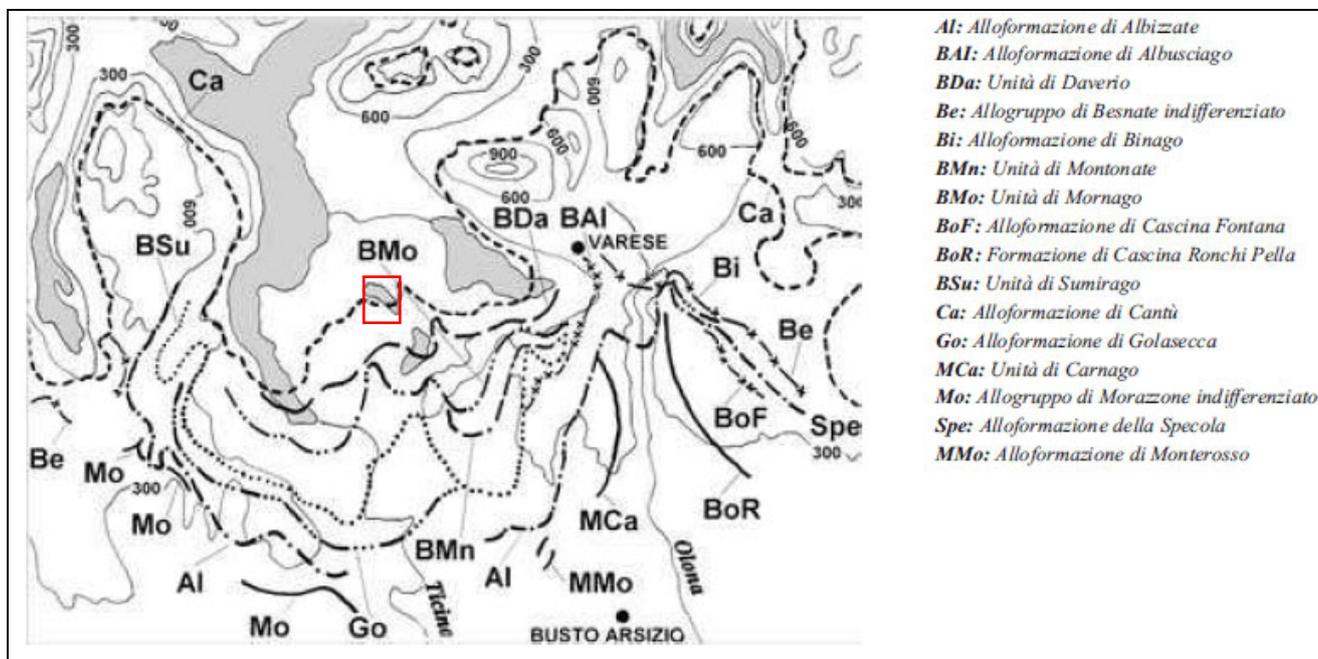


Figura 1: Massime estensioni dei ghiacciai che hanno edificato gli anfiteatri del Verbano. Le sigle presenti si riferiscono alle formazioni descritte a fianco (riquadro rosso: limiti indicativi dell'area di interesse)

### 4.1 DESCRIZIONE DELLE UNITÀ CARTOGRAFATE

In questo paragrafo vengono descritti i caratteri più rappresentativi delle formazioni individuate nella carta di inquadramento geologico (allegato 1 alla scala 1:5.000).

Si segnala che, data la quasi completa assenza di spaccati utili alla descrizione delle litologie, si è fatto ricorso a dati pregressi anche dei comuni limitrofi, in particolare di Travedona Monate, dove

sono state descritte numerose sezioni, nell'ipotesi che la continuità morfologica/altimetrica delle superfici sottenda una litologia simile.

#### ▪ **Allogruppo di Besnate (Pleistocene Superiore)**

L'allogruppo di Besnate, suddiviso a livello del pedemonte sudalpino in cinque unità informali, comprende i sedimenti di una complessa serie di pulsazioni glaciali di età pleistocenica superiore, attribuiti nella letteratura classica al Riss-Wurm. La distinzione tra unità avviene soprattutto su base morfologica data la sostanziale somiglianza litologica e, per le unità più recenti, pedologica.

Nelle unità presenti nel territorio comunale, le più recenti dell'allogruppo, il profilo d'alterazione raggiunge spessori di 2,5-3 m e l'alterazione interessa dal 30 al 40% dei clasti; il colore della matrice è in genere compreso tra 10YR e 7.5YR; le coperture loessiche sono presenti discontinuamente.

Sono presenti litofacies riconducibili a:

- *depositi glaciali: diamicton* a prevalente supporto di matrice limoso sabbiosa; clasti poligenici con dimensioni e grado di arrotondamento variabile; presenza di livelli sovraconsolidati;

- *depositi fluvioglaciali e di contatto glaciale*: ghiaie stratificate a prevalente supporto clastico; sabbie e sabbie limose con ghiaie; sabbie stratificate. Data la scarsità di osservazioni non è stato possibile definire e distinguere litologicamente questi depositi, che nella descrizione litologica sono stati unificati.

#### ▪ **Alloformazione di Cantù**

L'Alloformazione di Cantù rappresenta l'ultima fase glaciale del Pleistocene superiore (Last Glacial Maximum) e coincide in buona parte con il Würm Autc.

Nell'area sono presenti morene delle fasi di ritiro, depositi di contatto glaciale e piane fluvioglaciali intermoreniche e delle fasi di deglaciazione.

I depositi dell'alloformazione sono caratterizzati da un profilo di alterazione poco evoluto, in genere inferiore ai 2 m e un colore prevalente della matrice di 10YR.

Nelle litofacies dell'unità di Cantù prevale la frazione sabbioso limosa e il contenuto clastico si mantiene basso o assente.

Sono stati individuati, prevalentemente su base morfologica, i seguenti depositi:

- *depositi glaciali*: diamicton massivi a supporto di matrice limoso-sabbiosa, con ciottoli centimetrici e decimetrici (dimensioni massime 30 cm), sempre in percentuale molto bassa o bassa (1-20%), talvolta debolmente sovraconsolidati. Si tratta della tipica espressione sedimentaria di till basali;

- *depositi fluvioglaciali*: tali depositi sono associati a più situazioni morfologiche, cui corrispondono modeste differenziazioni litologiche.

In generale prevalgono, perlomeno nelle parti più superficiali, sabbie, sabbie limose, limi sabbiosi e subordinati limi, da massive a stratificate, con basso contenuto in clasti.

Sulle superfici del pianalto di Cadrezzate possono essere anche presenti orizzonti ghiaiosi e livelli moderatamente sovraconsolidati.

Nelle piane basali (piana a est di Barza e piana del Torrente Acquanegra) prevalgono sabbie a contenuto variabile di limo; la componente clastica è ancora più ridotta. Nella piana di Barza sono anche presenti, in subordine, limi con rare intercalazioni torbose.

- *depositi di contatto glaciale*: sono distinti principalmente su base morfologica; dal punto di vista litologico compaiono con una certa frequenza sabbie limosi e limi sabbiosi a bassa percentuale di clasti, in strati metrici massivi, interpretate come depositi di trasporto in massa in bacini marginali.

#### ▪ **Unità post-glaciale:**

L'unità comprende:

- *depositi lacustro-palustri*: sabbie limose, limi sabbiosi, sabbie e ghiaie; intercalazioni di limi argillosi e torbe. Questi depositi formano una fascia a bassissima pendenza che si sviluppa ai bordi del lago di Monate, espandendosi localmente (Moncucco, sbocco della Roggia Riale).

- *Depositi fluvio-palustri*: limi sabbiosi, limi sabbioso ghiaiosi; intercalazioni di livelli di torba. Colmano l'area depressa al limite meridionale del territorio comunale (Le Paludi), completamente circondata da alti glaciali o in substrato.

- *Depositi fluviali*: sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi da laminati a massivi; si ritrovano all'interno dell'incisione postglaciale del Torrente Acquanegra.

- *Depositi colluviali/di trasporto in massa*: sabbie limose a clasti sparsi. Formano un esteso *talus* a pendenza molto bassa, che si raccorda alla piana basale del T. Acquanegra. Sono messi in posto per

colluviazione dai versanti o, in corrispondenza degli sbocchi vallivi, da fenomeni di trasporto in massa.

In Tavola 1a e 1b sono riportate due sezioni geologiche (NW-SE e W-E, rispettivamente), ottenute utilizzando i dati di superficie derivanti dal rilevamento diretto e alcune stratigrafie di pozzi perforati nel territorio comunale o in aree limitrofe. Gli unici pozzi utilizzabili a tal fine sono risultati: il pozzo S. Antonio ubicato in via Vallarini a Cadrezzate e il campo pozzi di C.na Monteggia, sito nel territorio di Ispra, a breve di stanza dal limite comunale.

La stratigrafia del pozzo S. Antonio ha permesso di collocare il limite tra depositi quaternari e substrato gonfolitico in prossimità della piana di Barza a una profondità di circa 40 m dal p.c. (190 m s.l.m.).

## 5. ANALISI GEOMORFOLOGICA

### 5.1 INQUADRAMENTO E DINAMICA GEOMORFOLOGICA

Il territorio comunale è impostato sul bordo nord-occidentale di una estesa superficie lito-strutturale punteggiata da emergenze del substrato e rimodellata dagli eventi glaciali, che si interpongono tra la fascia prealpina e il locale livello di base rappresentato dal lago Maggiore, sopraelevata di qualche decina di metri (fino a 50) sulle piane edificate durante le fasi della deglaciazione.

Dal punto di vista geomorfologico il territorio comunale può essere suddiviso in tre settori.

- *settore collinare*: compreso tra 470 m slm e 320 m slm circa. Corrisponde alle aree di versante che si estendono tra la sommità del Monte Pelada e la prima significativa rottura di pendio. Geologicamente coincide con aree di substrato subaffiorante e di copertura glaciale/di contatto glaciale dell'Allogruppo di Besnate.

- *Settore di pianalto*: articolato settore che si estende tra base del versante Ovest del Monte Pelada (q. 320 m slm) e le piane basali di Barza (quota modale 230 m slm circa) e del torrente Acquanegra (quota modale 220 m slm circa). Al suo interno può essere ulteriormente individuato:

1) un settore a bassa pendenza (pianalto di Cadrezzate s.s. e terrazzamenti del basso versante ovest del Monte Pelada), strutturato prevalentemente su depositi glaciali e fluvioglaciali dell'Alloformazione di Cantù; il pianalto è interessato da elevazioni debolmente convesse o subtabulari che potrebbero rappresentare alti glaciali o emergenze del substrato.

2) un settore di raccordo con le piane basali, costituito da un versante a moderata pendenza impostato su depositi glaciali e di contatto glaciale dell'Alloformazione di Cantù.

- *Settore basale*: corrisponde alle citate piane di Barza e dell'Acquanegra, quest'ultima incisa dalla valle postglaciale dell'omonimo torrente, in corrispondenza della quale si raggiungono le quote minime del territorio comunale (circa 208 m slm).

Dal punto di vista della dinamica geomorfologica e della sua interazione con la gestione del territorio si può affermare che i processi attivi sono limitati e di scarsa interferenza con l'attività antropica.

Essi possono essere ricondotti a:

- *forme e processi legati ai versanti*: comprendono i processi che concorrono alla evoluzione dei versanti sotto la spinta della gravità e dell'azione delle acque, incanalate e non, attraverso dissesti di tipologia varia, fenomeni di colluviazione e trasporto in massa.

In relazione a questa tipologia di fenomeni, rispetto al quadro delineato nel precedente PGT, non sono segnalati ulteriori dissesti, ma sono stati stabilizzati quelli precedentemente individuati.

Si trattava di frane di dimensioni ridotte tali da essere considerate alla stregua di elementi puntuali, classificabili come scivolamenti superficiali (*soil slip*), localizzate in ambito urbano (via Lago Bozza, Cadrezzate), periurbano (area di testata del Rio Lenza) e naturale (area in fregio al corso d'acqua del RIM comunale O1.2).

- *Forme e processi legati alle acque superficiali*: si tratta della tipologia geodinamica più diffusa ed è legata all'azione erosiva delle acque circolanti (incanalate e non) in ambito prevalentemente di versante, che portano a fenomeni di erosione spondale, di trasporto di materiale, all'innescio di dissesti per erosione al piede dei versanti e a ruscellamenti diffusi e concentrati.

In ambito comunale i processi rilevati sono:

- *erosioni spondali* di modesta intensità lungo gli impluvi dei corsi d'acqua, in particolar modo l'intero tratto terminale del Rio Vallerini, tratti discontinui della Roggia della Valle del Lupo e limitatissimi tratti nei rami di testata del Rio Motta.

- *Ruscellamenti*: data la permeabilità complessivamente da bassa a medio-bassa dei depositi superficiali si generano situazioni di ruscellamento areale e concentrato sia in ambito urbano che naturale.

In ambito urbano il ruscellamento si concentra lungo elementi strutturali quali strade asfaltate, condotti fognari etc. e può portare alla confluenza di acque superficiali in aree depresse al piede di tali elementi.

In ambito naturale si può generare ruscellamento diffuso lungo i versanti e ruscellamento concentrato in impluvi che si attivano solo in occasione di eventi meteorici intensi. I recapiti dei deflussi concentrati sono principalmente elementi del reticolo idrico minore

- *aree a ristagno idrico*: si tratta di aree che si trovano in condizioni prossime alla saturazione, per falda a bassa/bassissima soggiacenza e/o per terreni a bassa permeabilità che rendono difficoltoso il drenaggio (deflusso molto lento).

Appartengono a tale categoria l'area depressa di "le Paludi" e un settore della piana basale del T. Acquanegra limitrofo alla Roggia della Valle del Lupo.

## 5.2 *SINKHOLE*

Con la d.g.r. 15 dicembre 2022 n. XI/7564 "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*) (Art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12" è stata introdotta una nuova categoria di fenomeni di cui tenere conto in tema di pianificazione territoriale e prevenzione dei rischi geologici, idrogeologici e sismici: i *sinkhole*.

Con tale termine si definiscono "sprofondamenti" che possono essere di origine naturale o antropica.

- i *sinkhole naturali* sono voragini in genere di forma sub-circolare e di rapida formazione che possono essere suddivisi nelle seguenti categorie:
  - *sinkhole* di origine carsica, legati alla dissoluzione delle rocce carbonatiche che porta alla formazione di doline per meccanismi di sola dissoluzione, subsidenza e collasso;
  - *sinkhole* di erosione: cavità circolari che si formano in depositi sciolti. Risulterebbero dalla dissoluzione della componente carbonatica nei depositi alluvionali e all'asportazione di particelle fini da parte delle acque circolanti nel sottosuolo per fenomeni di *piping*, suffosione o erosione sotterranea.
- i *sinkhole antropogenici* sono voragini di forma e dimensioni varie originate da un vuoto sotterraneo realizzato direttamente dall'uomo (cave, miniere) o indirettamente a causa delle attività umane (es. perdite idriche dalla rete di sottoservizi).

In relazione ai *sinkhole* di origine carsica, si osserva che nel territorio comunale il substrato roccioso è costituito da conglomerati e arenarie a cemento siliceo, del tutto privi di fenomeni carsici o paracarsici.

I sinkhole di erosione sono fenomeni tipici, ma non esclusivi, dell'alta pianura e risultano dalla dissoluzione della componente carbonatica nei depositi fluvioglaciali e dall'asportazione di particelle fini da parte delle acque circolanti nel sottosuolo per fenomeni di piping, suffosione o erosione sotterranea. Essi danno raramente origine a manifestazioni superficiali e si individuano attraverso sondaggi e prove penetrometriche o scavi che intersecano le cavità.

Affinché le cavità possano mantenersi in materiali sciolti è indispensabile la presenza della argillosa pedogenetica che conferisce coesione ai terreni.

La loro evoluzione è imputabile a un processo di erosione sotterranea generato (o influenzato) dal cambiamento del regime idraulico del sottosuolo per immissione di acqua nel sottosuolo (ad esempio tramite pozzi perdenti), per emungimento tramite pozzi o per variazioni del reticolo di filtrazione causato dalla costruzione dell'opera.

Gli "occhi pollini" evolvono in due direzioni: da una parte l'acqua che filtra asporta il materiale fine e ingrandisce il vuoto esistente; dall'altro, oltre una certa dimensione, la cavità evolve per crollo, in quanto la coesione data dall'alterazione non è sufficiente a sostenere la volta oltre un certo limite. Quest'ultimo processo crea un fenomeno di "risalita" dell'"occhio pollino" verso la superficie, che può concludersi con formazione di uno sprofondamento

Dal punto di vista geologico, le condizioni potenzialmente più favorevoli al loro innesco sembrano essere:

- presenza di depositi fluvioglaciali con elevato grado di alterazione;
- presenza di conglomerati in profondità;
- presenza di una falda.

Nell'ambito del territorio comunale:

- le unità quaternarie sono da scarsamente (Alloformazione di Cantù e Unità Postglaciale) a moderatamente alterate (Allogruppo di Besnate), con prevalenza di litologie sabbiose e limose;
- sono presenti unicamente piccole falde sospese disperse nella successione glacigenica;
- nel sottosuolo sono presenti esclusivamente conglomerati a cemento siliceo della Gonfolite a prevalente petrografia ignea e metamorfica.

Vengono, pertanto, a mancare tutte le cause predisponenti precedentemente elencate.

Inoltre:

- non sono noti storicamente eventi di dissesto legati a fenomeni di sprofondamento;
- non si hanno segnalazioni di segnali premonitori, quali evidenze di movimenti del suolo o lesioni a edifici, come emerso da interviste con tecnici comunali e persone del posto.

Alla luce di tutto ciò, non si ritiene sussistano elementi per la delimitazione di aree a potenziale rischio di sprofondamento.

## 6. IDROGRAFIA

I comuni di Cadrezzate e Osmate si erano dotati, già prima della unione amministrativa, di uno studio per l'individuazione del reticolo idrico minore in ottemperanza alla D.G.R. del 25 gennaio 2002 n. 7/7868 *“Determinazione del reticolo idrico principale. Trasferimento delle funzioni relative alla polizia idraulica concernenti il Reticolo Idrico Minore come indicato dall'art. 3 comma 114 della L.R. 1/2000 – Determinazione dei canoni di polizia idraulica”* e le successive modifiche e integrazioni:

- *“Individuazione del reticolo idrografico minore – Comune di Osmate”* redatto dal Dott. Geol. Marco Parmigiani nel gennaio 2004 e approvato dalla Sede Territoriale di Varese (nota del 18/07/2005, prot. AD15.2005.0000009).

- *“Studio del reticolo idrico comunale (D.G.R. del 25/01/02 n. 7/7868, modificata dalla D.G.R. del 01/08/03 n. 7/13950) – Comune di Cadrezzate”* redatto da Studio Associato di Geologia Applicata nel maggio 2006 e approvato dalla Sede Territoriale di Varese con nota del 04/09/2006, prot. AD15.2006.0006384).

Nel PGT del comune di Cadrezzate vigente al momento della redazione del presente aggiornamento (Congeo, 2011), per la definizione dei vincoli idraulici si faceva riferimento al Reticolo Master di Regione Lombardia, che riportava una situazione più aderente al reale andamento dell'idrografia comunale rispetto allo studio del RIM approvato da Regione Lombardia nel 2006.

Considerato che il PGT vigente è stato approvato dall'organismo competente, si è deciso di mantenere l'impostazione relativa al reticolo idrografico anche nell'attuale aggiornamento.

### 6.1 RETICOLO IDRICO PRINCIPALE

Il Reticolo Idrico Principale è stato individuato in base all'Allegato A alla d.g.r. n. XII/1615 del 18 dicembre 2023 *“Riordino dei reticoli idrici di Regione Lombardia e revisione dei canoni di polizia idraulica”* in cui è contenuto il nuovo elenco dei corsi d'acqua che definiscono il Reticolo Idrico Principale, per i quali l'attività di Polizia Idraulica è di competenza della Regione Lombardia.

Relativamente al territorio comunale di Cadrezzate con Osmate, l'unico elemento idrico citato nell'allegato è il Torrente Acquanegra:

<b>Num. progr.</b>	<b>Denominazione</b>	<b>Comuni attraversati</b>	<b>Foce o sbocco</b>	<b>Tratto classificato come principale</b>	<b>Elenco AA.PP</b>
VA049	Torrente Acquanegra	Brescia, Bregano, Cadrezzate, Ispra, Malgesso, Travedona-Monate	Lago Maggiore	tutto il suo corso (è l'emissario del Lago di Monate)	214/c

Il torrente Acquanegra scorre per un tratto estremamente limitato (circa 400 m) nel comune di Cadrezzate con Osmate, segnando a nord il confine con Travedona-Monate, in un ambito sostanzialmente privo di insediamenti abitativi.

Il corso d'acqua è morfologicamente confinato in quanto scorre nell'incisione postglaciale della piana basale a nord di Cadrezzate edificata dal torrente stesso durante le fasi dell'ultima deglaciazione.

## **6.2 RETICOLO IDRICO MINORE**

Il Reticolo Idrico Minore viene definito sottraendo dai corsi d'acqua che insistono sul territorio comunale quelli che definiscono il Reticolo Idrico Principale (Allegato A alla d.g.r. n. XII/1615 del 18 dicembre 2023), quelli di competenza dei Consorzi di Bonifica (Allegato C alla d.g.r. n. XII/1615 del 18 dicembre 2023) e i canali privati.

Nell'individuazione del RIM, che recepisce i precedenti lavori, sono stati mantenuti idronimi e codici già utilizzati, tenendo presente che lo studio del RIM di Cadrezzate, a differenza di quello di Osmate, per l'identificazione dei corsi d'acqua non utilizza codici alfanumerici ma solo idronimi.

Nell'ambito del territorio comunale di Cadrezzate con Osmate sono stati computati quali elementi del Reticolo Idrico Minore i corsi d'acqua di seguito elencati:

<i>nome corso d'acqua</i>	<i>codice corso d'acqua</i>
Roggia della Valle del Lupo	-
Torrente Vepra	-
Rio Motta	-
Fosso Vignaccia	-
Rio Vallerini	-

Rio Vallaghe	-
Rio Prà Cuit	-
Rio Veste 1	-
Rio Veste 2	-
Rio Matteotti 1	-
Torrente Lenza (Lanza)	- / 1
Rio Torbiera	-
Rio Paludi 2	-
Rio Paludi 1	-
Rio Pozzo	1.1
	1.2
	1.2.1
	1.2.2
	1.2.2
Roggia Reale	2
	2.1
	2.2
	2.3
	3
	4
	5
	6

Si sottolinea che l'idronimo Torrente Lenza (o Lanza):

- nel territorio di Cadrezzate corrisponde al corso d'acqua artificiale con andamento rettilineo N-S che drena la piana "le Paludi" a partire dalla testata;

- nel territorio di Osmate corrisponde al corso d'acqua naturale che drena il versante sud del Monte Pelada a partire da via Roma, ma assume l'idronimo di Rio Paludi 2 entrando nel territorio di Cadrezzate.

Quindi, da una parte lo stesso idronimo indica due corsi d'acqua distinti e dall'altra il medesimo corso d'acqua assume nomi diversi nei due ex comuni.

Tale situazione di incongruenza persisterà fino all'aggiornamento dello studio del reticolo idrografico del comune di Cadrezzate con Osmate.

Per la descrizione di dettaglio dei corsi d'acqua si rimanda ai citati studi del reticolo idrografico dei singoli precedenti comuni.

## 7. IDROGEOLOGIA

Sulla base delle caratteristiche litologiche note dal rilevamento di superficie si distinguono nell'area:

### **Complesso Terrigeno**

È costituito da depositi conglomeratici a grossi elementi cristallini in matrice cemento-silicea alternati a livelli arenacei irregolarmente stratificati corrispondenti all'unità della Gonfolite. Tale complesso costituisce l'ossatura del rilievo del Monte Pelada e di alti minori, il più importante dei quali è quello di Montecalvo. La permeabilità primaria è nulla, quella secondaria bassa per fratturazione. Il complesso è sede di una circolazione idrica molto modesta e rappresenta la base degli acquiferi superficiali presenti in questo settore.

### **Complesso glaciale indifferenziato**

Il Complesso dei depositi glaciali indifferenziati comprende tutte le facies glacigeniche affioranti nel territorio comunale (glaciali, fluvioglaciale e di contatto glaciale) ed è caratterizzato da variabilità litologica. Include diamicton a matrice sabbiosa limosa, sabbie, sabbie limose da massive a laminate, limi sabbiosi, sempre a basso contenuto clastico, con presenza di livelli sovraconsolidati. La permeabilità può essere complessivamente ritenuta bassa, sebbene possano essere presenti settori a permeabilità più elevata (media o anche elevata) con distribuzione non prevedibile.

Gli spessori sono di ordine decametrico.

### **Complesso fluvioglaciale basale**

Il complesso corrisponde ai depositi di tessitura relativamente omogenea, compresa tra sabbie fini (prevalenti) e limi della piana dell'Acquanegra, inclusi quelli interni alla valle postglaciale, e della piana di Barza, in cui compaiono anche qualche orizzonte a comportamento coesivo. La permeabilità può essere complessivamente ritenuta medio bassa.

Lo spessore di questo complesso è di ordine decametrico.

## Complesso fluvio-lacustre-palustre

Il complesso include sedimenti associati a diverse situazioni deposizionali e morfologiche, accomunate dalla presenza di tessiture medio-fini, comprendenti sabbie, sabbie limose, limi e subordinati limi argillosi con intercalazioni torbose.

Sono compresi i depositi lacustri che bordano il lago di Monate e quelli della depressione fluvio-palustre di Le Paludi.

La permeabilità del complesso è bassa.

In termini generali, dal punto di vista idrogeologico il territorio comunale non presenta particolari potenzialità, perché la presenza di substrato roccioso a bassa permeabilità e litologie prevalenti, anch'esse a permeabilità complessivamente ridotta, non permettono la formazione di idrostrutture con acquiferi di volume significativo.

Ai complessi precedentemente descritti è stata attribuita una permeabilità sintetizzata nella seguente tabella:

PERMEABILITA'					
Complesso	descrizione	permeabilità			
		alta	media	bassa	bassissima
Terrigeno	conglomerati e arenarie a cemento siliceo				
Glaciale indifferenziato	diamicton a prevalente supporto di matrice sabbioso-limosa; sabbie e limi. Livelli sovraconsolidati				
Fluvioglaciale basale	sabbie fini, sabbie limose, limi, limi sabbiosi				
Fluvio-lacustre-palustre	sabbie, limi, sabbie con ghiaie; limi argillosi; intercalazioni di torbe				

## 7.1 CENSIMENTO DELLE OPERE DI CAPTAZIONE AD USO IDROPOTABILE

L'alimentazione idrica ad uso idropotabile del comune di Cadrezzate con Osmate viene garantita dal notevole contributo extracomunale dell'acquedotto provinciale di Barza e, in misura minore, dalla sorgente Fontanazza ubicata in località C.na Fontanazza sul versante Ovest del Monte Pelada.

nome / codice	località	proprietà	stato	uso
acquedotto provinciale di Barza	Barza	pubblico	attivo	idropotabile
sorgente Fontanazza	C.na Fontanazza	pubblico	attivo	idropotabile

Oltre alle captazioni idropotabile, nell'ambito del territorio comunale sono presenti anche i seguenti punti di presa:

nome / codice	località	proprietà	stato	uso	note
pozzo S. Antonio 12028001	via Vallerini	pubblico	attivo	irriguo	profondità 58 m
pozzo 21 1211102100	C.na Fontanazza	privato (Immobiliare Lago di Monate srl)	attivo		profondità 21 m
pozzo 12028021	via Matteotti 13	privato	chiuso	-	profondità 10,5 m
pozzo 12111021	villa Solferino	privato	?		profondità 21 m
sorgente	villa Solferino	privata	?		
sorgente	C.na Vallaghe	privata	?		

## 7.2 CENNI DI METEOROLOGIA

Per una completa valutazione delle caratteristiche idrogeologiche del territorio si descrive sinteticamente il locale regime meteorologico (temperature e precipitazioni); infatti la frequenza, l'intensità e la quantità totale delle precipitazioni condizionano fortemente sia l'assetto idrografico superficiale che la ricarica e l'alimentazione degli acquiferi sotterranei.

Nell'intorno del territorio di interesse erano disponibili i dati delle stazioni meteorologiche di Ispra e Varano Borghi.

Le stazioni di Ispra, sebbene più prossime al comune di Cadrezzate con Osmate coprono periodi troppo brevi (Ispra JRC 2022-2023) o hanno terminato l'acquisizione dati (Ispra Prato e Ispra Tetti: 2001-2012).

Pertanto si è fatto riferimento alla stazione di Varano Borghi, con un periodo di monitoraggio decennale e tuttora attiva.

<i>stazione</i>	<i>quota (m s.l.m.)</i>	<i>periodo di osservazione</i>	<i>parametri misurati</i>
Varano Borghi	241	aprile 2013-novembre 2023 (P); gennaio 2015-novembre 2023 (T)	precipitazioni; temperatura; umidità; vento (direzione velocità)

*P=precipitazioni; T= temperature*

### **Temperature**

Le temperature medie mensili rilevate sono riportate nella tabella e nel grafico sottostanti (figura 2):

<b>T (°C)</b>	<b>media</b>	<b>minima</b>	<b>massima</b>
<b>gen</b>	0,8	-4,4	8,9
<b>feb</b>	3,5	-2,6	11,5
<b>mar</b>	7,0	-0,4	15,0
<b>apr</b>	11,4	3,7	19,0
<b>mag</b>	15,9	8,9	22,9
<b>giu</b>	21,0	13,6	28,6
<b>lug</b>	23,1	15,9	30,8
<b>ago</b>	22,0	15,2	29,8
<b>set</b>	17,4	11,5	25,0
<b>ott</b>	12,2	7,0	19,3
<b>nov</b>	6,3	1,6	13,0
<b>dic</b>	1,7	-2,7	8,9
<b>media annua</b>	<b>11,9</b>	<b>5,6</b>	<b>19,4</b>

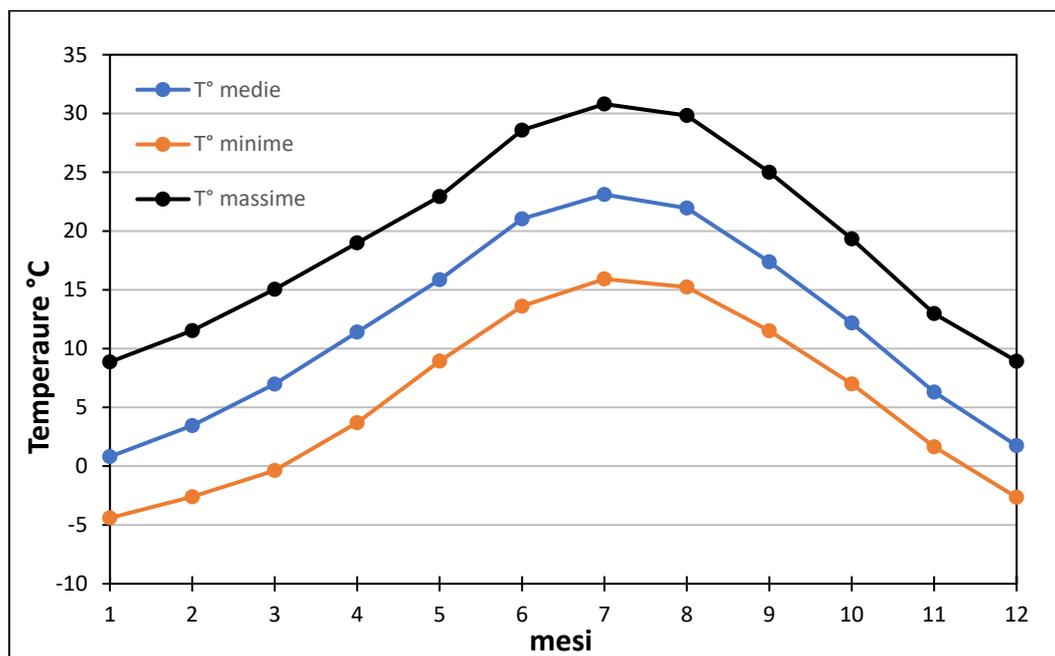


Figura 2 – temperature massime, medie e minime mensili nel periodo 2015-2023

Si rileva una temperatura media annua di 11,9°C, con gennaio come mese più freddo (media 0,8°C, minima -4,4°C) e luglio come mese più caldo (media 23,1°C, massima 30,8°C); l’escursione termica (differenza tra la temperatura media del mese più caldo e la temperatura media del mese più freddo) è di 22,3°C.

L’andamento annuale delle temperature definisce una cuspidale leggermente asimmetrica con tutti i valori massimi centrati su mese di luglio.

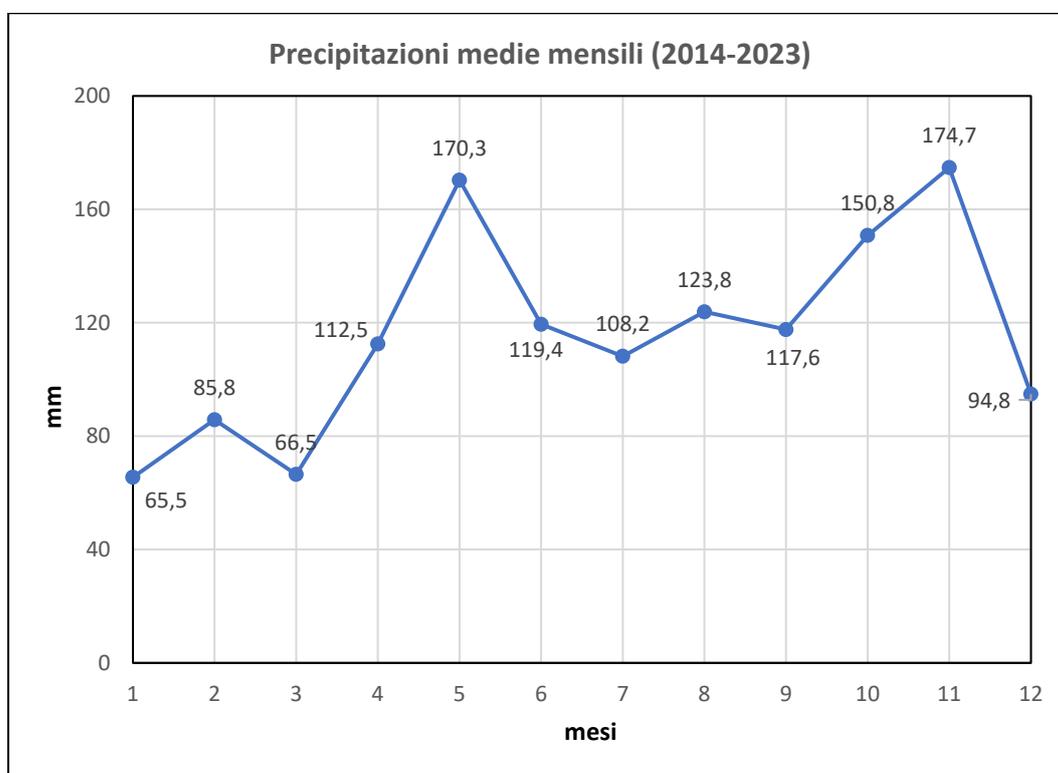
### **Precipitazioni**

Di seguito vengono presentati i dati delle precipitazioni nel periodo 2013-2023, sia in forma tabellare (precipitazioni medie mensili e totali annuali) sia in forma di grafico (precipitazioni medie mensili – figura 3).

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	media mese
<b>gen</b>		225,2	102	23,4	12,6	81,2	11	8,6	156,6	9,4	24,8	<b>65,48</b>
<b>feb</b>		251,6	164,8	198,6	84,4	21	39	3,2	71,2	17,0	7,0	<b>85,78</b>
<b>mar</b>		96,6	44,8	100,4	85,4	152	41,6	93,4	3,2	8,6	38,8	<b>66,48</b>
<b>apr</b>	222,6	149,4	129	32	81,2	141,2	175,4	65,8	76,2	67,8	96,8	<b>112,49</b>
<b>mag</b>	222,6	71,6	175,4	268	116,4	227,2	146,8	153,2	132,8	75,6	283,6	<b>170,29</b>

<b>giu</b>	85,4	134	137,6	159,8	182,2	69,4	73,8	235,8	54,2	29,2	152,4	<b>119,44</b>
<b>lug</b>	33,4	289,6	64,6	90	54,8	163,8	61,4	69	187,2	33,6	142,4	<b>108,16</b>
<b>ago</b>	89,8	355,8	104,4	171	44,8	166	112,6	70,8	76,8	19,6	150,6	<b>123,84</b>
<b>set</b>	116,4	90	146,6	83,2	129,8	24,6	51,2	148,2	202,8	111,4	189,4	<b>117,60</b>
<b>ott</b>	181,2	77,8	235	132,6	1,8	231,4	181,6	236,4	117	112,8	151,2	<b>150,80</b>
<b>nov</b>	124	569,6	3,0	242,6	108,2	172,6	389,6	8,6	118,8	86,8	98,4	<b>174,75</b>
<b>dic</b>	296,8	85,4	3,6	13,2	111,2	12,4	206,8	135,4	23	97,6		<b>98,54</b>
<b>totale anno</b>		<b>2396,6</b>	<b>1310,8</b>	<b>1514,8</b>	<b>1012,8</b>	<b>1462,8</b>	<b>1490,8</b>	<b>1228,4</b>	<b>1219,8</b>	<b>669,4</b>	<b>media anno</b>	<b>1369,4</b>

*Precipitazioni medie mensili e annuali nel periodo (2013-2023) presso la stazione di Varano Borghi*



*Figura 3 - Precipitazioni medie mensili nel periodo 2013-2023*

Nel periodo considerato le precipitazioni annuali si aggirano attorno a 1370 mm/anno, con due significative anomalie rispetto all'andamento medio. Nel 2014 si è registrata una precipitazione di quasi 2400 mm/anno (+75% sulla media) mentre il 2022 ha registrato un minimo di circa 670 mm/anno (-51% sulla media), configurandosi come uno dei periodi più siccitosi dell'ultimo ventennio.

I valori massimi si registrano in primavera (maggio) e autunno (novembre) con valori simili, rispettivamente di 170,3 mm e 174,7 mm, mentre i minimi si hanno in estate (luglio: 108,2 mm) ma soprattutto in inverno (gennaio: 65,5 mm).

### ***Evapotraspirazione***

L'evapotraspirazione è la stima della quantità d'acqua che ritorna in atmosfera sotto forma di vapore per effetto congiunto dei processi fisici e vegetazionali.

L'evapotraspirazione è stata ricavata con il metodo di Thornthwaite che oltre ad avere un discreto riscontro con le misure dirette del fenomeno presenta anche facilità di calcolo.

La formula è la seguente:

$$ET_0 \text{ (mm mese}^{-1}\text{)} = 16 \times \left( \frac{10 \times T}{I} \right)^a \times l$$

$T$  = temperatura media mensile in °C;

$I$  = Indice annuo di Calore, sommatoria di 12 indici mensili ( $i$ ) correlati alla temperatura da

$$I = \sum (T/5)^{1,514}$$

$a$  = coefficiente dato da

$$a = 675.10^{-9} * I^3 - 771.10^{-7} * I^2 + 1792.10^{-5} * I + 0,493$$

$l$  = fattore di correzione che tiene conto della insolazione reale, il cui valore dipende dalla latitudine e dal periodo dell'anno. Per le latitudini del nord-italia si possono utilizzare i seguenti valori mensili:

gennaio	0,81	febbraio	0,82
marzo	1,02	aprile	1,12
maggio	1,26	giugno	1,28
luglio	1,3	agosto	1,2
settembre	1,04	ottobre	0,95
novembre	0,81	dicembre	0,77

Utilizzando la formula di Thornthwaite con riferimento alle temperature dell'ultimo decennio, i valori di evapotraspirazione potenziale risultano:

<b>mese</b>	<b>evapotraspirazione potenziale (mm)</b>
gennaio	1,15
febbraio	7,69
marzo	24,04
aprile	50,18
maggio	86,96
giugno	127,95
luglio	146,93
agosto	126,83
settembre	80,94
ottobre	46,39
novembre	16,70
dicembre	2,96
<b>Totale</b>	<b>718,72</b>

L'evapotraspirazione annua stimata nel periodo 2013 - 2023 ammonta a 718,72 mm, pari a circa il 54% della precipitazione media annua dello stesso periodo.

Sempre in relazione all'andamento delle precipitazioni nell'ultimo decennio, il confronto tra i loro valori medi mensili delle precipitazioni e quelli dell'evapotraspirazione potenziale evidenzia un deficit idrico nei mesi estivi, poco marcato in giugno e agosto, più accentuato in luglio.

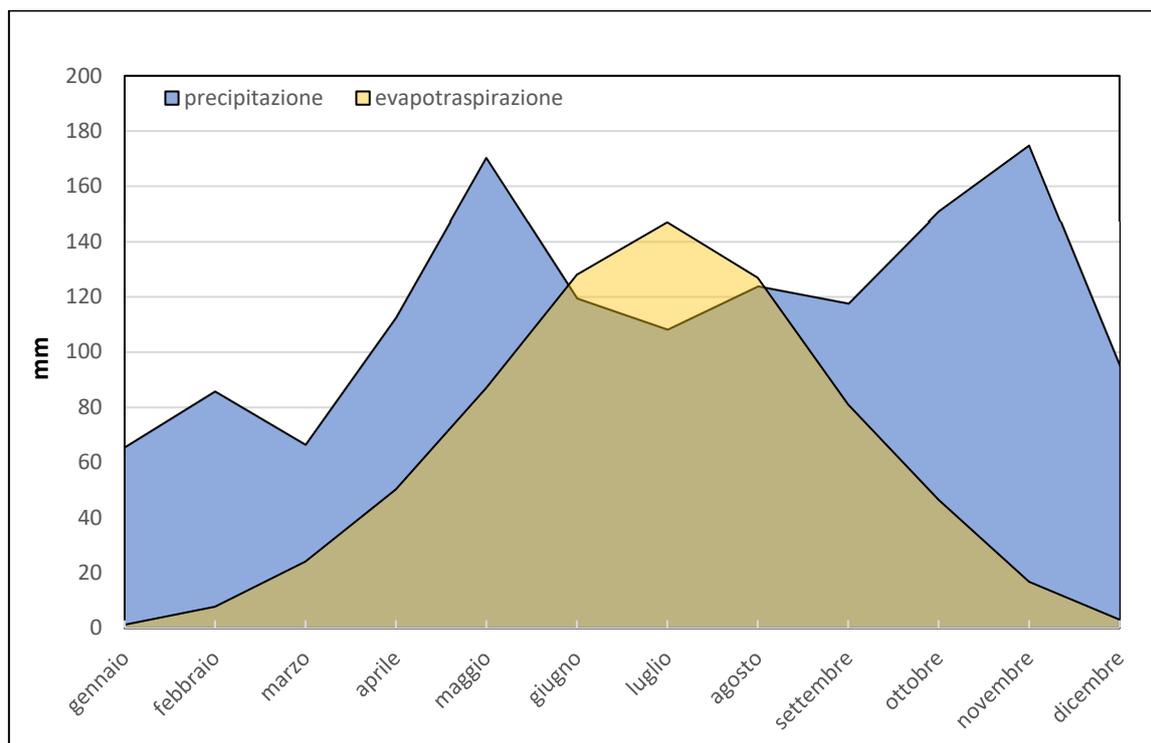


Figura 4 – confronto tra precipitazioni medie ed evapotraspirazione nel periodo 2013 - 2023

Complessivamente i dati misurati definiscono un clima le cui caratteristiche possono essere così riassunte:

- inverni moderatamente rigidi, con nebbie frequenti ed elevata umidità;
- estati calde con precipitazioni frequentemente a carattere temporalesco;
- piogge generalmente concentrate in primavera ed autunno e con minimi accentuati nella stagione invernale, con potenziale deficit idrico nei mesi estivi, in particolare modo a luglio;
- escursione media annua intorno a 22° C.

### 7.3 CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

L'elaborazione dei dati pluviometrici delle piogge di breve durata e notevole intensità, effettuata mediante l'applicazione di metodologie statistiche, consente l'individuazione della relazione esistente tra le massime altezze di precipitazione, la loro durata e la loro frequenza con la quale tali altezze possono verificarsi.

È possibile determinare, per ogni durata di precipitazione considerata, l'equazione di una curva che correla l'altezza della precipitazione (in mm) con la frequenza con cui questa altezza si verifica (in anni).

Tale relazione è definita da una funzione che in letteratura prende il nome di "**curva di possibilità pluviometrica**" (o curva di possibilità climatica); tale curva, una volta fissato il tempo di ritorno dell'evento meteorico, esprime quindi il legame tra la durata e l'altezza di una precipitazione.

La seguente figura 5 rappresenta le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica relative al territorio di Cadrezzate con Osmate ricavate dai dati ARPA sul sito <http://iris.arpalombardia.it/>.

Dato il carattere indicativo dell'informazione, i parametri sono derivati da un'unica cella, ubicata in posizione baricentrica rispetto al territorio comunale.

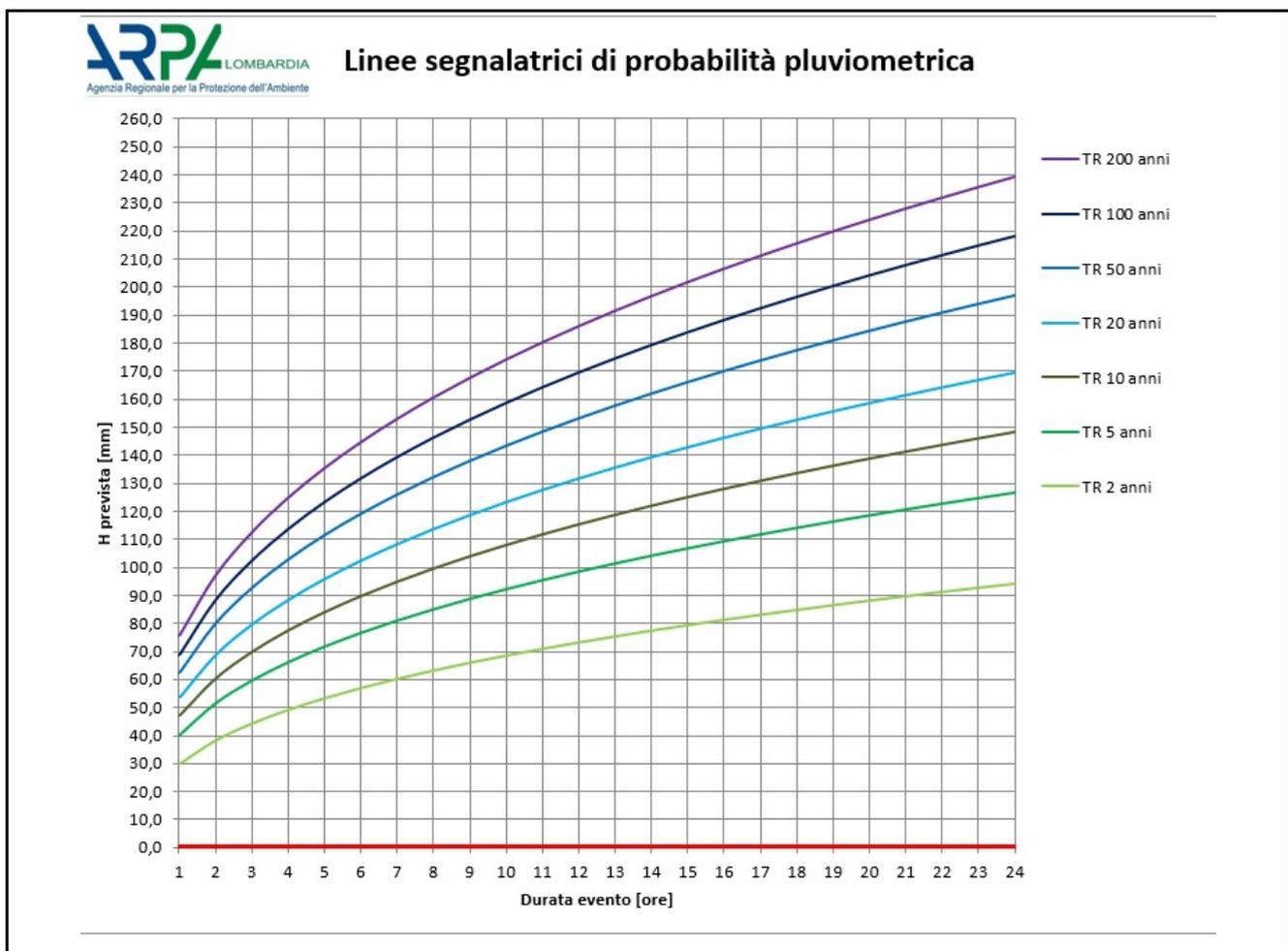


Figura 5 – Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica relative al territorio di Cadrezzate con Osmate

#### 7.4 **FABBISOGNO IDRICO**

Il fabbisogno idrico è rappresentato dalla somma dei consumi idrici (espressi in l/s) per uso civile (domestico e pubblico), industriale e agricolo, cui vanno sommate le perdite attraverso la rete.

1) L'alimentazione idrica ad uso idropotabile del comune di Cadrezzate con Osmate viene garantita dall'acquedotto provinciale di Barza e dalla captazione della sorgente Fontanazza in Osmate.

Nella tabella seguente vengono illustrati i quantitativi di acqua attinti nel periodo 2020-2022 (dati forniti da Alfa, gestore dei servizi acquedottistici), con indicazione della portata media annuale (in l/s).

	2020	2021	2022
	mc	mc	mc
acquedotto provinciale Barza	193.996	307.339	349.738
sorgente Fontanazza	46.092	46.092	46.092
<b>Totale</b>	<b>240.088</b>	<b>353.431</b>	<b>395.830</b>
<b>Portata media</b>	<b>7,61 l/s</b>	<b>11,11 l/s</b>	<b>12,55 l/s</b>

*Volumi acqua ad uso idropotabile immessi nella rete acquedottistica (periodo 2000 – 2022)*

La **popolazione residente** nel comune di Cadrezzate con Osmate consiste nel seguente numero di abitanti:

2020	2021	2022
2.638	2.651	2.665

La **popolazione fluttuante giornaliera**, o non stanziale, si suddivide in:

- *sistemica*: pendolari per motivi di lavoro o di studio. Questa popolazione è presente abitualmente nei giorni feriali della settimana (in media 250 giorni all'anno);
- *occasionale*: popolazione che si reca saltuariamente nel centro abitato per affari (es. fiere, mercati), acquisti, disbrigo pratiche, ecc.

Dal momento che il comune di Cadrezzate con Osmate non presenta attrattori particolari a livello di servizi o attrezzature, questa popolazione può essere trascurata poiché il flusso giornaliero

diretto dall'esterno verso il centro abitato e quello che da questo va verso l'esterno del nucleo urbano tendono a bilanciarsi.

Nel caso di Cadrezzate con Osmate può assumere invece rilevanza l'aumento di popolazione stagionale, legato a vacanze non stanziali nei mesi estivi, dato tuttavia al momento non quantificabile.

Si assume pertanto una popolazione residente al 2023 di **2665** persone, con una previsione di aumento della popolazione insediabile di **508-606** unità, nel periodo di previsione del PGT. Assumendo la condizione di aumento maggiore, risulta un carico di insediamento di **3271** persone a fine periodo.

### Consumi residenziali recenti e futuri

I consumi possono essere valutati sugli ultimi anni (2020÷2022) con i dati forniti dal gestore Alfa.

	2020	2021	2022
immesso (mc)	240.088	353.431	395.830
fatturato (mc)	155.096	179.804	184.909
popolazione	2638	2651	2665
disponibilità reale (l/g/ab)	161,1	185,8	190,1
disponibilità teorica (l/g/ab)	249,3	365,3	406,9

media disponibilità reale (l/g/ab)	<b>179,0</b>
media disponibilità teorica (l/g/ab)	<b>340,5</b>

I consumi futuri possono essere stimati assumendo:

- le previsioni di PGT per l'incremento di popolazione;
- disponibilità pro capite pari alla media del periodo 2020-2022 (ipotesi 1 nella tabella sottostante o a quella registrata nel 2022 (ipotesi 2);
- immesso in rete pari alla media del periodo 2020-2022.

anno	popolazione	immesso annuo (mc)	consumo annuo (mc)	disponibilità pro capite (l/g/ab)	disponibilità teorica pro capite (l/g/ab)
anno 2022	2665	395.830	184.909	190,1	340,5
anno 2028 (1)	3271	329,783	213.708	179,0	
anno 2028 (2)			226.956	190,1	

disponibilità idrica pro capite	eccedenza idrica		
	190,1 l/g/ab	mc anno	<b>102.827</b>
		l/g/ab	<b>86,13</b>
		l/s annui	<b>3,26</b>

Sotto le ipotesi espresse, il fabbisogno idrico del comune di Cadrezzate con Osmate non solo è pienamente soddisfatto in relazione alla pressione insediativa indicata nelle previsioni di PGT, ma si registra una elevata eccedenza idrica anche considerando i consumi pro capite più elevati registrati negli ultimi anni (190,1 l/s): circa **103.000 mc anno**, corrispondete a **86 l/g/ab** o a una portata media annua di **3,26 l/s**.

### Consumi per attività produttive

Nel territorio comunale sono attive 59 industrie (dati 2016), nessuna delle quali dispone di pozzi propri. Sono presenti solo 3 pozzi privati di modesta profondità (10-20 m) perforati nella successione glacigenica e perciò in grado di emungere portate modeste, che non incidono sulla valutazione del fabbisogno idrico.

Si può ritenere che il fabbisogno industriale sia coperto e quindi incluso nei dati della distribuzione acquedottistica.

Per quanto riguarda l'incremento dei consumi idrici legato ai consumi produttivi, il PGT prevede un incremento di superficie coperta per le attività produttive pari a 18.000 mq (1,8 ha).

Per gli usi industriali la Regione Lombardia stabilisce che i fabbisogni non siano superiori ai 36 mc/giorno per ettaro di area industriale.

Pertanto, considerando le previsioni di PGT, l'aumento massimo di fabbisogno legato ai consumi industriali sarà di **64,8 mc/g**. Considerando 6 giorni lavorativi a settimana, il fabbisogno è stimabile in **20.273 mc anno (0,64 l/s)**, ampiamente al di sotto del surplus idrico previsto.

## Stima delle perdite di rete

I volumi effettivamente erogati all'utenza sono sempre, in misura maggiore o minore, inferiori a quelli immessi nel sistema acquedottistico.

Questo dipende in primo luogo da perdite fisiche per difetti della rete di distribuzione, (lesioni ai tubi, giunzioni difettose etc.), ma anche a inefficienze di gestione e di controllo (es. allacciamenti abusivi).

Le perdite fisiche sono sostanzialmente impossibili da eliminare completamente, al punto che vengono considerate fisiologiche perdite fisiche entro il 10% del volume immesso in rete.

Una stima delle perdite di rete può essere valutata come differenza tra i prelievi (immissione in rete) e i consumi idrici fatturati, anche se bisogna tenere conto che il volume di acqua fatturata può comprendere volumi fatturati in via convenzionale e forfettaria non rispondenti ad effettive misure e differire pertanto dal volume di acqua fornito effettivamente all'utenza.

In base ai dati forniti dal gestore Alfa si ha la seguente situazione, relativamente al periodo più recente (2020÷2022).

	2020	2021	2022
immesso	240.088	353.431	395.830
fatturato	155.096	179.804	184.909
perdite mc anno	<b>84.992</b>	<b>173.628</b>	<b>210.921</b>
perdite anno (%)	<b>35</b>	<b>49</b>	<b>53</b>

Da questi dati si osserva come negli ultimi anni le perdite siano aumentate considerevolmente (dal 35% al 53%), di pari passo con l'aumento dell'acqua immessa in rete.

## 7.5 SITI IN BONIFICA

L'Anagrafe regionale dei siti da bonificare (AGISCO – Anagrafe e Gestione Integrata dei Siti Contaminati) aggiornata al 31/12/2022 non riporta alcun riferimento al comune di Cadrezzate con Osmate.

Tuttavia, in base a informazioni ricevute dall'Ufficio Tecnico comunale, nell'ambito del territorio comunale è attivo un procedimento di bonifica che interessa la ditta "Gamma Chimica Varese s.r.l."

Si tratta di una ditta specializzata in produzione e commercio di colori, vernici e smalti, ubicata in via Roma 52 a Osmate, posta in liquidazione e concordato preventivo dal 2012.

Le criticità consistono nella presenza di:

- 1) due serbatoi di miscelazione facenti parte del ciclo produttivo;
- 2) una vasca di raccolta delle acque di dilavamento dei piazzali pavimentati e delle aree di accesso e di manovra con relativo serbatoio di separazione delle acque di prima pioggia;
- 3) un serbatoio interrato contenente combustibile liquido la cui natura è da verificare

La cronologia dei tentati interventi di bonifica è la seguente:

- in data 8/10/2014 viene convocata una Conferenza di Servizi ai sensi del D.Lgs. n. 152/2006 e ss.mm.ii., per valutare la proposta di d'indagine ambientale preliminare avanzata dalla società.

- In seguito all'approvazione da parte degli enti preposti di detta proposta di indagine, la ditta Gamma Chimica ha avviato le procedure per bonificare l'intera area abbandonata per cessata attività, al fine di una sua riconversione d'uso civile.

- In data 4/01/2016 viene avanzata dal comune, in qualità di Autorità Procedente, richiesta di relazione sullo stato di attuazione dell'indagine preliminare per la bonifica del sito.

- In data 12/12/2016 il comune sollecita la ditta alla rimozione di tutte le cisterne esistenti, in modo da poter proseguire le attività di sgombero dell'area dello stabilimento.

- In data 12/02/2018 viene reiterata la richiesta dello stato di avanzamento delle indagini ambientali per la bonifica del sito.

## 8. ANALISI GEOLOGICO-TECNICA

La caratterizzazione geologico–tecnica proposta nel presente studio deve venire intesa come una definizione preliminare ed indicativa delle proprietà geotecniche dei terreni in relazione ad interventi di modificazione dell’area ai fini costruttivi.

Pertanto le indicazioni riportate nel capitolo e nel relativo Allegato 4 (Carta di inquadramento geologico-tecnico alla scala 1:5.000) hanno un carattere puramente di inquadramento generale e preliminare e non andranno assolutamente considerate come esaustive e sufficienti ed in nessun caso sostitutive di quanto prescritto dal D.M. 17 gennaio 2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni” (G. U. n. 42 del 20 febbraio 2018) per la pianificazione attuativa e la progettazione esecutiva le quali dovranno essere supportate, qualora previsto dalle norme geologiche di piano, da una campagna di indagini geognostiche ad hoc per produrre specifici calcoli geotecnici di dimensionamento eventualmente accompagnata da verifica di stabilità in corrispondenza delle aree di versante.

### 8.1 DESCRIZIONE DELLE UNITÀ GEOLOGICO – TECNICHE

I raggruppamenti effettuati nell’ambito del presente studio sono da considerarsi come indicativi di comportamenti generali che andranno di volta in volta verificati in funzione delle problematiche incontrate in sede di indagini di dettaglio ai sensi del D.M. 14 gennaio 2018 “*Nuove norme tecniche per le costruzioni*”.

Utilizzando i criteri descritti al paragrafo precedente è stato possibile suddividere il territorio comunale nelle seguenti unità a caratteristiche geologico-tecniche relativamente omogenee:

#### ***Unità geotecnica A***

*Litologia:* conglomerati, arenarie e siltiti, con matrice localmente alterata (Gonfolite).

*Morfologia:* roccia affiorante/subaffiorante su versanti con acclività da moderata a elevata (pendenza massima circa 40°) e in corrispondenza di alti lito-strutturali.

*Caratteri geologico-tecnici:* ammassi rocciosi da bene (porzione inferiore arenacea) a grossolanamente stratificati (porzione conglomeratica), con immersione delle giaciture verso il quadrante SW ad angoli medio-bassi (20°-40°). Grado di fratturazione basso/moderato. Circolazione idrica modesta per permeabilità secondaria da fratturazione.

### ***Unità geotecnica B***

*Litologia:* limi sabbiosi o sabbie limose a contenuto clastico variabile (fino al 30% circa), massivi e disorganizzati, talora moderatamente sovraconsolidati (depositi glaciali dell'Allogruppo di Besnate); limi sabbiosi e sabbie limose, a basso contenuto clastico, massive, con possibile presenza di livelli debolmente sovraconsolidati; sabbie ghiaiose (depositi di contatto glaciale dell'Allogruppo di Besnate).

*Morfologia:* dossi e alti isolati, medio versante terrazzato del Monte Pelada.

*Caratteri geologico-tecnici:* terreni a prevalente comportamento granulare, da mediamente a molto addensati, di discreta qualità geotecnica. Possibile presenza di falde sospese.

### ***Unità geotecnica C***

*Litologia:* ghiaie stratificate a supporto clastico e di matrice sabbiosa; sabbie stratificate (depositi fluvioglaciali dell'Allogruppo di Besnate).

*Morfologia:* aree subpianeggianti terrazzate del versante ovest del monte Pelada, nella fascia altimetrica 300-330 m slm.

*Caratteri geologico-tecnici:* terreni prevalentemente granulari, massivi e spesso eterogenei, da mediamente a molto addensati, di buona qualità geotecnica.

### ***Unità geotecnica D:***

*Litologia:* limi sabbiosi con clasti, talora sovraconsolidati (depositi glaciali dell'Alloformazione di Cantù); sabbie e limi sabbiosi a contenuto clastico basso o assente (depositi fluvioglaciali dell'Alloformazione di Cantù).

*Morfologia:* aree a blanda ondulazione del pianalto di Cadrezzate, con dossi e alti topografici (glaciali?).

*Caratteri geologico-tecnici:* terreni a prevalente comportamento granulare in genere da moderatamente a ben addensati; possibile presenza di terreni coesivi.

### ***Unità geotecnica E***

*Litologia:* sabbie limose e limi sabbiosi da massive a laminate, a contenuto clastico basso o assente, normalconsolidate, con possibili livelli sovraconsolidati (depositi fluvioglaciali e di contatto glaciale dell'Unità di Cantù).

*Morfologia:* aree subpianeggianti o a bassa pendenza del pianalto di Cadrezzate e delle basse pendici del Monte Pelada, al di sotto di quota 300 m slm.

*Caratteri geologico-tecnici:* terreni a comportamento granulare privi da poco a molto addensati, di discreta qualità geotecnica

### ***Unità geotecnica F***

*Litologia:* sabbie, limi sabbiosi e subordinati limi con rara torba; livelli a basso contenuto clastico.

*Morfologia:* aree pianeggianti depresse (piana a Est di Barza; Le Paludi).

*Caratteri geologico-tecnici:* terreni a prevalente comportamento granulare, localmente coesivo, di qualità geotecnica mediocre; saturi a bassa profondità per falda a bassissima soggiacenza; problemi di ristagno idrico superficiale.

### ***Unità geotecnica G***

*Litologia:* sabbie a contenuto variabile di limo, da massive a laminate, comunemente prive di clasti, da stratificate a massive, normalconsolidate.

*Morfologia:* aree subpianeggianti, localmente terrazzate della piana basale e dell'incisione postglaciale del Torrente Acquanegra.

*Caratteri geologico-tecnici:* terreni a comportamento granulare in prevalenza sciolti o poco addensati, di qualità geotecnica mediocre, con falda a bassa soggiacenza.

### ***Unità geotecnica H***

*Litologia:* sabbie limose e limi sabbiosi a clasti sparsi.

*Morfologia:* area a pendenza bassa/molto bassa, di raccordo alle piane basali.

*Caratteri geologico-tecnici:* terreni a comportamento granulare da sciolti a poco addensati, di mediocre qualità geotecnica.

### ***Unità geotecnica I***

*Litologia:* sabbie limose, limi sabbiosi, sabbie e ghiaie; intercalazioni di limi argillosi.

*Morfologia:* aree a bassissima pendenza ai bordi del lago di Monate.

*Caratteri geologico-tecnici:* terreni granulari da sciolti a poco addensati e terreni coesivi poco consistenti, di scadente qualità geotecnica, in aree di potenziale esondazione lacustre.

## **8.2 SUSCETTIVITÀ ALLA GENERAZIONE DI FENOMENI FRANOSI**

Dalla semplice analisi clivometrica si evidenzia come la quasi totalità del territorio comunale abbia pendenze inferiori a 12°-15°, ritenute le soglie minime per l'innescio di dissesti in terreni sciolti.

Le aree con pendenze superiori si concentrano: nell'intorno di Monte Pelada, in particolare sul versante nord e in maniera più discontinua su quello ovest; sui fianchi degli alti topografici che emergono dalle aree a bassa acclività, tra cui si segnalano quelli di Montecalvo e Montelungo; sul versante di raccordo alle piane basali in prossimità del limite nord del comune e lungo la linea di costa.

Dal punto di vista metodologico, la zonazione della pericolosità si ricava dall'analisi clivometrica, che suddivide il territorio comunale in classi di pendenza. Dall'intersezione di queste classi con le unità litotecniche si ricavano aree omogenee, sulle quali si effettua un'analisi di stabilità basata su un modello in cui la componente destabilizzante della gravità è bilanciata dalle componenti stabilizzanti di angolo di attrito e coesione su un piano inclinato, infinitamente esteso, parallelo alla superficie del versante.

La mappatura dell'indice di stabilità è stata ottenuta con il codice di calcolo SINMAP, acronimo di *Stability INDEX MAPping* (Pack, D.G. Tarboton e C.N. Goodwin – 1998), che si basa sul modello di stabilità di un pendio infinito che bilancia la componente destabilizzante della gravità con le componenti stabilizzanti di angolo di attrito e coesione su un piano inclinato, infinitamente esteso, parallelo alla superficie del versante.

Nella trattazione di SINMAP, valida solo per frane superficiali, il fattore di sicurezza FS è dato dalla seguente equazione semplificata:

$$FS = \frac{C_r + C_s + c \cos^2 \theta [\rho_s g (D - D_w) + (\rho_s g - \rho_w g) D_w] \tan \phi}{D \rho_s g \sin \theta \cos \theta}$$

in cui

Cr e Cs sono rispettivamente la coesione delle radici e del terreno;

$\theta$  è l'angolo di inclinazione del pendio;

$\rho_s$  e  $\rho_w$  sono rispettivamente il peso di volume del terreno e dell'acqua;

D è la verticale, rispetto al piano di inclinazione, dello strato di terreno;

Dw è la verticale, rispetto al piano di inclinazione, della tavola d'acqua;

g è la forza di gravità;

$\Phi$  è l'angolo di resistenza al taglio del terreno.

I dati geomeccanici di input (coesione, angolo di resistenza al taglio, peso di volume) vengono ricavati da dati stratigrafici diretti (sondaggi, prove penetrometriche, etc.) o, dove questi non siano disponibili, vengono assegnati su base formazionale.

Viene inoltre utilizzato il parametro T/R (dove T è la trasmissività e R sono le piogge efficaci) che considera le caratteristiche idrogeologiche dell'intera zona di studio.

Per porsi in condizioni di maggiore conservatività sono stati utilizzati valori di T/R tali da corrispondere a situazioni di saturazione dei versanti. Infatti tale parametro moltiplicato per  $\sin(\text{pendenza } ^\circ)$  può essere interpretato come la lunghezza del versante richiesta per sviluppare saturazione (Sinmap User's Manual). L'inversione della relazione, nota lunghezza e pendenza dei versanti, ha permesso di definire i valori di T/R alla saturazione.

Il metodo, valido solo per frane superficiali, determina un valore SI (Stability Index) definito come la probabilità che una zona sia stabile assumendo come uniforme la distribuzione dei parametri considerati; si ricavano perciò alcuni ranges di valori compresi tra 0 (zone più instabili) ed 1 (zone minimamente instabili) che classificano le condizioni di stabilità del versante per ogni cella della griglia che costituisce il DEM:

Condition	Class	Predicted State	Parameter Range
SI > 1.5	1	Stable slope zone	Range cannot model instability
1.5 > SI > 1.25	2	Moderately stable zone	Range cannot model instability
1.25 > SI > 1.0	3	Quasi-stable slope zone	Range cannot model instability
1.0 > SI > 0.5	4	Lower threshold slope zone	Pessimistic half of range required for instability
0.5 > SI > 0.0	5	Upper threshold slope zone	Optimistic half of range required for stability
0.0 > SI	6	Defended slope zone	Range cannot model stability

Per ciascuna delle aree omogenee ricavate dall'intersezione delle unità litologiche omogenee con le classi di acclività il modulo SINMAP effettua il calcolo dell'indice di stabilità dal cui valore si ricava il grado di pericolosità preliminare secondo il seguente schema:

SI	Class	Pericolosità preliminare
SI > 1.5	1	H1
1.5 > SI > 1.25	2	H2
1.25 > SI > 1.0	3	
1.0 > SI > 0.5	4	H3
0.5 > SI > 0.0	5	H4
0.0 > SI	6	H5

Il risultato (Allegato 5) evidenzia che:

- la quasi totalità del territorio ricade in condizioni di prevalente stabilità (classi SI 1-2-3) (pericolosità H1-H2);
- sono assenti aree di classe 6 (pericolosità H5);
- le aree di potenziale instabilità in classe 4 e 5 (pericolosità H3-H4) sono limitate a tratti di versanti di estensione estremamente ridotta degli alti topografici e del versante nord del Monte Pelada.

## **9. ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE-PRIMO LIVELLO**

### **9.1 GENERALITÀ**

La carta della “Zonazione sismica preliminare del territorio comunale–Analisi di primo livello” (Allegato 5) è finalizzata al riconoscimento delle aree potenzialmente soggette ad amplificazione in relazione ad un evento sismico anche remoto.

La risposta ad una sollecitazione dinamica è funzione anche delle particolari condizioni geologiche e geomorfologiche proprie di una determinata zona; le condizioni locali possono quindi influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base caratteristica del settore territoriale in esame producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area e, di conseguenza, negli indirizzi di pianificazione urbanistica e di progettazione degli interventi pianificatori.

Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico 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 della categoria di terreno presente in una determinata area.

In funzione quindi delle caratteristiche del terreno presente, si distinguono due gruppi di effetti locali: quelli di amplificazione sismica locale (o litologici) e quelli dovuti ad instabilità.

### **9.2 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E METODI DI APPROFONDIMENTO**

La Regione Lombardia con D.G.R. 11 luglio 2014 n. 2129 ss.mm.ii. (pubblicata sul B.U.R.L. n. 29, S.O., del 16/7/2014 ed in vigore il 14 ottobre 2014) ha provveduto all'aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni in attuazione della Legge 112/1998, della legge regionale 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d), del D.P.R. 380/2001 e di specifiche O.P.C.M., tra cui la n. 3274/2003, recepita dalla D.G.R. 7 novembre 2003, n.14964.

Ai sensi della nuova classificazione, per il territorio comunale di Cadrezzate con Osmate viene confermata l'appartenenza alla Zona Sismica 4, assegnata ai singoli comuni prima dell'unione, ossia quella con grado di sismicità più basso secondo quanto individuato in figura 6, con valori di

accelerazione al suolo ( $A_gMax$ ) pari a 0,038734 g (ex comune di Cadrezzate) e 0,038476 (ex comune di Osmate) (rif. Allegato A alla DGR 11 luglio 2014 n. X/2129).

In data 30 marzo 2016 la Giunta Regionale ha approvato con D.G.R. n. X/5001 le linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica, ai sensi degli artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della L.R. 33/2015; la nuova zonazione sismica e la L.R. 33/2015 sono entrambe efficaci dal 10 aprile 2016.

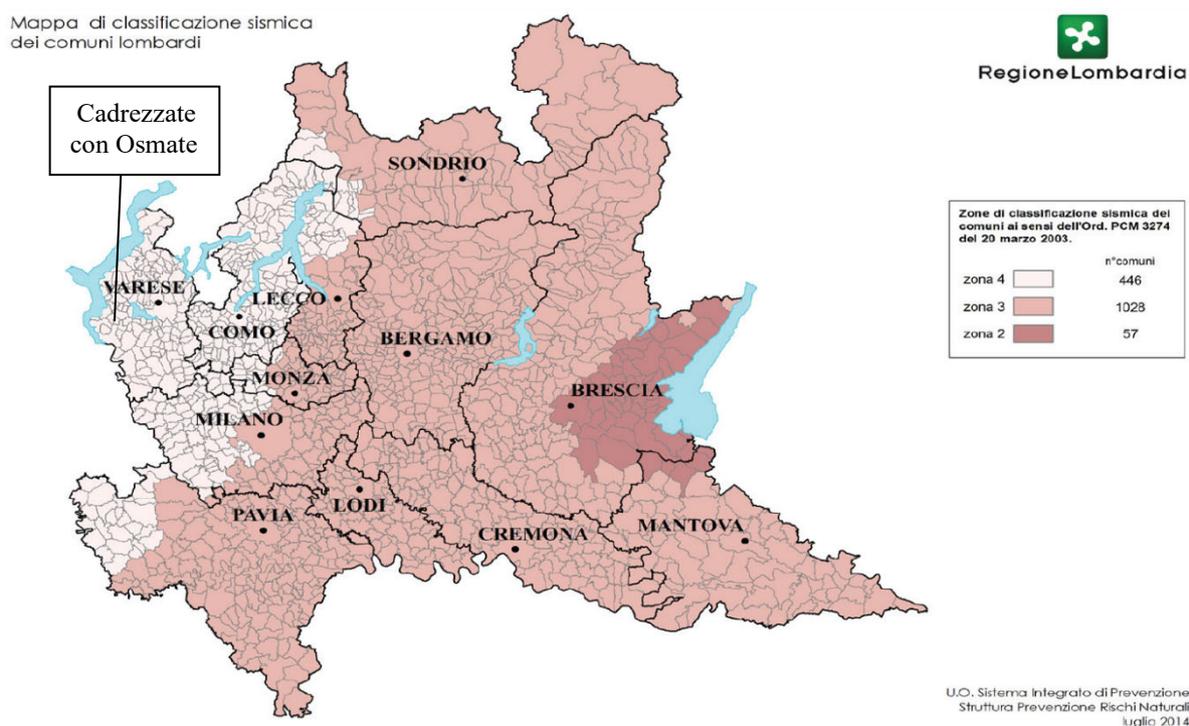


Figura 6 – Classificazione sismica dei comuni della Lombardia in seguito alla D.G.R. 11 luglio 2014 n. X/2129

Tale classificazione costituisce la **pericolosità sismica di base** che deve essere verificata ed approfondita, in base ai criteri dettati dalla L.R. 12/2005, in fase di pianificazione territoriale e geologica.

La metodologia per l'approfondimento e la valutazione dell'amplificazione sismica locale riportata nell'allegato 5 dell'aggiornamento di cui alla DGR n. 2616 del 30 novembre 2011, ai Criteri Attuativi della LR 12/2005 (in adempimento a quanto previsto dal DM 2018 "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" (ora DM 17 gennaio 2018), dall'Ordinanza del presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006, dalla DGR n. X/2129 del 11 luglio 2014 e dal d.d.u.o. n. 7237

del 22 maggio 2019 che aggiorna il d.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2013), prevede 3 livelli di analisi da applicarsi in funzione della zona sismica di appartenenza.

L'elaborazione della carta della pericolosità sismica locale (PSL - allegato 5) è il prodotto del completamento del I° dei tre livelli di approfondimento previsti, obbligatorio per tutti i comuni della Lombardia, ed esteso a tutto il territorio comunale; tale carta costituisce, unitamente alle prescrizioni riportate nell'analisi della Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano, la base fondamentale per gli indirizzi di pianificazione urbanistica identificando per ciascuna zona gli studi richiesti per valutare in dettaglio la risposta delle strutture alle sollecitazioni dinamiche di tipo sismico.

In questo senso, ricadendo il Comune di Cadrezzate con Osmate in Zona 4 ed in base all'allegato 5 dei Criteri attuativi della L.R. 12/05, in fase progettuale gli approfondimenti di II° e III° livello sono obbligatori unicamente per la realizzazione di nuovi edifici strategici e rilevanti e/o ampliamento di quelli esistenti di cui all'elenco in Allegato A al D.Dd.U.O. n. 7237 del 22 maggio 2019; è comunque a discrezione dell'Amministrazione Comunale richiedere l'approfondimento in fase d'istruttoria nei casi che si ritengono opportuni non rientranti nell'elenco.

### **9.3 APPROFONDIMENTO DI I^ LIVELLO-ZONAZIONE SISMICA PRELIMINARE**

Per effettuare una zonazione preliminare del territorio comunale si è proceduto all'*analisi di primo livello* consistente in un approccio di tipo *qualitativo* che individua le zone dove i diversi effetti dell'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili sulla base di osservazioni geologiche, geomorfologiche e geotecniche acquisite durante il rilevamento di terreno.

In base ad esse son state individuate alcune *situazioni tipo* corrispondenti a diversi *scenari di pericolosità sismica* ed effetti di amplificazione prevedibili, secondo la tabella seguente:

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

*Situazioni tipo e scenari di pericolosità sismica locale*

Per il comune di Cadrezzate con Osmate sono stati individuati i seguenti scenari:

<b>DEPOSITI DI COPERTURA POTENZIALMENTE SOGGETTI AD AMPLIFICAZIONI SISMICHE</b>		
<b>SIGLA DELLO SCENARIO</b>	<b>SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</b>	<b>EFFETTI PREVEDIBILI</b>
<b>Z2a</b>	<i>Zone con terreni di fondazione scadenti</i>	Cedimenti
<b>Z4a</b>	<i>Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali granulari e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi</i>	Amplificazioni litologiche
<b>Z4b</b>	<i>Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre</i>	
<b>Z4c</b>	<i>Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loessiche)</i>	

<b>ELEMENTI MORFOLOGICI POTENZIALMENTE SOGGETTI AD AMPLIFICAZIONI SISMICHE</b>		
<b>SIGLA DELLO SCENARIO</b>	<b>SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</b>	<b>EFFETTI PREVEDIBILI</b>
<b>Z3a</b>	<b>Zona di ciglio (<math>H &gt; 10</math> m)</b>	Amplificazioni topografiche
<b>Z3b</b>	<b>Zona di cresta/cocuzzolo</b>	

*Scenari di P.S.L. presenti nel territorio di Cadrezzate con Osmate*

#### **9.4 DESCRIZIONE DEGLI SCENARI**

##### ***Scenario Z1c: zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana***

La categoria include le aree di versante acclive (mediamente tra 25°-45°, con massimi di 70°) impostato su depositi quaternari glaciali o fluvioglaciali, potenzialmente soggetti a fenomeni di crolli.

In caso di evento sismico l'effetto di amplificazione prevedibile è quello di insorgenza di instabilità.

È richiesto l'approfondimento di III<sup>^</sup> livello in fase progettuale.

##### ***Scenario Z2a: zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti***

Questa categoria comprende le aree con scarsa capacità portante dei terreni corrispondenti alle aree lacustro-palustri che bordano il lago di Monate e all'area fluvio-palustre depressa di Le Paludi.

In caso di evento sismico l'effetto di amplificazione prevedibile è quello di insorgenza di cedimenti.

È richiesto l'approfondimento di III<sup>^</sup> livello nel caso di costruzioni di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003 (o per interventi di ampliamento qualora si tratti di edifici già esistenti).

##### ***Scenario Z3a: zona di ciglio con altezza $H > 10$ m***

Sono state considerate scarpate solo quelle situazioni che presentano:

- un pendio con inclinazione maggiore o pari a  $10^\circ$  e un dislivello minimo di 10 m;
- un fronte superiore di estensione paragonabile al dislivello altimetrico massimo (H) o comunque non inferiore ai 15 – 20 m;
- un fronte superiore con inclinazione ( $\beta$ ) inferiore o uguale ad un quinto dell'inclinazione ( $\alpha$ ) del fronte principale (per  $\beta > 1/5$  la situazione considerarsi pendio);
- il dislivello altimetrico minimo (h) minore ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H), nel caso di scarpata in contropendenza (per  $h > 1/3H$  la situazione è da considerarsi una cresta appuntita).

Le porzioni di territorio comprese all'interno di questo scenario riguardano i versanti con orli di scarpata con  $H > 10$  m ed inclinazione media  $> 10^\circ$  con relative aree di possibile influenza.

E' richiesto l'approfondimento di II<sup>^</sup> solo nel caso di costruzioni di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003 (o per interventi di ampliamento qualora si tratti di edifici già esistenti), ed il III<sup>^</sup> livello quando, a seguito dell'applicazione del II<sup>^</sup> livello, la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (fattore di amplificazione  $F_a$  calcolato superiore a  $F_a$  di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano); in alternativa all'approfondimenti di III<sup>^</sup> livello è possibile utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore.

### ***Scenario Z3b – zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo***

Sono state considerate creste solo quelle situazioni che presentano:

- un pendio con inclinazione maggiore o pari a  $10^\circ$ ;
- un dislivello altimetrico minimo (h) maggiore o uguale ad un terzo dal dislivello altimetrico massimo (H).

Sono state individuate come zone di cresta alcune dorsali in area Monte Pelada e l'alto di Montecalvo.

In tali zone sono prevedibili effetti di amplificazione della sollecitazione sismica al suolo conseguenti a fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione tra l'onda incidente e l'onda diffratta.

### ***Scenario Z4a: Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari***

Le porzioni di territorio comunale attribuite a questo scenario corrispondono alle piane basali a Est di Barza e del torrente Acquanegra, caratterizzate da depositi fluvioglaciali granulari (sedimenti sabbioso limosi con subordinati limi e intercalazioni di torba).

In caso di evento sismico l'effetto prevedibile è quello di amplificazioni prevalentemente litologiche.

E' richiesto l'approfondimento di II<sup>^</sup> solo nel caso di costruzioni di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003 (o per interventi di ampliamento qualora si tratti di edifici già esistenti) ed il III<sup>^</sup> livello quando, a seguito dell'applicazione del II<sup>^</sup> livello, la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (fattore di amplificazione  $F_a$  calcolato superiore a  $F_a$  di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano); in alternativa all'approfondimenti di III<sup>^</sup> livello è possibile utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore.

### ***Scenario Z4b: Zona pedemontana***

Individua la ristretta area a bassa acclività coincidente con i talus colluviali e coni/conoidi a depositi granulari situate nella fascia di raccordo tra i versanti e le piane basali. Assume rilevanza areale in corrispondenza della piana del torrente Acquanegra e del settore meridionale della piana di Barza.

In caso di evento sismico è prevedibile l'instaurarsi di amplificazioni legate essenzialmente alla litologia.

Le prescrizioni risultano del tutto analoghe a quelle esposte per lo scenario Z4a.

### ***Scenario Z4c: Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)***

Corrisponde ai rilievi morenici con substrato a debole profondità in corrispondenza del versante ovest del Monte Pelada e dell'alto strutturale sul quale è sito l'abitato di Osmate.

## **Scenario Z4a/Z4c: Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari/Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi**

Lo scenario composito è stato introdotto per rendere conto della situazione del pianalto di Cadrezzate e del basso versante terrazzato del Monte Pelada, strutturati su depositi glacialigenici che includono sedimenti glaciali, fluvio-glaciali e di contatto glaciale a prevalente comportamento granulare, con locale possibile presenza di substrato roccioso a profondità non elevata.

In caso di evento sismico è prevedibile l'instaurarsi di amplificazioni legate essenzialmente alla litologia.

### **9.5 EDIFICI ED OPERE STRATEGICHE**

In questo paragrafo viene proposto per completezza l'elenco tipologico degli edifici strategici e rilevanti di cui al D.d.u.o. 21 novembre 2003 - n. 19904 che, per i Comuni ricadenti in Zona 4 come è il caso di Cadrezzate con Osmate, devono essere sottoposti ai successivi livelli di approfondimento II° e III° in fase progettuale.

*Allegato A al D.d.u.o. 21 novembre 2003 - n. 19904 - Elenco degli edifici e delle opere di competenza regionale art. 2 comma 3 o.p.c.m. n. 3274/03 (... «edifici di interesse strategico e delle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile – edifici e opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso»...)*

## **1. EDIFICI ED OPERE STRATEGICHE**

*Categorie di edifici e di opere infrastrutturali di interesse strategico di competenza regionale, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile*

### EDIFICI

- a) Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione regionale (\*);
- b) Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione provinciale (\*);
- c) Edifici destinati a sedi di Amministrazioni comunali (\*);
- d) Edifici destinati a sedi di Comunità Montane (\*);

- e) Strutture non di competenza statale individuate come sedi di sale operative per la gestione delle emergenze (COM, COC, ecc.);
- f) Centri funzionali di protezione civile;
- g) Edifici ed opere individuate nei piani d'emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza;
- h) Ospedali e strutture sanitarie, anche accreditate, dotati di Pronto Soccorso o dipartimenti di emergenza, urgenza e accettazione;
- i) Sedi Aziende Unità Sanitarie Locali (\*\*);
- j) Centrali operative 118.

## 2. EDIFICI ED OPERE RILEVANTI

*Categorie di edifici e di opere infrastrutturali di competenza regionale che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso*

### EDIFICI

- a) Asili nido e scuole, dalle materne alle superiori;
- b) Strutture ricreative, sportive e culturali, locali di spettacolo e di intrattenimento in genere;
- c) Edifici aperti al culto non rientranti tra quelli di cui all'allegato 1, elenco B, punto 1.3 del decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile, n. 3685 del 21 ottobre 2003;
- d) Strutture sanitarie e/o socio-assistenziali con ospiti non autosufficienti (ospizi, orfanotrofi, ecc.);
- e) Edifici e strutture aperti al pubblico destinate alla erogazione di servizi, adibiti al commercio (\*\*\*) suscettibili di grande affollamento.

(\*) Prioritariamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza.

(\*\*) Limitatamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza.

(\*\*\*) Il centro commerciale viene definito (d.lgs. n. 114/1998) quale una media o una grande struttura di vendita nella quale più esercizi commerciali sono inseriti in una struttura a destinazione specifica e usufruiscono di infrastrutture comuni e spazi di servizio gestiti unitariamente. In merito a questa destinazione specifica si precisa comunque che i centri commerciali possono comprendere anche pubblici esercizi e attività paracommerciali (quali servizi bancari, servizi alle persone, ecc.).

## OPERE INFRASTRUTTURALI

- a) Punti sensibili (ponti, gallerie, tratti stradali, tratti ferroviari) situati lungo strade «strategiche» provinciali e comunali non comprese tra la «grande viabilità» di cui al citato documento del Dipartimento della Protezione Civile nonché quelle considerate «strategiche» nei piani di emergenza provinciali e comunali;
- b) Stazioni di linee ferroviarie a carattere regionale (FNM, metropolitane);
- c) Porti, aeroporti ed eliporti non di competenza statale individuati nei piani di emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza;
- d) Strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica;
- e) Strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di materiali combustibili (oleodotti, gasdotti, ecc.);
- f) Strutture connesse con il funzionamento di acquedotti locali;
- g) Strutture non di competenza statale connesse con i servizi di comunicazione (radio, telefonia fissa e portatile, televisione);
- h) Strutture a carattere industriale, non di competenza statale, di produzione e stoccaggio di prodotti insalubri e/o pericolosi;
- i) Opere di ritenuta di competenza regionale.

## **9.6 INDICAZIONI SULLE MODALITÀ DI APPROFONDIMENTO**

### *9.6.1 IL 2° ED IL 3° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO*

Il 2° livello si applica in fase pianificatoria a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4), relativamente agli edifici di cui al precedente paragrafo (sia di nuova realizzazione, sia in caso di ampliamento se già esistenti).

La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione ( $F_a$ ); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di  $F_a$ .

Il valore di  $F_a$  si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di  $F_a$  sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di  $F_a$  per entrambi gli intervalli di periodo considerati, mentre per gli effetti morfologici solo per l'intervallo 0.1-0.5 s: questa limitazione è causata dall'impiego, per la messa a punto della scheda di valutazione, di codici di calcolo di tipo bidimensionale ad elementi di contorno che sono risultati più sensibili all'influenza del moto di input nell'intervallo di periodo 0.5-1.5 s.

Limitatamente agli scenari individuati nell'ambito del territorio comunale il 3° livello andrà previsto in fase progettuale per scenari qualitativi suscettibili di instabilità (Z1c), cedimenti e/o liquefazioni (Z2), per le aree suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) che sono caratterizzate da un valore di  $F_a$  superiore al valore di soglia corrispondente così come ricavato dall'applicazione del 2° livello.

Il livello 3° si applica anche nel caso in cui si stiano progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti o sociali essenziali.

I risultati delle analisi di 3° livello saranno utilizzati in fase di progettazione al fine di ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità.

#### 9.6.2 PROCEDURA SEMPLIFICATA DI 2° LIVELLO PER AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE: SCENARI Z4A, Z4B, Z4C

Per gli scenari Z4a, Z4b, Z4c relativi a potenziali amplificazioni sismiche legate alla litologia è da prevedere un approfondimento di 2° livello.

La procedura semplificata di 2° livello, basata sull'utilizzo per confronto di n. 5 schede-tipo redatte dalla Regione Lombardia e riportate nell'allegato 5 ai criteri attuativi della L.R. 12/05 – componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T, richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;

- stratigrafia del sito;
- andamento delle  $V_s$  con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico-geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Sulla base di intervalli indicativi di alcuni parametri geotecnici, quali curva granulometrica, parametri indice, numero di colpi della prova SPT, si individua la litologia prevalente presente nel sito e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione di riferimento tra quelle proposte.

Attualmente sono disponibili:

- una scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose;
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-argillose (tipo 1 e tipo 2);
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose (tipo 1 e tipo 2);
- una scheda per le litologie prevalentemente sabbiose.

Una volta individuata la scheda di riferimento è necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori di  $V_s$  con la profondità; in particolare si dovrà verificare l'andamento delle  $V_s$  con la profondità partendo dalla scheda tipo 1, nel caso in cui non fosse verificata la validità per valori di  $V_s$  inferiori ai 600 m/s si passerà all'utilizzo della scheda tipo 2.

Nel caso di presenza di alternanze litologiche, che non presentano inversioni di velocità con la profondità, si potranno utilizzare le schede a disposizione solo se l'andamento dei valori di  $V_s$  con la profondità, nel caso da esaminare, risulta compatibile con le schede proposte.

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della profondità e della velocità  $V_s$  dello strato superficiale, la curva più appropriata (indicata con il numero e il colore di riferimento) per la valutazione del valore di  $F_a$  nell'intervallo 0.1-0.5 s (curva 1, curva 2 e curva 3 e relative formule) e nell'intervallo 0.5-1.5 s (unica curva e relativa formula), in base al valore del periodo proprio del sito T.

Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità  $V_s$  è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

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

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

Il valore di  $F_a$  determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale e dovrà essere utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di  $F_a$  ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato pre-calcolato per ciascun comune e valido per ciascuna zona sismica (zona 2, 3 e 4) e per le diverse categorie di suolo 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 Lombardia è riportato nella banca dati in formato .xls (*soglie\_lomb.xls*) e rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di  $F_a$  con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di +/- 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di  $F_a$  ottenuto dalla procedura semplificata.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di  $F_a$  è inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di  $F_a$  è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia.

La scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di Vs, utilizzati nella procedura di 2° livello deve essere opportunamente motivata e a ciascun parametro utilizzato deve essere assegnato un grado di attendibilità.

### 9.6.3 PROCEDURA SEMPLIFICATA DI 2° LIVELLO PER AMPLIFICAZIONI MORFOLOGICHE: SCENARI Z3A – Z3B

La procedura semplificata di 2° livello per amplificazioni morfologiche relativamente allo scenario Z3a è valida per irregolarità con fronti di altezza (H) uguale o superiore a 10 m ed inclinazione ( $\alpha$ ) del fronte principale uguale o superiore ai 10°.

La litologia costitutiva il rilievo topografico deve avere Vs maggiore o uguale ad 800 m/s; in funzione della tipologia del fronte superiore si distinguono:

- scarpate ideali con fronte superiore orizzontale;
- scarpate con fronte superiore inclinato nello stesso senso del fronte principale;
- scarpate in contropendenza con fronte superiore inclinato nel senso opposto a quello

del fronte principale.

La misura dell'altezza H è da intendersi come distanza verticale dal piede al ciglio del fronte principale, mentre il fronte superiore è da definire come distanza tra il ciglio del fronte principale e la prima evidente irregolarità morfologica.

Sono da considerare scarpate solo quelle situazioni che presentano:

- un fronte superiore di estensione paragonabile al dislivello altimetrico massimo (H) o comunque non inferiore ai 15-20 m;
- l'inclinazione ( $\beta$ ) del fronte superiore inferiore o uguale ad un quinto dell'inclinazione ( $\alpha$ ) del fronte principale, nel caso delle scarpate in pendenza (per  $\beta > 1/5\alpha$  la situazione è da considerarsi pendio);
- il dislivello altimetrico minimo (h) minore ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H), nel caso di scarpate in contropendenza (per  $h \geq 1/3H$  la situazione è da considerarsi una cresta appuntita – cfr. scenario Z3b).

Di seguito (figura 7) si riporta lo schema identificativo e le tipologie delle situazioni di scarpata da prendere in considerazione per lo scenario Z3a:

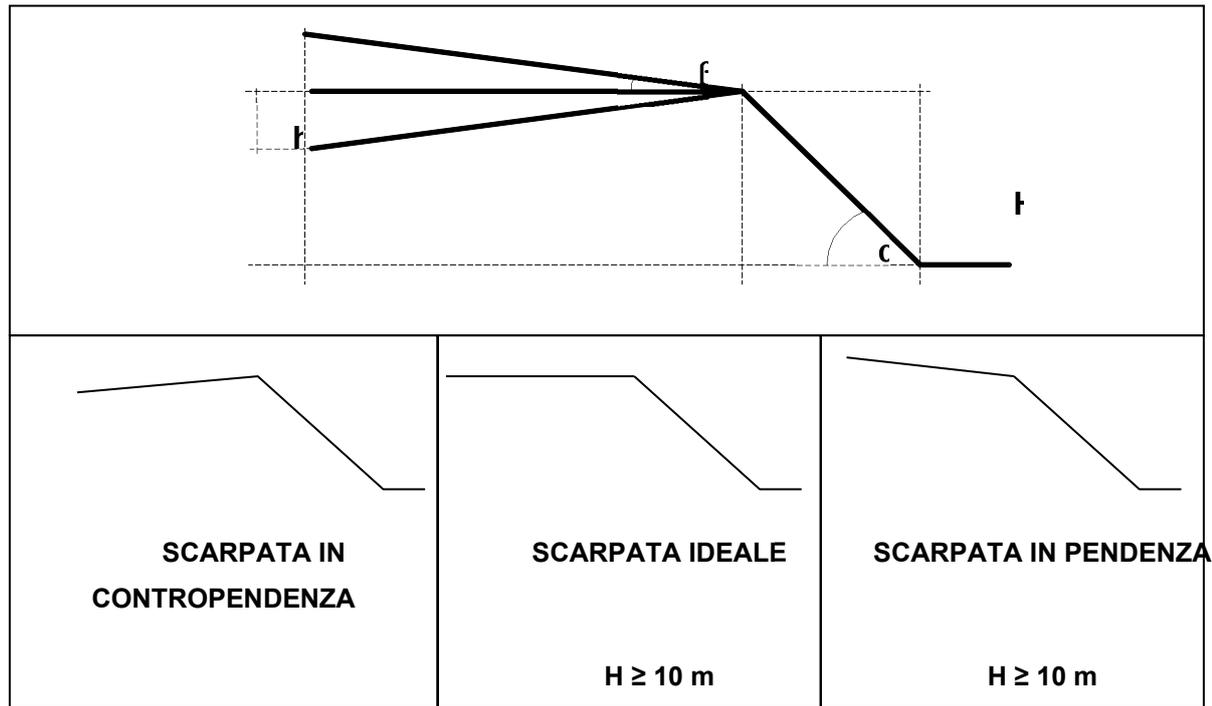


Figura 7 – Schema identificativo e tipologie delle situazioni di scarpata

Sulla base delle diverse situazioni di scarpata esistono in Allegato 5 dei criteri attuativi della L.R. 12/05 (e s.m.i.) modelli caratterizzati da diverse altezze  $H$ , diverse inclinazioni del fronte principale e diversa tipologia del fronte superiore dei quali è stato pre-calcolato l'andamento del valore del Fattore di amplificazione per l'intervallo di periodo compreso tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s lungo il fronte superiore, identificando anche l'area di influenza ( $A_i$ ) dei fenomeni di amplificazione sismica (tabella seguente):

Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $F_a$	Area di influenza
$10\text{ m} \leq H \leq 20\text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20\text{ m} < H \leq 40\text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \sqrt[3]{4} H$
$H > 40\text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

Variazione di  $F_a$  e dell'area di influenza in funzione delle diverse situazioni di scarpata

Anche in questo caso, i valori di  $F_a$  ottenuti con la procedura semplificata descritta dovranno essere utilizzati per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

Per quanto concerne la procedura semplificata per lo scenario di zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo (Z3b) questa è caratterizzata da pendii con inclinazione maggiore o uguale ai  $10^\circ$ ; il rilievo è identificato sulla base di cartografie a scala almeno 1:10.000 e la larghezza alla base è scelta in corrispondenza di evidenti rotture morfologiche: sono da considerare creste solo quelle situazioni che presentano il dislivello altimetrico minimo ( $h$ ) maggiore o uguale ad un terzo del dislivello altimetrico massimo ( $H$ ) (scheda di valutazione). Il materiale costituente il rilievo topografico deve avere  $V_s$  maggiore o uguale ad 800 m/s. Si distinguono due situazioni (figura 8):

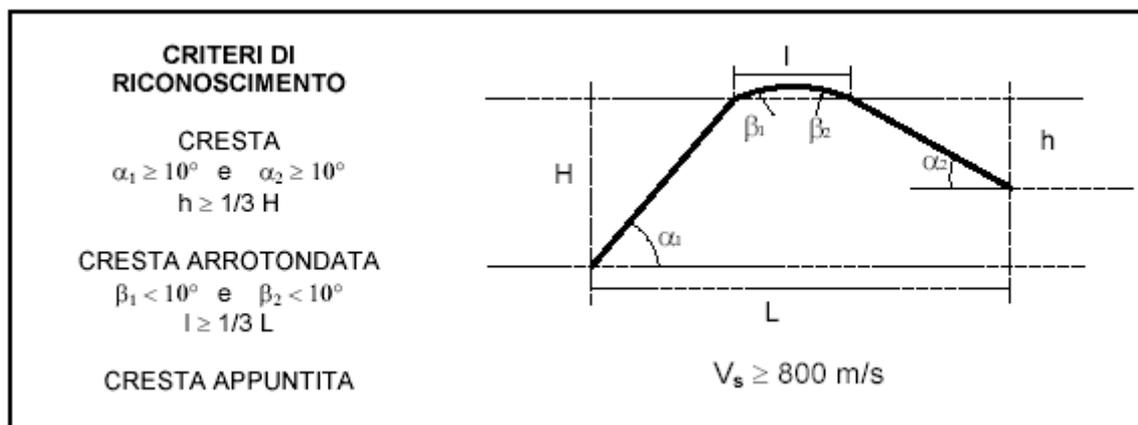


Figura 8 – Effetti morfologici – creste - scenario Z3b

- rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta ( $l$ ) molto inferiore alla larghezza alla base ( $L$ ) (cresta appuntita);
- rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta paragonabile alla larghezza alla base, ovvero pari ad almeno  $1/3$  della larghezza alla base; la zona di cresta è pianeggiante o subpianeggiante con inclinazioni inferiori a  $10^\circ$  (cresta arrotondata).

Per l'utilizzo della scheda di valutazione si richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- larghezza alla base del rilievo  $L$ ;
- larghezza in cresta del rilievo  $l$ ;
- dislivello altimetrico massimo  $H$  e dislivello altimetrico minimo  $h$  dei versanti;
- coefficiente di forma  $H/L$ .

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della tipologia di cresta (appuntita o arrotondata) e della larghezza alla base del rilievo, solo per le creste appuntite, la curva più appropriata per la valutazione del valore di  $F_a$  nell'intervallo 0.1-0.5 s, in base al valore del coefficiente di forma H/L.

Il valore di  $F_a$  determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale ed assegnato all'area corrispondente alla larghezza in cresta  $l$ , mentre lungo i versanti tale valore è scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base di ciascun versante.

I valori di  $F_a$  a così ottenuti dovranno essere utilizzati per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando i valori di  $F_a$  ottenuti dalla scheda di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e valido per ciascuna zona sismica (zone 2, 3 e 4) e per suolo di tipo A ( $V_s > 800$  m/s) e per l'intervallo di periodo 0.1-0.5 s.

Il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia è riportato nella banca dati in formato .xls (*soglie\_lomb.xls*) e rappresenta il valore di soglia, oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di  $F_a$  con la scheda di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di +/- 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di  $F_a$  ottenuto dalla procedura semplificata.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di  $F_a$  è inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;

- il valore di  $F_a$  è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione morfologica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia.

Nel caso di presenza contemporanea di effetti litologici (Z4) e morfologici (Z3) si analizzeranno entrambi i casi e si sceglierà quello più sfavorevole.

#### 9.6.4 PROCEDURA APPROFONDATA DI 3° LIVELLO INSTABILITÀ': SCENARIO ZIC

L'analisi di 3° livello per potenziali effetti di instabilità prevede, a seguito della caratterizzazione ed identificazione dei movimenti franosi, la quantificazione della loro instabilità intesa come la valutazione degli indici di stabilità in condizioni statiche, pseudostatiche e dinamiche attraverso un approccio di tipo puntuale, finalizzato cioè alla quantificazione della instabilità di singoli movimenti franosi.

Le fasi, i dati e le metodologie necessarie per l'effettuazione di queste analisi e valutazioni sono distinte per tipologia di movimenti franosi.

In particolare per i movimenti franosi tipo scivolamenti (rotazionali e traslazionali) cui possono corrispondere quelli presenti nelle aree comprese in questo scenario, le procedure possono essere così schematizzate:

- individuazione delle sezioni geologiche e geomorfologiche che caratterizzano il corpo franoso, le sue geometrie, gli andamenti delle superfici di scivolamento, dei livelli di falda, finalizzati alla ricostruzione di un modello geologico interpretativo del movimento franoso;
- individuazione dei parametri geotecnici necessari all'analisi: il peso di volume ( $\gamma$ ), l'angolo di attrito ( $\Phi$ ) nei suoi valori di picco e residuo e la coesione ( $c$ ) nei suoi valori di picco e residuo (nel caso si adotti il criterio di rottura di Mohr-Coulomb);
- individuazione degli accelerogrammi di input nel caso di analisi dinamiche;
- analisi numeriche: diversi sono i modelli numerici che possono essere utilizzati per il calcolo della stabilità; tali codici, più o meno semplificati (es. metodo dei conci, metodo ad elementi finiti, ecc.), forniscono la risposta in termini di valori del fattore di sicurezza ( $F_s$ ) in condizioni statiche, in termini di valori del coefficiente di accelerazione orizzontale critica ( $K_c$ ) in condizioni pseudostatiche ed in termini di spostamento atteso in condizioni dinamiche. L'applicazione dei diversi modelli dipenderà chiaramente dalle condizioni geologiche del sito in analisi e dal tipo di analisi che si intende effettuare.

I risultati, ottenuti per ogni movimento franoso o per ogni area potenzialmente franosa, forniranno i livelli di pericolosità a cui è sottoposta l'area in esame: in particolare i valori del fattore di sicurezza forniscono indicazioni sulla stabilità dell'area considerando un ben preciso stato del sito di analisi non tenendo in conto la contemporanea variazione di alcuni parametri quali contenuto d'acqua e carichi agenti (pioggia, terremoto, azioni antropiche, ecc); il coefficiente di accelerazione

orizzontale critica fornisce invece la soglia di accelerazione al suolo superata la quale l'area stabile diviene instabile in occasione di un terremoto; infine lo spostamento atteso fornisce indicazioni sull'area di influenza del movimento franoso ed una misura di quanto l'accadimento di un evento sismico può modificare la situazione esistente.

Per quanto riguarda i movimenti tipo crolli e ribaltamenti le analisi che possono essere effettuate sono di tipo statico e pseudostatico.

Le fasi, i dati e le metodologie necessarie per l'effettuazione di queste analisi e valutazioni possono essere così schematizzate:

- inquadramento geologico di un intorno significativo in scala 1:10.000 e esecuzione di sezioni geologiche e topografiche in scala 1:10.000;

- individuazione dei parametri dell'input sismico (quali valore del picco di accelerazione, valore del picco di velocità);

- rilievi geomeccanici per la classificazione degli ammassi rocciosi sorgenti dei distacchi (determinazione delle principali famiglie di discontinuità, prove in sito sugli affioramenti quali martello di Schmidt tipo L, pettine di Barton, spessimetro per apertura giunti ecc., prelievo di campioni per esecuzione di Point Load Test e di prove di scivolamento Tilt Test);

- identificazione dei principali cinematismi di rottura degli ammassi rocciosi su sezioni tipo e, per situazioni particolarmente significative, analisi di stabilità in condizioni statiche e pseudostatiche di singoli blocchi;

- descrizione e rilievo della pista di discesa e della zona di arrivo, rilievo geologico e, ove possibile, statistica dei massi al piede (dimensioni e distribuzione);

- costruzione del modello numerico della/e pista/e di discesa e verifiche di caduta massi con vari metodi e statistiche arrivi.

I risultati, ottenuti per ogni movimento franoso o per ogni area potenzialmente franosa, forniranno livelli di pericolosità a cui è sottoposta l'area in esame, in particolare, vengono individuate le possibili piste di discesa, le relative aree di influenza e la statistica degli arrivi.

#### 9.6.5 PROCEDURA APPROFONDATA DI 3° LIVELLO PER CEDIMENTI E/O LIQUEFAZIONI: SCENARI Z2

L'analisi di 3° livello da applicarsi agli scenari Z2 prevede la valutazione quantitativa delle aree soggette a potenziali fenomeni di cedimenti e liquefazioni in relazione alle condizioni litologiche ed idrogeologiche locali.

Con il termine liquefazione si indica la situazione nella quale in un terreno saturo non coesivo si possono avere deformazioni permanenti significative o l'annullamento degli sforzi efficaci a causa dell'aumento della pressione interstiziale.

Per il calcolo del potenziale di liquefazione si fa riferimento ai risultati di prove in situ, utilizzando procedure note in letteratura.

Anche per il calcolo di possibili cedimenti che possono verificarsi sia in presenza di sabbie sature sia in presenza di sabbie asciutte, si fa riferimento ai risultati di prove in situ, utilizzando procedure note in letteratura.

#### 9.6.6 EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE MORFOLOGICA E LITOLOGICA

L'analisi prevede un approccio di tipo quantitativo e costituisce lo studio di maggior dettaglio, in cui la valutazione della pericolosità sismica locale è effettuata ricorrendo a metodologie che possono essere classificate come strumentali o numeriche.

La metodologia strumentale richiede l'acquisizione di dati strumentali attraverso campagne di registrazione eseguite in sito con l'utilizzo di strumentazioni specifiche, variabili a seconda del parametro di acquisizione scelto (velocimetri ed accelerometri).

Le caratteristiche strumentali, il tipo di acquisizione e la disposizione logistica variano in funzione della complessità geologica dell'area di studio, del metodo di elaborazione scelto e del tipo di risultato a cui si vuole pervenire.

Le registrazioni eseguite in un'area di studio possono riguardare rumore di fondo (microtremore di origine naturale o artificiale) o eventi sismici di magnitudo variabile; i dati acquisiti devono essere opportunamente selezionati (ripuliti da tutti i disturbi presenti) e qualificati tramite informazioni sismologiche dell'area in esame e permettono di definire la direzionalità del segnale sismico e la geometria della zona sismogenetica-sorgente.

Le tracce dei segnali di registrazione devono essere in seguito processate tenendo conto delle diverse condizioni di installazione degli strumenti e delle diverse condizioni di acquisizione dei dati.

Inoltre, nel caso siano utilizzate stazioni equipaggiate con strumentazioni con frequenza propria diversa (caso più frequente) occorre rendere omogenei tra loro i vari segnali attraverso una deconvoluzione per le rispettive risposte spettrali.

L'analisi sperimentale può presentare diversi gradi di approfondimento ed affidabilità, in funzione del tipo di strumentazione impiegata, del tipo di elaborazione del dato di registrazione e, soprattutto, in funzione dell'intervallo di tempo dedicato alle misurazioni in sito.

I metodi di analisi strumentale più diffusi ed utilizzati sono il metodo di Nakamura (1989) e il metodo dei rapporti spettrali (Kanai e Tanaka, 1981).

La metodologia numerica consiste nella modellazione di situazioni reali mediante un'appropriata e dettagliata caratterizzazione geometrica e meccanica del sito e nella valutazione della risposta sismica locale tramite codici di calcolo matematico più o meno sofisticati (modelli monodimensionali 1D, bidimensionali 2D, tridimensionali 3D), basati su opportune semplificazioni e riduzioni del problema, necessarie ma comunque di influenza abbastanza trascurabile sul risultato finale.

I concetti fondamentali su cui si basano i codici di calcolo numerico riguardano la teoria della propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo e la teoria del comportamento non lineare e dissipativo dei terreni in condizioni dinamiche.

La valutazione della risposta sismica deve tener conto non solo delle variazioni di ampiezza massima del moto sismico di riferimento, ma anche dell'effetto di filtraggio esercitato su di esso dal terreno, cioè delle modifiche nel contenuto in frequenza.

L'applicazione della metodologia numerica richiede una caratterizzazione geometrica di dettaglio del sottosuolo, tramite rilievi specifici, una caratterizzazione geofisica e una caratterizzazione meccanica, tramite accurate indagini geologiche e geotecniche, in grado di determinare i parametri geotecnici statici e dinamici specifici su campioni indisturbati o comunque di alta qualità e in condizioni tali per cui vengano simulate il meglio possibile le condizioni di sito del terreno durante i terremoti attesi.

Perciò viene richiesto un programma di indagini geotecniche specifico, i cui risultati saranno da aggiungere a quelli esistenti (1° e 2° livello).

È inoltre necessaria l'individuazione di uno o più input sismici sotto forma di spettri di risposta e/o di accelerogrammi.

Al fine di poter effettuare le analisi di 3° livello la Regione Lombardia ha predisposto due banche dati:

1. **lo-acc** contenente, per ogni comune, diversi accelerogrammi attesi caratterizzati da due periodi di ritorno (475 e 975 anni);

2. **curve\_lomb.xls** contenente i valori del modulo di taglio normalizzato ( $G/G_0$ ) e del rapporto di smorzamento ( $D$ ) in funzione della deformazione ( $\gamma$ ).

## PARTE II – FASE DI SINTESI/VALUTAZIONE

### 10. CARTA DEI VINCOLI

In ottemperanza alle disposizioni della normativa vigente sulla carta dei vincoli (Allegato 6), redatta su tutto il territorio alla scala 1:5.000, sono state perimetrate le principali limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore:

- vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della l. 183/89 (PAI) e del D.Lgs. 49/2010 (PGRA)
- vincoli di polizia idraulica;
- aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile.

#### **10.1 VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO AI SENSI DELLA L. 183/1989 (PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO – PAI)**

Si tratta dei vincoli legati al quadro dei dissesti e del rischio idraulico individuati nell'Allegato 4 all'Elaborato n. 2 “Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici – Inventario dei centri abitati montani esposti a pericolo” del PAI originario e *ss.mm.ii.*

Nell'ambito del territorio comunale è stato perimetrato il seguente elemento:

*Esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio*

- aree coinvolgibili da fenomeni con pericolosità molto elevata (Ee);

Le aree sono perimetrate conformemente a quanto determinato nei precedenti studi di supporto al PGT dei due ex comuni e recepite parzialmente nel PAI vigente.

Per l'elenco delle attività vietate e consentite all'interno delle aree PAI si rimanda alle “Norme Geologiche di Piano”.

## **10.2 VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO AI SENSI DEL D.LGS. 49/2010 (PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI)**

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) è lo strumento operativo previsto dalla legge italiana per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali (d.lgs. n. 49 del 2010), in attuazione della Direttiva Europea 2007/60/CE, ("Direttiva Alluvioni"). Il PGRA viene predisposto a livello di distretto idrografico e aggiornato ogni 6 anni. Per il Distretto Padano, cioè il territorio interessato dalle alluvioni di tutti i corsi d'acqua che confluiscono nel Po, dalla sorgente fino allo sbocco in mare, è stato predisposto il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del fiume Po (PGRA-Po).

Il primo PGRA (PGRA 2015) è stato approvato con d.p.c.m. del 27 ottobre 2016. Ad oggi è stata approvata definitivamente anche la prima revisione (PGRA 2021), relativa al sessennio 2022-2027, con d.p.c.m. del 1 dicembre 2022.

Le mappe di pericolosità evidenziano le aree potenzialmente interessate da eventi alluvionali secondo gli scenari di bassa probabilità (P1 - alluvioni rare con T=500 anni), di media probabilità (P2- alluvioni poco frequenti T=100-200 anni) e alta probabilità (P3 - alluvioni frequenti T=20-50 anni), caratterizzandone l'intensità (estensione dell'inondazione, altezze idriche, velocità e portata).

Per il territorio comunale il PGRA riporta superfici allagabili in *ambito RSCM*, con *scenari da rari (P1) a frequenti (P3)* arealmente coincidenti.

Tutte le aree indicate dal PGRA coincidono con quelle già perimetrate nella cartografia PAI.

## **10.3 VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA**

Con l'entrata in vigore della Deliberazione della Giunta Regionale del 25 gennaio 2002 n. 7/7868 "Determinazione del reticolo idrico principale. Trasferimento delle funzioni relative alla polizia idraulica concernenti il Reticolo Idrico Minore come indicato dall'art. 3 comma 114 della l.r. 1/2000 – Determinazione dei canoni di polizia idraulica" e ss.mm.ii., viene demandata ai Comuni la funzione di definire gli elementi del reticolo idrografico superficiale appartenenti al Reticolo Idrico Minore, di propria competenza, per il quale si dovrà provvedere allo svolgimento delle funzioni di

manutenzione ed alla adozione dei provvedimenti di polizia idraulica; parimenti, i Comuni divengono peraltro beneficiari dei proventi derivanti dall'applicazione dei canoni di polizia idraulica.

Ciascuno dei due ex comuni si era già dotato di studi sul reticolo idrico minore:

- *“Individuazione del reticolo idrografico minore – Comune di Osmate”* redatto dal Dott. Geol. Marco Parmigiani nel gennaio 2004 e approvato dalla Sede Territoriale di Varese (nota del 18/07/2005, prot. AD15.2005.0000009);

- *“Studio del reticolo idrico comunale (D.G.R. del 25/01/02 n. 7/7868, modificata dalla D.G.R. del 01/08/03 n. 7/13950) – Comune di Cadrezzate”* redatto da Studio Associato di Geologia Applicata nel maggio 2006 e approvato dalla Sede Territoriale di Varese con nota del 04/09/2006, prot. AD15.2006.0006384).

Nel PGT del comune di Cadrezzate vigente al momento della redazione del presente aggiornamento (Congeo, 2011), per la definizione dei vincoli idraulici si faceva riferimento al Reticolo Master di Regione Lombardia, che riportava una situazione più aderente al reale andamento dell'idrografia comunale rispetto allo studio del RIM approvato da Regione Lombardia nel 2006.

Considerato che il PGT vigente è stato approvato dall'organismo competente, si è deciso di mantenere l'impostazione relativa al reticolo idrografico anche nell'attuale aggiornamento.

Le fasce di rispetto sono state distinte in:

- *fascia di rispetto assoluto s.s.*, estesa a 10 m su entrambi i lati del corso d'acqua, ridotta a 4 m per i corsi con sezione d'alveo molto ridotta e per i tratti già attualmente intubati. Le larghezze si intendono misurate dal piede arginale esterno o, in assenza di argini in rilevato, dalla sommità della sponda incisa; dette fasce si applicano tanto ai canali a cielo aperto, quanto a quelli a sezione chiusa (coperti).

- *fascia di protezione o pertinenza*, che indica:

- l'area individuata con criterio morfologico comprendente l'alveo, le sponde e le aree di pertinenza del corso stesso soggette a fenomeni erosivi, secondo quanto definito dalla D.G.R. 7/7868/02 (studio geologico di supporto al PGT del comune di Osmate; Parmigiani, 2004);
- la fascia tracciata su base geometrica che si estende per 10 m da quella di rispetto assoluto (studio geologico di supporto al PGT del comune di Cadrezzate; Congeo, 2011).

Le perimetrazioni che derivano dalla identificazione delle suddette fasce lungo i corsi d'acqua dovranno essere tali da consentire l'accessibilità al corso d'acqua ai fini della sua manutenzione, fruizione, tutela e riqualificazione ambientale, pertanto non sono da intendersi come aree gravate da pericolosità in generale.

La delimitazione dei vincoli riportato in carta è comunque da ritenersi indicativo in quanto la reale delimitazione è soggetta a specifica verifica di sito.

#### **10.4 AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE**

L'art. 94 del D.Lgs 3 aprile 2006 n. 152 "Norme in materia ambientale" disciplina le aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano, definendo una zona di tutela assoluta e una zona di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile:

- la *zona di tutela assoluta* è costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni; deve avere un'estensione di almeno 10 m di raggio dal punto di captazione, essere adeguatamente protetta e adibita esclusivamente a opere di captazione e ad infrastrutture di servizio.

- la *zona di rispetto* è costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta, da sottoporre a vincoli e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata.

Nel territorio di Cadrezzate con Osmate è stata perimetrata l'area di salvaguardia della *sorgente Fontanazza*, unico punto di captazione ad uso idropotabile del comune. La sua zona di rispetto è stata definita con criterio geometrico (cerchio con raggio di 200 m centrato nel punto di captazione, limitata verso valle dall'isoipsa passante per la captazione).

Per quanto riguarda l'elenco delle attività vietate all'interno delle zone di tutela assoluta e di rispetto si rimanda allo specifico capitolo delle "Norme Geologiche di Piano".

## 11. CARTA PAI - PGRA

Il capitolo illustra le proposte di aggiornamento alla delimitazione e classificazione di:

- 1) aree in dissesto idraulico contenute nell'elaborato 2 del PAI vigente;
- 2) aree allagabili contenute nelle mappe di pericolosità del PGRA vigente.

Le proposte di modifica contengono una significativa ridefinizione delle aree coinvolgibili da fenomeni di esondazione fluviale (PAI e PGRA), l'introduzione di aree coinvolgibili da esondazione lacuale (PGRA) e di aree di potenziale dissesto (PAI).

In particolare, le modifiche prevedono:

- aggiornamento di aree a pericolosità molto elevata (Ee PAI) e delle corrispondenti aree PGRA (ambito RSCM - P3/H), lungo gli alvei dei corsi d'acqua, le aree ad essi adiacenti e nell'area di testata del torrente Lenza (Le Paludi);

- introduzione ex novo di aree a pericolosità elevata (Eb PAI) e della corrispondente area PGRA (ambito RSCM - P2/M) per esondazione fluviale lungo la valle del Torrente Acquanegra;

- introduzione ex novo di aree coinvolgibili da esondazione lacustre (PGRA, ambito ACL – P?1/L; Em PAI) nel tratto di area costiera;

- introduzione ex novo delle aree a potenziale dissesto per crollo (Fq PAI);

- introduzione di un'area di potenziale allagamento per insufficienza della sezione di un tratto tombinato.

Le modifiche si sono basate su analisi morfologiche e morfo-altimetriche (aree Ee fluviali ed Em lacustri); studi idraulici effettuati in comuni contigui (aree Eb ed Em fluviali); rilevamenti diretti e elaborazione di una carta di suscettività alle frane per l'intero territorio comunale (aree Fq).

In particolare: per la delimitazione delle aree Eb lungo il corso del torrente Acquanegra si è fatto riferimento allo studio idraulico riportato nello studio geologico di supporto al PGT di Travedona Monatele, che le indica come esondabili con TR = 100 anni.

Per la delimitazione delle aree potenzialmente franose è stata elaborata una carta della suscettività alle frane per l'intero territorio comunale con il software Sinmap (Pack, Tarboton & Goodwin, 1999 “*Gis-based landslide susceptibility mapping with SINMAP*”).

L'area potenzialmente esondabile di “Le Paludi” è stata delimitata su base altimetrica, prendendo come quota di esondazione quella individuata nello studio idraulico del Torrente Lenza nel territorio di Sesto Calende dell'Ing. Amolari (Studio per la ridelimitazione della fattibilità geologica dell'asta del torrente Lenza, 2002) ed estendendola sulla base del DTM regionale.

## 12. CARTA DI SINTESI

La carta di sintesi (allegato 8) deriva dall'incrocio e sovrapposizione ragionata di tutti gli elementi individuati nelle precedenti fasi analitiche (analisi geologica, geomorfologica, idrogeologica e geologico-tecnica).

L'obiettivo è quello di fornire un quadro riassuntivo dello stato dell'area dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che la genera. Essa, pertanto, sarà costituita da poligoni che definiscono porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geologico-geotecnica, vulnerabilità idraulica e idrogeologica omogenee”.

Di seguito vengono riprese puntualmente le diverse voci individuate in legenda secondo la classificazione proposta dalla Deliberazione di Giunta regionale 30 novembre 2011 – n. IX/2616.

Dall'incrocio e dalla sovrapposizione ragionata di tutti gli elementi individuati nelle precedenti fasi analitiche (analisi geologica, geomorfologica, idrogeologica e geologico-tecnica) sono state evidenziate nell'ambito del territorio comunale le 'unità di sintesi' di seguito elencate:

### **AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO, IDRAULICO E GEOTECNICO**

#### ***Unità di sintesi 1***

*Aree esondabili, con falda a bassa/bassissima soggiacenza e terreni di mediocre qualità geotecnica.*

Si tratta di un'unica area morfologicamente confinata corrispondente all'incisione postglaciale del Torrente Acquanegra, con i seguenti elementi limitanti:

- vulnerabilità idraulica per potenziali esondazioni del torrente Acquanegra
- presenza di terreni sabbioso limosi scarsamente addensati;
- presenza di falda a bassa soggiacenza.

### **AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO E GEOTECNICO**

#### ***Unità di sintesi 2***

*Aree con terreni di mediocri caratteristiche geotecniche e con bassa/bassissima soggiacenza della falda.*

Comprende le piane basali di Barza e del Torrente Acquanegra e lo stretto corridoio di collegamento, con i seguenti elementi limitanti:

- falda a ridotta profondità
- terreni granulari (sabbiosi e limosi) da sciolti a poco addensati; nella piana di Barza presenza di livelli coesivi-semicoesivi a bassa consistenza. Complessivamente terreni di mediocre qualità geotecnica.

### ***Unità di sintesi 3***

*Aree pianeggianti e aree depresse con terreni di mediocre qualità geotecnica, a drenaggio lento per falda subsuperficiale.*

Identifica l'area della depressione fluvio-palustre di "le Paludi" e un'area minore lungo la Roggia della Valle del Lupo, con i seguenti elementi limitanti:

- terreni granulari fini e in subordine coesivi di mediocre qualità geotecnica;
- falda subsuperficiale o a bassissima soggiacenza;
- ristagni idrici per drenaggio lento per effetto della soggiacenza della falda e alla tessitura dei terreni.

### **AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO E GEOTECNICO**

#### ***Unità di sintesi 4***

*Aree potenzialmente soggette a esondazioni lacustri, con terreni di mediocre qualità geotecnica e bassa soggiacenza della falda.*

Fascia costiera del lago di Monate, con i seguenti elementi limitanti:

- potenziale esondazione della superficie lacustre fino a una quota di 270 m (dati aggiornati al 2003 dell'idrometro di Travedona-Monate);
- terreni da granulari a coesivi/semicoesivi di mediocre qualità geotecnica;
- falda a bassissima soggiacenza.

### **AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO**

#### ***Unità di sintesi 5***

*Alvei dei corsi d'acqua; aree adiacenti ai corsi d'acqua e aree a pericolosità idraulica da elevata a molto elevata.*

Comprendono le aree corrispondenti ai corsi d'acqua e alle fasce adiacenti, estese per 10 m dagli argini e ridotte a 4 m per sezioni d'alveo molto ridotte o per i tratti tombati, oltre ad aree coinvolgibili da fenomeni di esondazione con pericolosità da elevata a molto elevata, con i seguenti elementi limitanti:

- pericolosità idraulica per esondazione;
- erosioni spondali e potenziale innesco di dissesti nei tratti di impluvio.

#### **AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA GEOTECNICO**

##### ***Unità di sintesi 6***

*Aree a bassa pendenza di raccordo alle piane basali con terreni di mediocre qualità tecnica.*

Corrispondono alla fascia di raccordo tra il versante occidentale del pianalto di Cadrezzate e le piane basali di Barza e del Torrente Acquanegra, con i seguenti elementi limitanti:

- spessori variabili di terreni in prevalenza granulari (sabbiosi e limosi) di mediocre qualità geotecnica;
- possibile variabilità litologica in profondità;
- possibile presenza di falde sospese locali.

#### **AREE VULNERABILI PER INSTABILITÀ DEI VERSANTI**

##### ***Unità di sintesi 7***

*Aree di versante acclive in substrato roccioso o in successioni quaternarie potenzialmente soggette a crolli.*

Ambito dei versanti caratterizzati da pendenze accentuate, comprese tra 25° - 45° (localmente fino a 70°), impostate su substrato roccioso affiorante/subaffiorante o su successioni quaternarie, con i seguenti elementi limitanti:

- possibile distacco/crollo e caduta di porzioni di ammasso roccioso o di massi.

##### ***Unità di sintesi 8***

*Aree potenzialmente instabili su versanti a media acclività (in genere <25°)*

Coincidono con i versanti del Monte Pelada (versante ovest) e del pianalto di Cadrezzate (versante nord), oltre che con le scarpate degli alti minori (Montecalvo, Montelungo), caratterizzati dai seguenti elementi limitanti:

- potenziale innesco di fenomeni di tipo gravitativo e di ruscellamento diffuso o concentrato
- possibile occorrenza di piccole falde sospese a carattere locale;
- variabilità litologica e di spessore dei depositi quaternari.

#### **AREE PRIVE DI PARTICOLARI CRITICITÀ**

##### ***Unità di sintesi 9***

*Aree subpianeggianti o a bassa pendenza (in genere <10°)*

L'unità comprende la maggior parte del pianalto di Cadrezzate e del basso versante ovest del Monte Pelada, con i seguenti elementi limitanti:

- eterogeneità litologica dei depositi quaternari;
- possibile occorrenza locale di terreni scarsamente addensati;
- possibile presenza di piccole falde locali a soggiacenza variabile;
- vulnerabilità indiretta per corrivazione lungo la rete viaria di acque non incanalate a seguito di eventi meteorici di particolare intensità.

## PARTE III – FASE DI PROPOSTA

### 13. CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO

La carta della fattibilità delle azioni di piano costituisce l'elaborato finale che viene desunto dalla carta di sintesi, dalla carta dei vincoli e dall'analisi tecnica svolta nella fase di analisi, e rappresenta una carta di pericolosità 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.

La redazione di tale carta prevede modalità standardizzate di assegnazione della classe di fattibilità ad ambiti omogenei per pericolosità geologica e geotecnica, vulnerabilità idraulica e idrogeologica individuati nella fase di analisi precedenti.

Nella carta, ad ogni poligono viene attribuita una classe di fattibilità definita attraverso:

- un numero da 1 a 4 definito sulla base di parametri standard;
- una lettera per indicare le sottoclassi, ciascuna caratterizzata da un retino differente.

L'introduzione delle sottoclassi è necessaria per meglio differenziare le aree a pericolosità omogenee in base alle specifiche caratteristiche geo-litologiche, morfologiche, idrogeologiche, idrauliche e geologico-tecniche che generano quel particolare tipo di pericolosità

Alle classi di fattibilità devono essere sovrapposti gli ambiti soggetti ad amplificazione sismica locale (cfr. capitolo "Analisi della pericolosità sismica locale – primo livello"), che 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 PGT.

La carta di fattibilità delle azioni di piano, estesa all'intero territorio comunale, è stata redatta in differenti scale su base del database geotopografico di Regione Lombardia.

- allegato 9 alla scala 1:5.000;
- allegati 9 a-d (Tavole 1, 2 3 e 4) alla scala dello strumento urbanistico (1:2.000).

La carta di fattibilità geologica deve essere utilizzata congiuntamente alle "Norme geologiche di piano" (Allegato 10) che ne riportano la relativa normativa d'uso (prescrizioni per gli interventi urbanistici, studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, opere di mitigazione del rischio).

### **13.1 CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO**

Di seguito si riportano le caratteristiche relative alle classi e sottoclassi di fattibilità individuate nell'ambito dello studio del territorio comunale, utilizzando le classi di ingresso proposte dalla normativa (rif: “*Criteri attuativi l.r. 12/05 per il governo del territorio – Componente geologica idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio*” D.G.R. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e ss.mm.ii).

L'attribuzione delle classi di fattibilità geologica è stata eseguita coerentemente con i criteri di cui alla tabella 1 § 3.2 “*indicazioni per l'attribuzione delle classi di fattibilità*” e della tabella 2 § 5.3.1 “*correlazione tra classi di Pericolosità, classi di Fattibilità geologica per le azioni di piano e voci della legenda PAF*”.

Si segnala che le aree acclivi in substrato o in depositi quaternari potenzialmente soggette a crolli, inquadrare nella *Sottoclasse 4C - Aree di versante acclive in substrato roccioso o in depositi quaternari potenzialmente soggetto a crolli*, sono state assimilate alle aree PAI di frana quiescente (Fq), assumendone la normativa imposta dalle N.d.A.

Si specifica che le indagini e gli approfondimenti prescritti per le classi di fattibilità 2, 3 e 4 (limitatamente ai casi consentiti) devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e alla progettazione stessa.

Copia delle indagini effettuate e della relazione geologica di supporto deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani attuativi (l.r. 12/05, art. 14) o in sede di richiesta del permesso di costruire (l.r. 12/05, art. 38).

Si precisa inoltre che le indagini di approfondimento e gli studi geologici-idrogeologici prescritti in fase progettuale non sono in ogni caso sostitutivi di quanto previsto dal D.M. 17 gennaio 2018 “*Nuove norme tecniche per le costruzioni*”, da eseguirsi in fase esecutiva.

## ***CLASSE II (colore giallo) – FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI:***

**Per le aree ricadenti in classe 2 di fattibilità geologica sono consentiti gli interventi edilizi di cui al D.P.R. 380/2001 s.m.i., Art. 3, comma 1, lettere a, b, c, d, e, fermo restando specifiche limitazioni eventualmente indicate.**

La classe “comprende le zone in cui si sono riscontrate modeste limitazioni all’utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d’uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l’esecuzione di opere di difesa.

Per gli ambiti assegnati a questa classe devono essere indicati gli eventuali approfondimenti da effettuare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori”.

In questa classe è stata inclusa un’unica sottoclasse:

### ***SOTTOCLASSE 2A***

***Aree subpianeggianti o a bassa pendenza (in genere < 10°)***

## ***CLASSE III (colore arancione) - FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI***

**Per le aree ricadenti in classe 3 di fattibilità geologica sono consentiti gli interventi edilizi di cui al D.P.R. 380/2001 s.m.i., Art. 3, comma 1, lettere a, b, c, d, e, fermo restando specifiche limitazioni eventualmente indicate.**

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all’utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d’uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

### ***SOTTOCLASSE 3A***

***Aree di versante ad acclività media (in genere <25°)***

### ***SOTTOCLASSE 3B***

***Aree con terreni di limitata capacità portante e bassa soggiacenza della falda, potenzialmente soggette a esondazioni lacuali con frequenza rara (Em; P1/L).***

### ***SOTTOCLASSE 3C***

***Aree con terreni di mediocri caratteristiche geotecniche e con bassa/bassissima soggiacenza della falda***

### ***SOTTOCLASSE 3D***

***Aree con terreni di mediocri caratteristiche geotecniche, soggette a ristagni idrici per falda subsuperficiale***

### ***SOTTOCLASSE 3E***

***Aree di attenzione a contorno dei torrenti***

### ***SOTTOCLASSE 3F***

***Aree a bassa pendenza di raccordo alle piane basali, con terreni di mediocri caratteristiche geotecniche.***

### ***SOTTOCLASSE 3G –***

***Aree interessate da bonifica ambientale in corso***

## ***CLASSE IV (colore rosso) - FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI***

**Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 3, comma 1, lettere a), b), c) del D.P.R. 380/2001, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo.**

Trattasi della classe di fattibilità ove le condizioni di potenziale pericolosità/vulnerabilità comportano gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso.

In tali zone deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, *ivi comprese quelle interrato*, se non per opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, come definiti dall'art. 3,

comma 1, lettere a), b) e c) del D.P.R. 380/2001, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; dovranno comunque essere puntualmente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea.

A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

#### ***SOTTOCLASSE 4A***

*Aree soggette a condizioni di pericolosità idraulica molto elevata (Ee) corrispondenti agli alvei dei corsi d'acqua, alle aree adiacenti e ad altre aree potenzialmente esondabili.*

#### ***SOTTOCLASSE 4B***

*Aree soggette a condizioni di pericolosità idraulica moderata (Em), con terreni di mediocri caratteristiche geotecniche e bassa soggiacenza della falda.*

#### ***SOTTOCLASSE 4C***

*Aree di versante acclive in substrato roccioso o in depositi quaternari potenzialmente soggetti a crolli*

## **14. RIDUZIONE DELL'ESPOSIZIONE AL GAS RADON**

In relazione alle caratteristiche litologiche del territorio comunale è prevedibile che la principale sorgente di radon sia il sottosuolo; per diminuire la concentrazione del gas all'interno dell'abitazione è perciò importante ostacolarne il più possibile l'ingresso.

Questo risultato può essere ottenuto con varie tecniche tra cui:

- depressurizzazione del sottosuolo mediante suzione meccanica dell'aria negli strati di sottofondazione (attraverso pozzetti di aspirazione in edifici privi di comparti interrati, aspirazione sotto guaina o all'interno di appositi battiscopa, aspirazione del gas proveniente dal sistema di drenaggio delle acque meteoriche o attraverso i vuoti dei mattoni costituenti le murature perimetrali) con raccolta del gas entro apposite tubazioni e scarico al di fuori dell'edificio;

- pressurizzazione delle sottofondazioni;

- sigillatura delle vie di ingresso (fessure e/o discontinuità lungo l'attacco tra parete verticale e solaio orizzontale, in corrispondenza dei giunti, delle zone in cui avviene il ritiro dei getti di calcestruzzo, delle entrate dei servizi cioè delle canalizzazioni per il passaggio di acqua, energia elettrica e dello scarico fognario) con sigillanti acrilici, a base di silicone o di poliuretano, o con malta polimerica di cemento con particolari additivi antiritiro, meglio se impermeabili all'acqua;

- pressurizzazione dei locali interni o del vespaio mediante ventilazione forzata;

- depressurizzazione attiva del vespaio (qualora esistente) attraverso tecniche di ventilazione naturale o artificiale;

- privilegiare l'impiego di materiali da costruzione che non contengano sorgenti di radon.