

INDICE

1	PREMESSA	3
2	LINEAMENTI GENERALI	5
	2.1 <i>Programma e metodologia di lavoro.....</i>	6
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	7
4	ELEMENTI LITOLOGICI	8
	4.1 <i>Substrato lapideo</i>	8
	4.2 <i>Depositi quaternari</i>	8
	4.3 <i>Elementi di prima caratterizzazione geotecnica.....</i>	10
	4.3.1 <i>Unità geologico tecniche</i>	10
5	DINAMICA GEOMORFOLOGICA	15
	5.1.1 <i>Forme e processi legati all'azione della gravità</i>	15
	5.1.2 <i>Forme, processi e depositi legati all'azione delle acque incanalate</i>	17
	5.1.3 <i>Forme complesse.....</i>	20
6	ELEMENTI IDROGEOLOGICI	22
	6.1 <i>Caratteristiche degli acquiferi</i>	23
	6.2 <i>Piezometria</i>	25
	6.3 <i>Bilancio idrologico</i>	25
	6.4 <i>Vulnerabilità intrinseca dell'acquifero superficiale</i>	30
7	ELEMENTI IDROGRAFICI, IDROLOGICI E IDRAULICI.....	39
	7.1 <i>Reticolo idrografico.....</i>	39
	7.2 <i>Lago Maggiore</i>	40
	7.3 <i>Fiume Bardello</i>	42
8	PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	47
	8.1 <i>Normativa</i>	49
	8.2 <i>Analisi della sismicità del territorio</i>	50
	8.3 <i>Carta della pericolosità sismica locale (PSL).....</i>	52
9	PERICOLOSITÀ DA FRANA.....	58
10	VINCOLI	60
	10.1 <i>Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/8960</i>	

10.2 Vincoli di polizia idraulica.....	65
10.3 Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile	67
11 SINTESI.....	70
11.1 Ambiti di pericolosità e vulnerabilità rinvenuti sul territorio comunale.....	73
11.2 Descrizione degli elementi di sintesi	75
12 FATTIBILITA' GEOLOGICA	82
12.1 Fattibilità senza particolari limitazioni (Classe 1)	84
12.2 Fattibilità con modeste limitazioni (Classe 2)	84
12.3 Fattibilità con consistenti limitazioni (Classe 3)	85
12.4 Fattibilità con gravi limitazioni (Classe 4)	91
BIBLIOGRAFIA.....	94

Allegati cartografici

Tav. n. 1 – Carta litologica con elementi di prima caratterizzazione geotecnica, scala 1:5.000

Tav. n. 2 – Carta della dinamica geomorfologica, scala 1:2.000

Tav. n. 3 – Carta degli elementi idrogeologici, scala 1:5.000

Tav. n. 4 – Carta degli elementi idrografici, idrologici e idraulici, scala 1:5.000

Tav. n. 5 – Carta della pericolosità sismica locale, scala 1:5.000

Tav. n. 6 – Carta dei vincoli, scala 1:5.000

Tav. n. 7 – Carta di sintesi, scala 1:2.000

Tav. n. 8 – Carta della fattibilità geologica, scala 1:2.000

Tav. n. 9 – Carta della fattibilità con elementi di pericolosità sismica, scala 1:5.000

Appendici

1 - Schede di censimento delle frane

2 - Schede di censimento dei pozzi

3 - Sezioni idrogeologiche

4 - Dati forniti da AMSC S.p.A.

1 PREMESSA

Il Comune di Brebbia (VA), congiuntamente alla fase di revisione dello strumento urbanistico generale, ha affidato allo Studio CONGEO di Varese, l'incarico di adeguare e aggiornare lo studio geologico dell'intero territorio comunale ai sensi della L.R. 11 Marzo 2005 N° 12 "*Legge per il governo del territorio*", secondo i criteri indicati nelle direttive attuative: D.G.R. 22 Dicembre 2005 n. 8/1566 "*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio*", in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11 Marzo 2005 N°12" e secondo il D.G.R. 28 Maggio 2008 n.8/7374 "*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.

L'adozione dei piani di bacino da parte delle Autorità competenti come previsto dalla L. 183/89 ha valorizzato il ruolo della pianificazione locale come strumento di base di ogni pianificazione subordinata.

La finalità di tali documenti è di individuare i contenuti essenziali degli studi geologici da eseguire ai fini della predisposizione degli strumenti urbanistici generali comunali e delle loro varianti, nell'ottica di offrire un valido contributo alla prevenzione del dissesto idrogeologico.

Lo studio, di cui la presente relazione espone i risultati, si è posto l'obiettivo di approfondire il livello di conoscenza dei fattori geologici (processi geomorfologici e di dinamica fluviale, assetto litostratigrafico, caratteristiche idrogeologiche ecc.) che caratterizzano il Comune di Brebbia, con particolare riferimento alla individuazione del reticolo idrografico e alle fasce di tutela (D.G.R. 25-01-02 n. 7/7868).

*Lo studio presenta valutazioni di carattere generale, pertanto la presente relazione e gli allegati cartografici non possono ritenersi esaustivi di problematiche geologico-tecniche specifiche. Certamente tale documento **non può e non deve** sostituire la normativa vigente (es. D.M. 14/01/08, Testo Unico delle Costruzioni) ma rappresenta il punto di partenza per scelte territoriali ed urbanistiche.*

2 LINEAMENTI GENERALI

Pur con tutti i limiti legati all'oggetto della verifica, la componente geologica rappresenta un fattore importante nelle scelte e nei criteri di redazione dei Piani di Governo del Territorio e delle relative varianti.

La geologia è infatti in grado di fornire al processo progettuale legato alla pianificazione del territorio un contributo fondamentale. L'analisi (ancor meglio se in abbinamento ad altre discipline) del contesto territoriale in cui si definiscono le previsioni urbanistiche, può essere un contributo significativo per un'equilibrata gestione delle risorse e dei processi naturali ed ambientali del territorio.

Al fine di ridurre o limitare eccessive modifiche agli equilibri ambientali, innescate dai processi di trasformazione dell'uso del suolo, è importante eseguire un'analisi del territorio da pianificare estendendo detta verifica, quando necessario, anche agli ambiti limitrofi a quello in esame.

I risultati dello studio sono raccolti nella presente relazione ed in una serie di allegati cartografici che si compongono delle seguenti carte tematiche:

- Tav. n. 1 - Carta litologica con elementi geologico applicativi, scala 1:5.000
- Tav. n. 2 - Carta della dinamica geomorfologica, scala 1:2.000
- Tav. n. 3 - Carta degli elementi idrogeologici, scala 1:5.000
- Tav. n. 4 - Carta degli elementi idrografici, idrologici e idraulici, scala 1:5.000
- Tav. n. 5 - Carta della pericolosità sismica locale, scala 1:5.000
- Tav. n. 6 - Carta dei vincoli, scala 1:5.000
- Tav. n. 7 - Carta di sintesi, scala 1:2.000
- Tav. n. 8 - Carta di fattibilità geologica, scala 1:2.000
- Tav. n. 9 - Carta della fattibilità con elementi di pericolosità sismica, scala 1:5000

La cartografia che ha costituito la base topografica impiegata nel corso degli studi e nella redazione delle carte tematiche, è rappresentata da:

- Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000: sezioni A4b4 (Besozzo) e A4b5 (Ispra);
- Carta aerofotogrammetrica del Comune di Brebbia Scala 1:2.000 (anno 2003).

2.1 Programma e metodologia di lavoro

Per la verifica territoriale si è fatto riferimento allo standard di lavoro individuato nella vigente normativa regionale.

E' stata definita come elaborato finale la "Carta di fattibilità geologica", che sintetizza, con una valutazione incrociata degli elementi raccolti, la situazione del territorio suddividendo lo stesso in classi di fattibilità geologica, cioè in aree a differente grado d'utilizzo del territorio.

La classificazione fornisce, oltre alla possibile destinazione d'uso, le cautele da adottare per gli interventi, gli studi ed eventuali altre indagini puntuali da effettuare.

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il Comune di Brebbia è ubicato sulla sponda orientale del Lago Maggiore; presenta una superficie totale di circa 6,31 Km², altitudine massima di c.ca m 297 s.l.m. (Brebbia Superiore) e minima di m 195 s.l.m. (sponda del Lago Maggiore).

A Nord confina con il Comune di Besozzo; a Sud con i Comuni di Ispra e Travedona Monate , mentre a Est con quello di Malgesso.

L'abitato principale di Brebbia occupa la porzione mediana del territorio; mentre altri nuclei abitativi, più o meno in continuità, si ritrovano presso la sponda del Lago Maggiore (loc. Bozza), lungo il Fiume Bardello (loc. Marzott, loc. Molino Nuovo, loc. Ronchè e loc. Piona), in corrispondenza dei rilievi morenici (loc. Ghiggerima di sopra e Brebbia Superiore) e lungo la S.P. per Cadrezzate.

Morfologicamente il territorio comunale si presenta pianeggiante, con due rilievi modesti ubicati nel settore occidentale (Brebbia Superiore) e orientale (Motta Pivione). Gli elementi morfogenetici principali sono rappresentati dal Lago Maggiore e dal Fiume Bardello, unico emissario del Lago di Varese. I fenomeni di erosione ed esondazione legati a questi costituiscono i fattori di maggiore pericolosità geologica. Altri problemi geologici sono individuabili nell'erosione agente lungo gli altri corsi d'acqua, nello scorrimento superficiale delle acque meteoriche non incanalate e nelle scarse proprietà geotecniche legate ai materiali presenti nelle aree più depresse.

4 ELEMENTI LITOLOGICI

Nel territorio di Brebbia sono state riconosciute e cartografate (*Tav. n.1 - Carta litologica con elementi di prima caratterizzazione geotecnica*) unità litologiche appartenenti sia al substrato lapideo di età mesozoica, sia ai depositi sciolti di origine glaciale, fluvio-glaciale e alluvionale, che costituiscono la copertura di età quaternaria e olocenica.

4.1 Substrato lapideo

E' stata riconosciuta una sola unità appartenente al substrato lapideo facente riferimento alla Formazione della Maiolica.

FORMAZIONE DELLA MAIOLICA – Questa unità è rappresentata da calcari micritici ricchi in noduli di selce di colore chiaro e da livelli marnosi.

Sono stati individuati solo tre affioramenti di questa formazione, limitati al rilievo sul quale sorge la località di Brebbia Superiore.

In tutto il settore nord-orientale il substrato si trova ricoperto da un ridotto spessore di depositi quaternari.

La permeabilità di questi materiali è nulla. In funzione del grado di fratturazione locale si possono verificare fenomeni di infiltrazione e circolazione idrica limitati comunque alla parte più superficiale per la chiusura delle fratture con la profondità.

4.2 Depositi quaternari

Dal più antico al più recente sono state riconosciute le seguenti unità litologiche:

SABBIE GHIAIE E CIOTTOLI IN MATRICE LIMOSA – Si tratta di depositi morenici legati alle varie fasi glaciali che si sono susseguite fino a

circa 10.000 anni fa. Sono costituiti da sabbie e ghiaie in matrice limosa con ciottoli e blocchi poligenici poco arrotondati anche di grosse dimensioni. La struttura è estremamente caotica con brusche variazioni di granulometria sia in verticale che in orizzontale. Costituiscono la copertura del rilievo di Brebbia Superiore e l'ossatura del rilievo di Motta Pivione.

La permeabilità è estremamente variabile in funzione dell'eterogeneità del deposito, in genere medio-bassa ($K_{(m/s)} = 10^{-6} \div 10^{-5}$).

CIOTTOLI, SABBIE, GHIAIE E LIMI – Si tratta di depositi fluvioglaciali successivi all'ultima glaciazione. Sono stati riconosciuti diversi gruppi litologici con caratteristiche granulometriche e tessiturali molto eterogenee riconducibili a questo evento deposizionale. Nella cartografia allegata sono stati distinti gli affioramenti con caratteristiche litologiche simili:

Ciottoli, ghiaie e sabbie rappresentano la parte principale di questa unità; l'affioramento più significativo è ubicato lungo il Fosso di via Iselle dove si osservano orizzonti di ghiaia e sabbia con ciottoli che si alternano a orizzonti di sabbie medio grossolane e di ghiaie medio fini. *Sabbie medio fini* molto uniformi di colore grigio; presentano talvolta strutture a laminazione piano parallele. Affiorano lungo la scarpata del Fiume Bardello dove raggiungono spessori superiori a 5 m.

Limi sabbioso argillosi di colore grigio, affioranti nell'alveo di alcuni corsi d'acqua (Fosso di via Iselle, Fosso Mirabella); si organizzano in sottili straterelli piano paralleli.

La permeabilità, ad esclusione della facies limosa, è medio-alta ($K_{(m/s)} = 10^{-5} \div 10^{-4}$).

LIMI SABBIOSI ED ARGILLOSI – Sono i depositi a granulometria più fine rinvenuti e sono di origine lacustre. Sono localizzati in località Bozza di Lago e nel settore sud occidentale, presso il confine con Ispra. Si tratta di materiali estremamente uniformi dal punto di vista litologico.

Il grado di permeabilità è basso ($K_{(m/s)} = 10^{-6} \div 10^{-8}$).

SABBIE FINI E LIMI – Si tratta dei depositi più recenti legati ai fenomeni di esondazione dei maggiori corsi d'acqua (Fiume Bardello e Torrente

Acquanegra). Questa unità è costituita da materiali a granulometria prevalentemente fine: sabbie fini e limi di colore nocciola-grigio che presentano talvolta struttura a laminazione piano parallela; a queste si intercalano orizzonti prevalentemente limosi di spessore decimetrico e lenti di ghiaia e ciottoli centimetrici arrotondati.

La permeabilità è in genere medio-bassa ($K_{(m/s)} = 10^{-6} \div 10^{-8}$).

4.3 Elementi di prima caratterizzazione geotecnica

Sulla base dei caratteri litologici e geomorfologici del territorio è stato possibile effettuare una prima caratterizzazione geotecnica dei terreni, in modo da fornire una suddivisione del territorio in *unità a comportamento geologico-tecnico omogeneo* (Tav. n. 1 – Carta litologica e della permeabilità superficiale con elementi di prima caratterizzazione geotecnica).

Si pone l'attenzione sul fatto che la distinzione delle varie unità geotecniche, strettamente legate alle unità sedimentologiche rilevate, è stata effettuata principalmente su base interpretativa.

In alcuni settori è stato possibile integrare le interpretazioni fatte con dati diretti, ricavati da prove geotecniche puntuali eseguite sul territorio, messe a disposizione dal Comune.

Per caratterizzazione geotecnica s'intende una definizione speditiva delle proprietà fisico-meccaniche dei terreni, in relazione ad eventuali interventi di modificazione del suolo e primo sottosuolo.

Le indicazioni riportate in questo capitolo vanno considerate d'inquadramento preliminare e non sufficienti per il dimensionamento di opere puntuali come edifici, infrastrutture, etc. (D.M. 14.01.08).

4.3.1 Unità geologico tecniche

In base alle risultanze dei rilievi e delle indagini in sito si sono distinte 3 unità geologico-tecniche principali:

UNITA' 1

Denominazione: depositi lacustri, depositi alluvionali recenti e aree paludose impostate su depositi alluvionali e fluvioglaciali.

Descrizione litologica: limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie limose.

Caratteristiche geotecniche: terreni prevalentemente coesivi a comportamento geotecnico molto scadente; grado di compressibilità elevato.

LITOTIPO	γ (g/cm ³)	ϕ (°)	Cu (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)
Limi sabbioso-argillosi	1.6	≤ 26	≥ 0.5	≤ 100

γ – peso volume naturale, in g/cm³

ϕ - angolo di attrito interno, in gradi

Cu – coesione non drenata, in kg/cm²

E – Modulo di Young, medio stimato, in kg/cm²

Permeabilità: bassa, $K_{(m/s)} = 10^{-6} \div 10^{-8}$.

Giudizio sintetico: CARATTERISTICHE GEOTECNICHE MEDIOCRI.

UNITA' 2

Denominazione: depositi fluvioglaciali e morenici.

Descrizione litologica: ciottoli ghiaie sabbie e limi; sabbie ghiaie e ciottoli in matrice limosa.

Caratteristiche geotecniche: terreni a comportamento incoerente, con discreto grado di addensamento ed angolo di attrito medio. Sono possibili notevoli variazioni sia verticali che orizzontali.

LITOTIPO	γ (g/cm ³)	ϕ (°)	C' (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)
Limo sabbioso con ciottoli e massi	1.8 ÷ 1.9	≥ 30	≤ 0.2	≥ 200

C' – coesione efficace, in kg/cm²

Permeabilità: molto variabile, in genere media: $K_{(m/s)} = 10^{-6} \div 10^{-5}$.

Giudizio sintetico: CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DISCRETE.

UNITA' 3

Denominazione: substrato lapideo (Formazione della Maiolica)

Descrizione litologica: calcari micritici ricchi in noduli di selce di colore chiaro e livelli marnosi.

Caratteristiche geotecniche-geomeccaniche: per una prima caratterizzazione di questa unità è stata eseguita, sui pochi affioramenti presenti sul territorio comunale, la classificazione B.G.D. (Basic Geotechnical Description of Rock Masses), tipologia di descrizione degli ammassi rocciosi standardizzata e molto diffusa.

Il metodo prende in considerazione cinque parametri fondamentali:

- a) il nome della roccia;
- b) lo spessore degli strati;
- c) l'intercetta delle fratture;
- d) la resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia;
- e) l'angolo di attrito delle fratture;

Descrizione dei cinque indici principali:

- a) nome della roccia a cui si aggiungeranno, per una migliore descrizione e per un migliore inquadramento geologico, informazioni suppletive riguardanti la struttura dell'ammasso roccioso, la fratturazione dell'ammasso, colore, tessitura e composizione mineralogica della roccia e il suo grado di alterazione definito come:

- W1 - roccia fresca, nessuna alterazione, possibile decolorazione superficiale
- W2 - roccia leggermente alterata, decolorazione superficiale e della roccia
- W3 - roccia mediamente alterata, meno del 50% dell'ammasso è decomposto
- W4 - roccia molto alterata, più del 50% dell'ammasso è decomposto
- W5 - roccia completamente alterata, tutto l'ammasso è decomposto in una terra

b) Spessore degli strati, ove per spessore si intende una porzione di roccia integra comprese tra due superfici parallele o subparallele.

Si classifica come:

- L0 - strati assenti,
- L1 - strati molto spessi, >200cm
- L2 - strati spessi, 60-200 cm
- L3 - strati medi, 20-60 cm
- L4 - strati sottili, 6-20 cm
- L5 - strati molto sottili, <6cm

c) Intercetta delle fratture dove con il termine frattura si intende ogni superficie di discontinuità naturale che abbia resistenza a trazione nulla o ininfluente e viene definita come la distanza media tra due fratture successive e si classifica secondo il seguente criterio:

- F0 - fratturazione assente
- F1 - fratturazione molto distanziata, >200 cm.
- F2 - fratturazione distanziata, 60-200 cm.
- F3 - fratturazione media, 60-20 cm.
- F4 - fratturazione fitta, 6-20 cm
- F5 - fratturazione molto fitta, <6 cm.

d) resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia ottenuto direttamente da prove di resistenza monoassiale,

indirettamente da prove di resistenza al Point Load Test oppure stimato in sede di rilevamento sul terreno.

Si classifica seguendo queste divisioni:

- S1 - resistenza molto grande, $>2000 \text{ kg/cm}^2$
- S2 - resistenza grande, $600-2000 \text{ kg/cm}^2$
- S3 - resistenza media, $200-600 \text{ kg/cm}^2$
- S4 - resistenza piccola, $60-200 \text{ kg/cm}^2$
- S5 - resistenza molto piccola, $<60 \text{ kg/cm}^2$

e) angolo di attrito delle fratture definito come l'inclinazione della retta tangente alla curva di inviluppo della resistenza di picco, con uno sforzo normale di 10 Kg/cm^2 .

Può essere rilevato in laboratorio o stimato in sede di rilevamento e viene classificato nel seguente modo:

- A1 - angolo molto grande, $>45^\circ$
- A2 - angolo grande, $35^\circ-45^\circ$
- A3 - angolo medio, $25^\circ-35^\circ$
- A4 - angolo piccolo, $15^\circ-25^\circ$
- A5 - angolo molto piccolo, $<15^\circ$

risultati ottenuti: di seguito vengono esposti i risultati ottenuti prendendo in considerazione gli affioramenti presenti sul territorio comunale di Brebbia

B.G.D n.1	Calcari micritici					
Classi	5	4	3	2	1	0
L						
F						
S						
A						
W						
DESCRIZIONE	L0,F3,S3,A3,W2					
VRU	200 cmc					

Giudizio sintetico: CARATTERISTICHE GEOTECNICHE BUONE, variabili però con il grado di fratturazione.

5 DINAMICA GEOMORFOLOGICA

In questo capitolo vengono individuati e descritti i processi geomorfologici naturali attivi, non attivi e quiescenti, dovuti al modellamento del territorio da parte degli agenti geologici, idrogeologici, climatici ed antropici (*Tav. n. 2 – Carta della dinamica geomorfologica*).

Attualmente si riscontra una considerevole attività geomorfologica lungo il corso del Fiume Bardello e dei principali corsi d'acqua, mentre un'attività modesta è stata rilevata nelle aree più acclivi del territorio Comunale.

L'analisi morfologica del territorio, eseguita ad una scala di maggior dettaglio rispetto allo studio precedente, ha permesso la distinzione delle forme, di seguito descritte.

5.1.1 Forme e processi legati all'azione della gravità

Ruscellamento diffuso

Questo fenomeno si manifesta con piccoli solchi, con evidenze di flusso, e con ampie superfici di terreno denudate (erosione ed asportazione di particelle di terreno). Il ruscellamento delle acque meteoriche è stato osservato in particolare lungo i versanti dei corsi d'acqua principali, ma anche lungo i pendii dei due rilievi più importanti (Motta Pivione e Brebbia Superiore).

Ruscellamento concentrato

L'azione erosiva concentrata e localizzata delle acque di scorrimento superficiale lungo piccoli corsi d'acqua, vie preferenziali (mulattiere, sentieri, etc.) o lungo versanti particolarmente ripidi e ricoperti da materiali detritici sciolti eluvio-colluviali forma solchi e piccole incisioni che sono state evidenziate nella cartografia prodotta con apposita simbologia lineare.

L'evento erosivo determina l'asportazione di materiale detritico e la rideposizione sia in corrispondenza di ostacoli alla circolazione delle acque (anse, tronchi, contropendenze, manufatti antropici, etc) sia in punti a minor pendenze, dove l'energia di trasporto diminuisce. Il perdurare di questi fenomeni porta alla formazione di tipici solchi, lungo i versanti, con sezione a "V" e letto occupato da materiali detritici. In corrispondenza di sentieri e mulattiere questa azione erosiva si manifesta con irregolari incisioni, disposte secondo la massima pendenza degli stessi.

Questi fenomeni assumono una notevole importanza in prossimità di aree urbanizzate, soprattutto se lo scorrimento avviene lungo mulattiere o sentieri che convergono verso sedi stradali e/o centri abitati.

Si osservano principalmente sui pendii più acclivi in località Ghiggerima di sopra e Brebbia Superiore e lungo le scarpate fluviali del Bardello e del "Fosso Brughiera".

Frana

Sono stati individuati diversi fenomeni franosi localizzati prevalentemente lungo le scarpate dei principali corsi d'acqua, ma anche in corrispondenza dei pendii più acclivi, in particolare nel settore a Est di Brebbia Superiore. I fenomeni franosi sono stati distinti in funzione dello stato di attività:

- *attivi*, quando mostrano segni recenti di movimento: nicchia e accumulo "fresco", superfici interessate da fenomeni di ruscellamento concentrato e diffuso, etc.; frane di questa tipologia sono state osservate sia lungo il Bardello, per esempio a valle di via Pasubio, sia sui versanti a valle di via Roncaccio.
- *quiescenti*, quando non si osservano indizi di movimento recente: nicchia e accumulo presentano un certo grado di crescita della vegetazione, accumulo più o meno completamente asportato dall'erosione fluviale, etc.

Si tratta in genere di scivolamenti che coinvolgono i materiali di copertura per spessori in genere modesti, che raggiungono i 10 m solo in corrispondenza delle scarpate attive del Fiume Bardello.

Sono stati evidenziati con apposito simbolo puntiforme anche fenomeni più ridotti non fedelmente cartografabili alla scala utilizzata.

Accumulo detritico

Si tratta di accumuli detritici prodotti da piccoli fenomeni di trasporto solido: in occasione di intensi fenomeni piovosi le acque meteoriche saturano i depositi superficiali più grossolani mobilizzandoli lungo incisioni preesistenti o lungo la direzione di massima pendenza. La granulometria di questi depositi è prevalentemente ghiaioso ciottolosa, ma si segnalano anche alcuni accumuli sabbiosi localizzati in prossimità di sedi stradali.

5.1.2 Forme, processi e depositi legati all'azione delle acque incanalate

Erosione di sponda

Tali forme sono localizzate lungo i principali corsi d'acqua, sia in corrispondenza di tratti d'alveo ad andamento meandriforme/curvilineo sia in tratti rettilinei. In particolare questi processi interessano settori lungo i quali l'aumento della velocità della corrente provoca fenomeni di scalzamento dei depositi spondali. In questi tratti, si osservano evidenti fenomeni di asporto di materiale (anche vegetativo), in parte accumulato alla base della parete erosionale, e di scarsa ricrescita della vegetazione sia prativa che alberata.

Erosione incanalata

E' un fenomeno di intensa attività erosiva che si manifesta con una forte tendenza all'approfondimento dell'alveo. Esempi di questo fenomeno sono presenti in alcuni tratti dei fossi a valle di via per Cadrezzate e del Fosso di via Iselle.

Accumuli in alveo

Si tratta sia di depositi ciottolosi ghiaiosi sia sabbiosi, ma anche di resti vegetali che si accumulano nei tratti di corso d'acqua caratterizzati da minore energia. In funzione delle variazioni di pendenza dell'asta e della sua forza di trasporto si osservano accumuli più o meno grossolani. L'accumulo di questi materiali provoca, col tempo, un riempimento della sezione di scorrimento ostacolando il normale deflusso delle acque.

Esempi di questi depositi (detriti e resti vegetali) si hanno nell'alveo del Fiume Bardello e del Torrente Acquanegra; lungo il tratto terminale del "Fosso di via Iselle", caratterizzato da una forte tendenza al sovralluvionamento; e lungo il "Fosso Mirabella".

Area di esondazione fluviale

Tali zone sono state delimitate con criteri geomorfologici considerando le caratteristiche morfologiche delle sponde e del tracciato fluviale: l'esigua altezza delle sponde, insufficiente al contenimento delle acque, la presenza di ostruzioni (accumuli detritici, resti vegetali, opere di attraversamento, etc.) che diminuiscono la sezione di deflusso, e l'andamento dell'alveo (curve e meandri).

Si tratta per lo più di settori ribassati e a debole pendenza che fiancheggiano i corsi d'acqua principali. Per il Fiume Bardello sono individuabili a valle del "Cotonificio Albini", a valle di Molino Nuovo, e tra località Piona e lo stabilimento "Pipe Brebbia". In corrispondenza di altri corsi d'acqua si segnala la possibilità di fenomeni di alluvionamento lungo il tratto terminale del "Fosso di via Iselle" (in relazione ai livelli del canale di derivazione del Bardello), lungo il

“Fosso Mirabella” (attraversamento a raso di strada consortile e perdita di incisione presso gli edifici a monte di via Vittorio Veneto), lungo il “Fosso Brughiera” (a monte dell’attraversamento di via del Ponticello) e alla confluenza del Fosso Mirabella nel Torrente Acquanegra.

Paleoalveo

Lungo il corso del Fiume Bardello sono stati identificati tre tratti di alveo abbandonati, individuabili come aree depresse in prossimità del corso d’acqua. Da monte verso valle sono situati:

- nell’area del profondo meandro a monte dello stabilimento “Pipe Brebbia”: recente taglio di alcuni meandri in seguito agli eventi alluvionali dell’Ottobre e Novembre 2000;
- a valle dello stabilimento “Pipe Brebbia”: si tratta di un taglio di meandro causato dalla realizzazione del canale di derivazione;
- a valle della località Molino Nuovo: anche in questo caso si tratta di un taglio di meandro in seguito alla realizzazione del canale di derivazione.

In questi settori depressi si possono realizzare non solo fenomeni di ristagno e di ruscellamento in seguito ad eventi pluviometrici, ma anche la vera e propria riattivazione del canale in occasione di fenomeni alluvionali eccezionali.

Area di ristagno delle acque

Sono state riconosciute diverse aree caratterizzate da modesta capacità drenante in corrispondenza di terreni a granulometria fine limoso-argillosa e morfologicamente depresse rispetto alle aree circostanti. Queste sono localizzate principalmente in corrispondenza di bassi morfologici dove si raccolgono le acque di dilavamento superficiale che scorrono lungo le pendici dei rilievi collinari (lungo le massicciate ferroviarie, area presso la S.P. 32 ai piedi del rilievo di Brebbia Superiore, zona prossima al “Laghetasc”) oppure dove si realizzano frequenti fenomeni di esondazione/spagliamento a causa

dell'assenza di arginature (settore prossimo al lago Maggiore, area compresa tra la S.P. 50 per Ispra e la S.P. 63 per Cadrezzate), oppure in aree dove si verifica emergenza di acque sotterranee (settore tra il Villaggio Europa e via Tripoli).

Orlo di terrazzo fluviale

Si tratta del ciglio dei terrazzi alluvionali presenti lungo il corso del Bardello e secondariamente dei corsi d'acqua minori. Sono stati distinti in: *attivi*, quando interessati da fenomeni di erosione (operata sia dagli agenti meteorici sia dalle acque dei torrenti) accompagnati da smottamenti di entità ridotta e da fenomeni di ruscellamento; *inattivi* quando non più interessati direttamente dall'attività fluviale.

Esempi di scarpate attive lungo il Bardello sono quelle a valle di via Pasubio e presso località Ronchè; lungo gli altri corsi d'acqua si può ricordare il tratto iniziale del "Fosso Mirabella" e del breve tratto di competenza comunale del Torrente Acquanegra.

Area di esondazione lacustre

E' stata delimitata l'area potenzialmente raggiungibile dall'innalzamento delle acque del Lago Maggiore sulla base delle indicazioni fornite nel Piano della Protezione Civile del 1999 che indica la quota di 196,84 m s.l.m. come quella raggiunta dalle acque secondo tempi di ritorno di 30 anni.

Sono state anche prese in considerazione osservazioni legate alla morfologia del terreno, alla vegetazione ed alla presenza di elementi indicatori quali acque stagnanti, accumuli detritici, rifiuti, vegetazione schiacciata.

5.1.3 Forme complesse

Si tratta di forme poligeniche alle quali concorrono diversi fenomeni geomorfologici ed anche antropici.

Orlo di scarpata/Rotture di pendio

Rappresentano delle variazioni di pendenza della topografia distinguendosi però dagli orli di terrazzo per la genesi complessa, riconducibile sia all'attività antropica sia all'erosione glaciale.

6 ELEMENTI IDROGEOLOGICI

La Carta Idrogeologica (*Tav. n. 3 – Carta degli elementi idrogeologici*), alla scala 1:5.000, rappresenta le caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo di Brebbia; essa riporta le seguenti informazioni:

- Pozzi comunali allacciati alle rete idrica;
- Pozzi privati noti agli archivi comunali;
- Permeabilità dei terreni;

Attualmente la rete idrica di Brebbia dispone di 3 pozzi comunali per acqua idropotabile, ubicati in loc. Ghiggerima, nella stessa località è inoltre presente un quarto pozzo comunale in fase di completamento.

Nome	Tipo falda	Profondità (m)	Lungh. tratto filtrante	Portata (l/s)
Pozzo 1	superficiale	64,0	?	12,0
Pozzo 2	superficiale	64,0	21	3,0
Pozzo 3	superficiale	80,5	13	4,5
Pozzo 4 (in completamento)	superficiale	70,0	22	5-15 (prevista)

Tab. 6.1 – Pozzi comunali.

I tre pozzi sfruttati per approvvigionamento idrico sono ubicati in un'area a bassa densità insediativa in località Ghiggerima; le loro colonne stratigrafiche sono riportate in appendice n. 2.

Sul territorio comunale sono presenti altri pozzi ad uso industriale:

Cod.	Proprietario	Profondità (m)
21	Salumificio Porrini	32,0
22	Manifattura Lucioni	46,0
23	Cotonificio Albini	40,0
24	Somma Beton	-
29	-	-
-	Pozzo Piscina	-
-	Pozzo Ditta Ducale	-

Tab.6.2 – Pozzi privati.

6.1 Caratteristiche degli acquiferi

Con il termine acquifero s'intende una formazione idrogeologica permeabile che permette il deflusso significativo di una falda idrica sotterranea e la captazione di quantità apprezzabili d'acqua (G. Castany, 1982).

L'analisi delle stratigrafie dei pozzi e della distribuzione dei litotipi superficiali affioranti e sub-affioranti, consente di ricostruire un modello idrogeologico sotterraneo caratterizzato dalla presenza di tre differenti unità idrogeologiche sovrapposte, costituenti un acquifero a tipologia freatica.

Sono state individuate tre litozone, corrispondenti ad altrettante unità idrogeologiche (App. n.3) descritte nello "Studio idrogeologico ed idrochimico della Provincia di Varese a supporto delle scelte di gestione delle risorse idropotabili" dell'A.A.T.O. (2007):

- *Litozona sabbioso-limosa* - individuabile dal p.c. fino alla profondità di m 15 - 20, è costituita da alternanze di sabbie e ghiaie in matrice limosa. La permeabilità è medio bassa. Nella porzione più superficiale è frequente la presenza di frazioni argillose nella matrice, che localmente possono conferire un carattere semiconfinato all'acquifero, altrimenti freatico.

Questa litozona corrisponde all'unità idrogeologica D (Unità delle ghiaie sabbie ed argille).

- *Litozona sabbioso ghiaiosa* - è caratterizzata da intercalazioni di livelli ghiaioso sabbiosi e sabbioso limosi (limitati alla parte più superficiale). La permeabilità media è abbastanza elevata. Questa unità è sede di un acquifero semi-confinato o confinato, che costituisce la principale fonte di approvvigionamento idrico. Questa litozona corrisponde all'unità idrogeologica C (unità delle ghiaie e conglomerati prevalenti)
- *Substrato roccioso* - è costituito dai calcari micritici della Formazione della Maiolica. La permeabilità è nulla, in funzione del grado di fratturazione locale si possono verificare fenomeni di infiltrazione e circolazione idrica limitati comunque alla parte più superficiale per la chiusura delle fratture con la profondità. Questa litozona corrisponde all'unità idrogeologica A (substrato roccioso).

Inoltre, in base a dati bibliografici, si riportano le tre idrostrutture presenti nel Comune di Brebbia:

- **Idrostruttura della Piana di Brebbia-Travedona**

E' situata tra i comuni di Brebbia, Travedono Monate e Ispra, interessa inoltre i Comuni di Malgesso e Cadrezzate. E' costituita da sabbie limose passanti a limi sabbiosi o argillosi, sono anche presenti intercalazioni di ghiaie fini in matrice limosa.

Questa idrostruttura è sede di un acquifero superficiale costituito da una falda sospesa con bassa produttività.

- **Idrostruttura di Motta Pivione**

E' situata nei comuni di Brebbia e Ispra. E' costituita dal rilievo morenico di Motta Pivione ed è sede di un acquifero libero superficiale.

- **Idrostruttura del Fiume Bardello**

E' costituita dai depositi alluvionali presenti nella valle del Fiume Bardello. E' sede di un acquifero superficiale in connessione con il fiume.

6.2 Piezometria

La mancanza di un numero significativo di punti di captazione non consente la predisposizione di una carta piezometrica sull'intero territorio comunale.

In base ai dati disponibili (rilievo piezometrico dei pozzi comunali e osservazioni in sito) è possibile ipotizzare la presenza di una falda superficiale con direzione NNO-SSE, drenata dal lago Maggiore.

Nella cartografia allegata (Tav. n. 3) sono stati evidenziati due settori nei quali si ipotizza la presenza della falda superficiale a pochi metri dal piano campagna. Si tratta dell'area occidentale del territorio comunale (Loc. Ghiggerima, Marzott e Sabbie d'Oro) e dell'area compresa tra la S.P. n. 50 e la S.P. n. 63. Il limite di queste aree è puramente indicativo, tracciato in funzione dell'andamento altimetrico del modellato topografico e di osservazioni in sito.

6.3 Bilancio idrologico

Il bilancio idrologico rappresenta il calcolo che mette a confronto le entrate e le uscite d'acqua del bacino idrologico di riferimento. Le entrate sono in genere rappresentate dagli afflussi meteorici e dalle eventuali infiltrazioni provenienti da bacini limitrofi; le uscite sono costituite dall'evapotraspirazione, dai deflussi superficiali e dai prelievi idrici.

L'equazione che in genere riassume il bilancio idrologico è:

$$P = E_r + R + I$$

P = Precipitazioni (mm/a)

E_r = Evapotraspirazione reale (mm/a)

R = Ruscellamento superficiale (mm/a)

I = Infiltrazione efficace (mm/a)

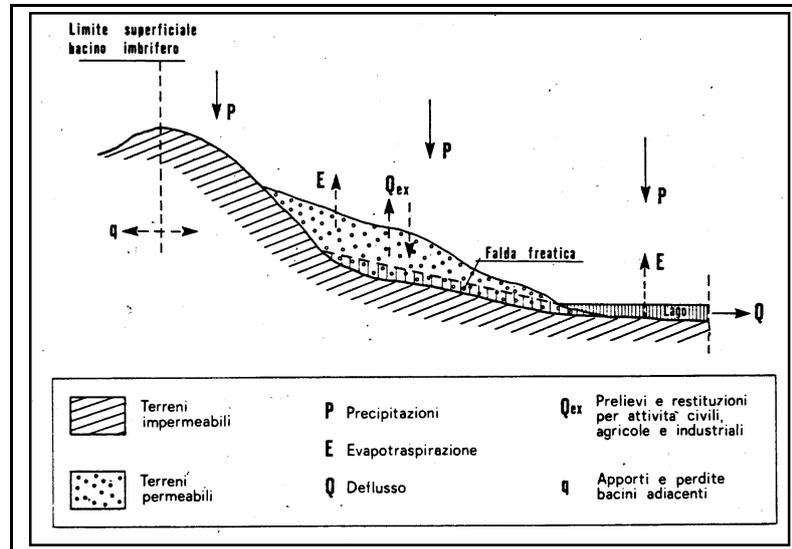


Fig.n. 6.1 – Schema idrologico teorico (Barnaba, 1982).

Le acque di infiltrazione efficace (I) rappresentano le risorse idriche sotterranee, cioè quei volumi di acqua utilizzabili senza provocare eccessivi squilibri al ciclo idrologico naturale.

Precipitazioni – il valore della precipitazione media annua sul territorio comunale è stato ricavato dall’analisi della carta delle precipitazioni medie annue del territorio alpino lombardo (periodo 1891 – 1990) realizzata dalla Regione Lombardia; da questa si osservano valori di precipitazioni medie di c.ca 1.700 mm/a.

Evapotraspirazione – Il calcolo dell’evapotraspirazione reale è stato condotto tramite la formula di Turc (1954), di semplice utilizzo perché richiede la conoscenza solo delle precipitazioni e delle temperature medie. Per il territorio in esame è stato ricavato un valore medio di 588 mm/a.

Ruscellamento superficiale – E’ stato stimato considerando il coefficiente di deflusso del bacino analizzato (0,30), valutato in base

alle caratteristiche litologiche e di uso del suolo. Si è quindi ottenuto un valore di c.ca 510 mm/a.

Infiltrazione efficace – Il valore dell'infiltrazione si ricava dall'equazione del bilancio idrico per sottrazione dei valori sopra ricavati ($I = P - D - E$). Per il territorio comunale di Brebbia si ottengono 602 mm/a corrispondenti sulla superficie in analisi a c.ca 3.798.620 m³/anno

Dall'elaborazione dei parametri precedenti si ricava una stima della quantità di ricarica dell'acquifero che avviene all'interno del territorio comunale, pari al valore dell'infiltrazione efficace.

La quantità di acqua che defluisce verso il territorio comunale dagli acquiferi presenti a monte è stata stimata in corrispondenza di una sezione N-S passante per i pozzi n. 2 e 23 (App. n.3, sezione n.2); da questa si misurano i valori dell'altezza e della larghezza dell'acquifero, conoscendo i valori del gradiente e della trasmissività (ottenuto da prove sui pozzi comunali) si ricava il deflusso annuo in entrata:

$D_e = T \times L \times i = 3 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s} \times 1000 \text{ m} \times 0,015 = 0,045 \text{ m}^3/\text{s}$
che corrispondono a c.ca 1.419.000 m³/anno.

6.4 Fabbisogno idrico

In base ai dati messi a disposizione dalla società di gestione dell'acquedotto comunale (AMSC S.p.A.) si osserva che nell'arco di tempo analizzato (2005 – 2009) sono stati captati, dai pozzi comunali, volumi idrici compresi tra 230.000 e 440.000 m³ l'anno (corrispondenti a c.ca 7,3 – 14,0 l/s). A questi si devono aggiungere le acque provenienti da due interconnessioni con altri sistemi idrici, che vanno ad integrare le necessità comunali: la prima con l'acquedotto di Besozzo (sorgente Orino) per un volume medio di c.ca 50.000 m³ annui (1,6 l/s), la seconda con l'acquedotto di Prealpi Servizi per un

volume medio di c.ca 135.000 m³ annui (4,3 l/s). Il volume d'acqua complessivo immesso in rete varia quindi tra 415.000 e 492.000 m³ l'anno.

Nella tabella e nel grafico sottostanti si possono osservare nel dettaglio i volumi emunti per ogni singolo punto di captazione e per le interconnessioni. In merito all'andamento stagionale dei volumi di captazione i dati a disposizione (triennio 2007 e 2009) indicano un significativo aumento dei quantitativi emunti nei mesi di giugno, luglio ed agosto.

Pozzo	Anno					Media
	2005	2006	2007	2008	2009	
Ghiggerima 1	269.060	256.753	148.616	155.085	218.701	209.643
Ghiggerima 2	65.030	89.687	35.906	5.116	8.355	40.819
Ghiggerima 3	107.150	58.469	88.465	71.061	17.688	68.567
Interconnessione Besozzo	51.470	57.076	30.969	66.301	44.595	50.082
Interconnessione Prealpi			139.031	146.120	125.884	137.012
Totale pozzi comunali	441.240	404.909	272.987	231.262	244.744	319.028
Totale complessivo (m³)	492.710	461.985	442.987	443.683	415.223	451.318
Totale complessivo (l/s)	15,6	14,6	14,0	14,1	13,2	14,0*

Tab. n. 6.3 - Volumi idrici emunti dai pozzi comunali e immessi dalle interconnessioni con altri sistemi idrici (2005 - 2009). *) Nel calcolo della media non è stato considerato il dato relativo all'anno 2005.

Anno					Media
2005	2006	2007	2008	2009	
347.930	297.537	302.420	294.538	280.608	304.60 m³ 9,7 l/s

Tab. n. 6.4 - Volumi idrici fatturati, m³ annui (2005 - 2009).

Le perdite in distribuzione, stimate da AMSC per gli anni tra il 2006 e il 2009, sono comprese tra c.ca il 10 ed il 30% dei volumi idrici immessi in rete.

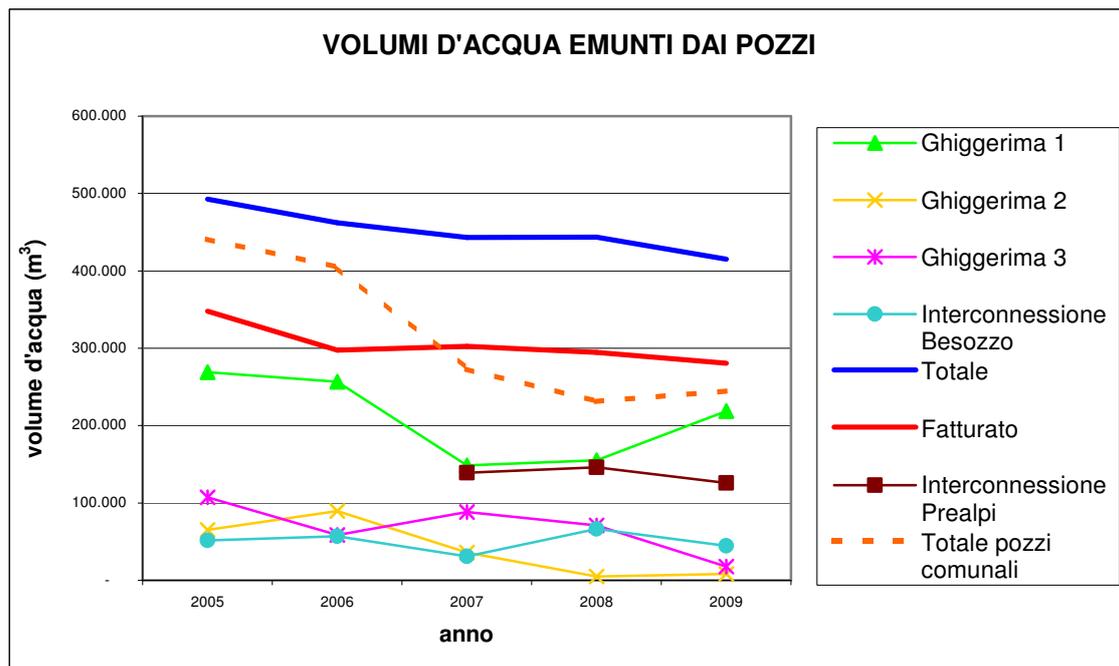


Fig. n. 6.2 – Volumi idrici emunti dai pozzi comunali e immessi dalle interconnessioni con altri sistemi idrici (2005 - 2009).

I consumi annui (volumi idrici fatturati, Tab. n. 6.4) si attestano intorno a valori di c.ca 280.000 - 350.000 m³, con consumo medio pro-capite, ottenuto dividendo il volume totale per il numero di abitanti, di c.ca 92 m³ (252 l/g), corrispondenti ad una domanda di risorsa idrica media di c.ca 9,7 l/s.

Il confronto tra i consumi e la disponibilità idrica reale, stimata sulla base dell'analisi dei volumi idrici emunti ed immessi in rete in c.ca 14,0 l/s indica che l'acquedotto comunale è in grado di far fronte, con un discreto margine di sicurezza, all'attuale domanda di risorsa idrica.

In base ai dati a disposizione e alle previsioni di incremento della popolazione (c.ca 1.000 abitanti nell'arco del decennio di validità del piano) l'acquedotto comunale dovrà fornire ulteriori 100.000 m³ annui; secondo l'ente gestore (AMSC S.p.A.) la capacità produttiva del comparto idrico in esame è in grado di sostenere questo incremento, che porterà la domanda di risorsa idrica a c.ca 12,9 l/s.

Infine, si sottolinea che è stato recentemente realizzato un nuovo pozzo (Ghiggerima 4), per il quale sono in corso le pratiche autorizzative necessarie allo sfruttamento. Questo nuovo punto di captazione sarà in grado di fornire all'acquedotto comunale altri 9,7 l/s che andranno ad aumentare la risorsa disponibile, riducendo inoltre, se possibile, le quantità idriche immesse in rete dalle interconnessioni extra-comunali.

6.5 Vulnerabilità intrinseca dell'acquifero superficiale

Generalità

La vulnerabilità intrinseca o naturale degli acquiferi si definisce come la suscettibilità specifica dei sistemi acquiferi, nelle loro diverse parti componenti e nelle diverse situazioni geometriche ed idrodinamiche, ad ingerire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido od idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità delle acque sotterranee, nello spazio e nel tempo (Civita, 1987).

Le carte di vulnerabilità degli acquiferi vengono compilate allo scopo di fornire una zonizzazione delle aree maggiormente esposte, passaggio che si inserisce in un più ampio discorso di programmazione e pianificazione dell'utilizzo delle risorse idriche.

La valutazione della vulnerabilità per le acque sotterranee (Cavallin et al., 1990) permette di stimare il "rischio" d'inquinamento in base alla seguente equazione:

$$\mathbf{Rischio = Pericolosità * Vulnerabilità * Valore}$$

La pericolosità viene intesa come la probabilità che si verifichi un certo evento di contaminazione con un determinato tempo di ritorno. La vulnerabilità, invece, esprime l'attitudine a sopportare l'evento mentre il valore si riferisce alla qualità del corpo idrico che subisce l'evento, in termini socio-economici.

In questo ambito, è stata valutata la vulnerabilità intrinseca degli acquiferi. Sono state prese in considerazione, infatti, le caratteristiche idrogeologiche, litostrutturali e idrodinamiche del sottosuolo assimilando il comportamento dell'inquinante a quello dell'acqua, senza considerare le caratteristiche chemiodinamiche delle sostanze. Questa approssimazione rappresenta, in generale, un fattore di sicurezza poiché si verifica frequentemente che le interazioni liquido-liquido o liquido-solido da parte dell'inquinante determinano un'attenuazione del fronte di inquinamento.

La vulnerabilità specifica degli acquiferi, invece, viene calcolata anche in base alle caratteristiche chimiche dell'inquinante e alle interazioni tra esso e il sistema in cui si diffonde, attraverso l'uso di opportuni modelli di simulazione.

Le metodologie che possono essere utilizzate al fine di calcolare la vulnerabilità intrinseca degli acquiferi sono riconducibili sostanzialmente a tre diverse tipologie:

- metodi qualitativi
- metodi parametrici distinti in:
 - sistemi a matrice;
 - sistemi a punteggio semplice;
 - sistemi a punteggio e pesi. A questa categoria appartengono, per esempio, il sistema DRASTIC (Aller et al., 1985 e 1987) e il sistema SINTACS (Civita, 2005);
 - sistemi di valutazione di impatto ambientale;
- metodi numerici.

Metodo SINTACS

Nel presente lavoro si è ritenuto opportuno procedere alla valutazione della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero superficiale avvalendosi del metodo SINTACS (Civita, 2005), sia perché permette di valutare la vulnerabilità intrinseca degli acquiferi basandosi su tutti i principali parametri che la determinano, sia perché esclude un condizionamento soggettivistico mediante l'uso di punteggi e pesi.

Nasce dall'esigenza di adeguare il metodo Drastic (Aller et al., 1985 e 1987) alle realtà idrogeologiche riscontrabili sul territorio italiano e ai dati effettivamente disponibili. L'evoluzione del metodo Sintacs è passata negli anni attraverso cinque release; nella presente analisi è stata adottata la release R5.

Il metodo considera sette parametri come input per determinare la vulnerabilità dai quali deriva l'acronimo SINTACS:

- Soggiacenza, risulta essere un parametro molto importante poiché dal suo valore assoluto e dalle caratteristiche idrogeologiche dell'insaturo dipende il tempo di transito (TOT) di un qualsiasi inquinante idroportato e la durata delle azioni autodepurative dell'insaturo;
- Infiltrazione efficace, da cui dipende il trascinarsi in profondità degli inquinanti e la loro diluizione, dapprima nell'insaturo e quindi nella zona di saturazione;
- Non-saturo (effetto di autodepurazione del), comprende la parte di sottosuolo tra la base del suolo e la zona satura dell'acquifero nella quale fattori fisici e chimici lavorano in sinergia favorendo i processi di attenuazione;
- Tipologia della copertura, costituisce la prima linea di difesa ove avvengono importanti processi fisici chimici e biologici che costituiscono il potenziale di attenuazione del suolo;
- Acquifero (caratteristiche idrogeologiche del), ove avvengono i processi di dispersione, diluizione, assorbimento e reattività chimica del mezzo al di sotto della superficie piezometrica;
- Conducibilità idraulica dell'acquifero, ossia la capacità di spostamento dell'acqua sotterranea nel mezzo saturo e dunque degli inquinanti idroportati o con le stesse caratteristiche di densità dell'acqua sotterranea;
- Superficie topografica (acclività della), da cui dipende la quantità di ruscellamento che si produce a parità di precipitazione e la velocità di spostamento dell'acqua, e quindi degli inquinanti, sulla superficie.

I singoli parametri alla base del metodo sono esaltati con l'utilizzo di varie stringhe (linee di pesi moltiplicatori) che permettono di modellare la metodologia sulla situazione effettiva identificata per ciascun elemento in cui è stato discretizzato il territorio (maglia).

L'indice di vulnerabilità intrinseca (I_{syntax}) viene quindi calcolato per ogni elemento della maglia:

$$I_{\text{syntax}} = W_S S + W_I I + W_N N + W_T T + W_A A + W_C C + W_S S$$

dove:

- W è il peso relativo della stringa prescelta;
- S, I, N, T, A, C, S sono il punteggio di ciascuno dei sette parametri considerati dal metodo.

Risultati ottenuti

La stima della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero superficiale alla scala comunale è stata effettuata suddividendo il territorio in sei aree omogenee, principalmente in base alle caratteristiche litologiche dell'unità subaffiorante, parametro che riveste il peso maggiore nel calcolo della vulnerabilità.

Di seguito vengono descritte le caratteristiche delle sei aree omogenee prese in considerazione:

- Area 1 - si tratta del settore settentrionale, presso il fiume Bardello, e di una piccola area nel settore meridionale, in corrispondenza del torrente Acquanegra. E' caratterizzata dalla presenza di sabbie fini e limi.
- Area 2 - è rappresentata dalla zona nel settore Nord Ovest del Comune (in riva al Lago Maggiore) e dalla zona Sud Ovest del Comune, al confine con Ispra. E' caratterizzata da limi sabbiosi ed argillosi, che costituiscono depositi lacustri.
- Area 3 - è caratterizzata da ciottoli, ghiaie, sabbie e limi presenti principalmente nel settore centrale del territorio comunale.

- Area 4 - è caratterizzata dai depositi morenici presenti nella zona orientale ed occidentale del Comune. Questi depositi sono costituiti da sabbie, ghiaie e ciottoli in matrice limosa.
- Area 5 - è costituita da calcari micritici (Formazione della Maiolica) presenti nell'area di Brebbia Superiore.
- Area 6 - è caratterizzata da ciottoli, ghiaie, sabbie e limi, presenta inoltre bassa soggiacenza della falda, si trova nell'area di via Pasubio.

I valori attribuiti ai 7 parametri sono convertiti in punteggi attraverso alcuni abachi previsti dal metodo stesso; questi punteggi vengono successivamente moltiplicati per i pesi scelti all'interno della stringa che meglio descrive la situazione idrogeologica. Per le aree presso il lago e presso il fiume Bardello è stata scelta la stringa di pesi per aree soggette a drenaggio (Tabella 6.3), adatta a zone soggette ad esondazione; per le restanti tre aree è stata utilizzata la stringa per aree soggette ad impatto rilevante, adatta a zone con antropizzazione estesa e/o abbondanti colture.

Parametro	I. normale	Impatto rilevante	Drenaggio	Carsismo	Fessurato
S	5	5	4	2	3
I	4	5	4	5	3
N	5	4	4	1	3
T	3	5	2	3	4
A	3	3	5	5	4
C	3	2	5	5	5
S	3	2	2	5	4

Tab. n. 6.3 – Stringa di pesi moltiplicatori previsti per Sintacs R5

Nelle tabelle seguenti sono rappresentati, per ciascuna delle sei aree prese in esame, i punteggi assegnati ai diversi parametri, ai pesi e i totali. Nella parte bassa delle tabelle è inoltre indicato il grado di vulnerabilità delle aree ricavato confrontando i risultati delle analisi

con gli intervalli di vulnerabilità definiti dal metodo Sintacs (Civita, 2005).

Sabbie fini e limi (depositi fluviali)				
Parametro	Valore	Punt.	Peso	Tot.
Soggiacenza	0-2 m	10	4	40
Infiltrazione	510 mm/anno	4,5	4	18
Non-saturo	Alluvioni medio-fini	3,5	4	14
Tipologia copertura	Sabbie fini e limi	4,5	2	9
Acquifero	Alluvioni medio-fini	6	5	30
Conducibilità idraulica	10^{-5} - 10^{-6} m/s	3,5	5	17,5
Superficie topografica (pendenza in %)	15-20%	4	2	8
	Grado di vulnerabilità medio			136,5

Tab. n. 6.4 – Stima della vulnerabilità intrinseca nell'Area 1.

Limi sabbiosi ed argillosi (depositi lacustri)				
Parametro	Valore	Punt.	Peso	Tot.
Soggiacenza	0-2 m	10	4	40
Infiltrazione	170 mm/anno	7	4	28
Non-saturo	Argilla, limo, torba	1	4	4
Tipologia copertura	Argilla, limo, torba	1,5	2	3
Acquifero	Argilla, limo, torba	1,5	5	7,5
Conducibilità idraulica	10^{-6} - 10^{-7}	2	5	10
Superficie topografica (pendenza in %)	5-10%	7	2	14
	Grado di vulnerabilità medio/basso			106,5

Tab. n. 6.5 – Stima della vulnerabilità intrinseca nell'Area 2.

<i>Ciottoli, ghiaie, sabbie e limi (depositi fluvioglaciali)</i>				
Parametro	Valore	Punt.	Peso	Tot.
Soggiacenza	20 m	3,5	5	17,5
Infiltrazione	170 mm/anno	7	5	35
Non-saturo	Depositi glaciali	4	4	16
Tipologia copertura	Franco sabbioso-limoso	5	5	25
Acquifero	Depositi glaciali	5	3	15
Conducibilità idraulica	10^{-5} - 10^{-6} m/s	3,5	2	7
Superficie topografica (pendenza in %)	5-10%	7	2	14
			Grado di vulnerabilità medio	129,5

Tab. n. 6.6 – Stima della vulnerabilità intrinseca nell'Area 3.

<i>Sabbie, ghiaie e ciottoli in matrice limosa (depositi morenici)</i>				
Parametro	Valore	Punt.	Peso	Tot.
Soggiacenza	>20m	2	5	10
Infiltrazione	170 mm/anno	7	5	35
Non-saturo	Depositi glaciali	4	4	16
Tipologia copertura	Franco sabbioso-limoso	5	5	25
Acquifero	Depositi glaciali	4,5	3	13,5
Conducibilità idraulica	10^{-8} - 10^{-7} m/s	2	2	4
Superficie topografica (pendenza in %)	25-30%	1,5	2	3
			Grado di vulnerabilità medio/basso	106,5

Tab. n. 6.7 – Stima della vulnerabilità intrinseca nell'Area 4.

Formazione della Maiolica (Substrato lapideo)				
Parametro	Valore	Punt.	Peso	Tot.
Soggiacenza	>20m	2	5	10
Infiltrazione	170 mm/anno	7	5	35
Non-saturo	Calcere	5	4	20
Tipologia copertura	Franco sabbioso	5,5	5	27,5
Acquifero	Calcere	7	3	21
Conducibilità idraulica	10^{-7} m/s	2	2	4
Superficie topografica (pendenza in %)	> 30%	1	2	2
Area inclinata	Grado di vulnerabilità medio/basso			119,5

Tab. n. 6.8 - Stima della vulnerabilità intrinseca nell'Area 5.

Ciottoli, ghiaie, sabbie e limi (depositi fluvioglaciali), bassa soggiacenza				
Parametro	Valore	Punt.	Peso	Tot.
Soggiacenza	4 m	7	5	35
Infiltrazione	170 mm/anno	7	5	35
Non-saturo	Depositi glaciali	4	4	16
Tipologia copertura	Franco sabbioso-limoso	5	5	25
Acquifero	Depositi glaciali	5	3	15
Conducibilità idraulica	10^{-5} - 10^{-6} m/s	3,5	2	7
Superficie topografica (pendenza in %)	5-10%	7	2	14
	Grado di vulnerabilità medio/alto			147

Tab. n. 6.9 - Stima della vulnerabilità intrinseca nell'Area 6.

Dalle tabelle precedenti si evince che presso le aree omogenee 1 e 3 (depositi fluviali e depositi fluvioglaciali) i valori dei risultati ottenuti con il metodo SINTACS indicano un grado di vulnerabilità intrinseca medio. Nelle aree omogenee 2, 4 e 5 (depositi lacustri, depositi morenici e substrato lapideo), invece, i valori ottenuti indicano un grado di vulnerabilità medio/basso. Infine nell'area 6 (depositi

fluvioglaciali con bassa soggiacenza) il grado di vulnerabilità è medio/alto. Pertanto, nel comune di Brebbia sono stati individuati tre diversi gradi di vulnerabilità, come rappresentato nella carta degli elementi idrogeologici (Tav. n. 3).

GRADO DI VULNERABILITÀ MEDIO/BASSO

Rientrano in questa classe le aree caratterizzate da depositi lacustri in località Sabbie d'Oro e nella parte Sud Occidentale del Comune di Brebbia, i depositi morenici presenti nelle zone Occidentale ed Orientale del Comune e l'area nella quale affiora il substrato lapideo, in località Brebbia Superiore.

GRADO DI VULNERABILITÀ MEDIO

Appartengono a questa classe le zone caratterizzate da depositi fluviali in prossimità del fiume Bardello e del torrente Acquanegra e le aree che presentano depositi fluvioglaciali nella parte centrale del Comune e in località Ronchee.

GRADO DI VULNERABILITÀ MEDIO/ALTO

Appartiene a questa classe la zona caratterizzata da depositi fluvioglaciali lungo via Pasubio.

7 ELEMENTI IDROGRAFICI, IDROLOGICI E IDRAULICI

La carta degli elementi idrografici, idrologici e idraulici (Tav. n. 4 in scala 1:5.000) è stata redatta con lo scopo di rappresentare gli elementi più importanti legati al reticolo idrografico comunale.

Il comune di Brebbia presenta una modesta rete di corsi d'acqua e fossi, spesso a carattere temporaneo, che però interferiscono con le aree urbanizzate.

7.1 Reticolo idrografico

Il territorio di Brebbia è interessato dalla presenza di due corsi d'acqua facenti parte del reticolo idrico principale della Regione Lombardia, così come definiti nell'allegato A della D.G.R. n° 7/13950 del 01 agosto 2003:

- Fiume Bardello, che costituisce il confine settentrionale del territorio comunale.
- Torrente Acquanegra, limitatamente ad un breve tratto lungo il confine con il Comune di Malgesso.

Tutti gli altri corsi d'acqua sono definiti minori e come tali di competenza comunale:

- "Fosso di via Iselle" che confluisce nel Bardello presso il depuratore.
- "Fosso Villaggio Europa" piccolo corso d'acqua che si origina a valle di Brebbia Superiore e viene intubato a monte di piazza A. Moro.
- "Fosso Mirabella", affluente del T.te Acquanegra presso il confine con Malgesso.
- *Fosso Brughiera I*", che si origina in un'area depressa adiacente alla S.P. 35 (via Cavour) e termina presso via Vittorio Veneto.

- "Roggia Paradiso", tratto attualmente intubato che collega il Fosso Brughiera I e il Fosso di via Iselle.
- "Fosso San Michele", lungo il confine orientale con Malgesso.
- "Fosso Brughiera II", che si origina al termine di via Vittorio Veneto e confluisce nel Fosso Mirabella presso via del Ponticello.
- "Fosso Ronco", che si origina presso il depuratore del Ronco, nel settore meridionale del territorio comunale.
- "Fosso di via Buonarroti" che scorre sul rilievo morenico vicino alla località Ghiggerima.
- Piccoli fossi in località Sabbie d'Oro, denominati "Fossi Sabbie d'Oro".
- Rete di scoli e fossi nel settore meridionale del territorio comunale, denominati "Scoli Palladino".

7.2 Lago Maggiore

Il Lago Maggiore presenta una forma stretta ed allungata in senso N-S con una superficie totale di 212 km²; la profondità massima è di 372 m che corrispondono ad una altezza assoluta di -179 m s.l.m. Il bacino imbrifero si estende su un'area di 6.598,49 km² (il 49% circa ricadenti in territorio italiano).

Recenti studi sul profilo dei laghi alpini (Fig. 7.1) hanno messo in luce che la loro profondità è di diverse centinaia di metri e il loro fondo roccioso giace sotto l'attuale livello del mare sepolto da sedimenti non consolidati.

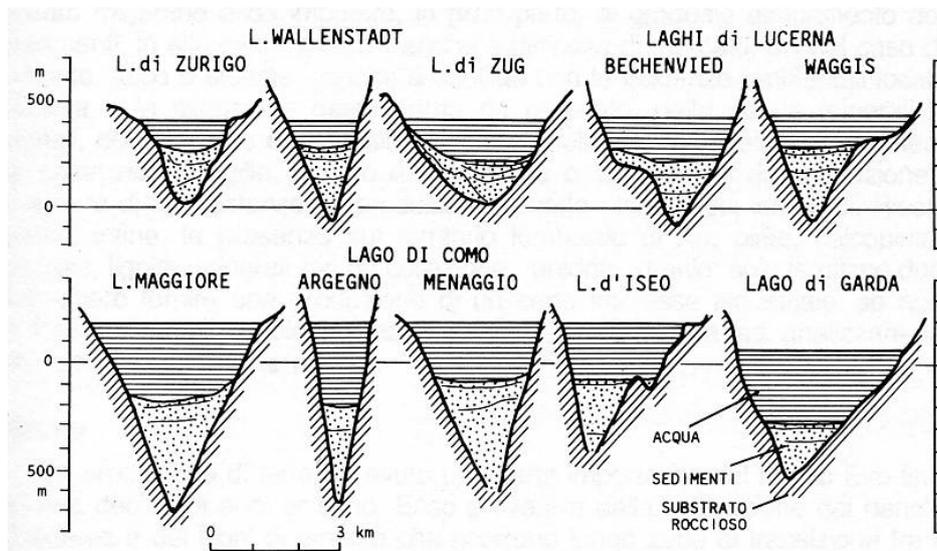


Fig. 7.1 – Profili attraverso i laghi alpini (da Finckh 1978, modificato).

L'origine dei laghi lombardi non può quindi essere messa direttamente in relazione con l'azione glaciale per via della loro profondità e del profilo a "V". La loro origine è messa in rapporto alla "crisi di salinità" del Messiniano (6 - 5 milioni di anni fa), in seguito alla profonda e rapida incisione operata dai fiumi che scendevano dalle Alpi quando il livello del mare nel Mediterraneo era da 2 a 3 km sotto il livello del geoide, a causa dell'interruzione di comunicazione con l'Oceano Atlantico.

Successivamente gli episodi glaciali (Pleistocene) hanno interessato queste aree con imponenti fronti glaciali che si spingevano fino alla Pianura Padana: il ghiacciaio del Lago Maggiore nella sua fase di massima espansione si spingeva fin quasi ad Oleggio. Al loro ritiro i ghiacciai hanno lasciato dietro di sé spesse coltri di detriti talvolta riconoscibili per la tipica forma dell'anfiteatro morenico. La morfologia glaciale si è quindi sovrimposta su quella più antica fluviale, allargandone parzialmente il profilo.

Analisi idraulica

In base al Piano della Protezione Civile del 1999 e allo studio idraulico sono state determinate, per prefissati tempi di ritorno (30, 50, 200 anni), le seguenti quote del livello del lago:

Tr 30 anni → 196,84 m.s.l.m.

Tr 50 anni → 197,16 m s.l.m.

Tr 100 anni → 197,42 m s.l.m.

Tr 200 anni → 197,66 m s.l.m.

Le aree interessate da esondazione con i tempi di ritorno prefissati sono evidenziate in tavola n. 4. E' da notare che nella tavola non è stata riportata la fascia di esondazione corrispondente al tempo di ritorno di 100 anni perché molto simile alla fascia con tempo di ritorno fino a 200 anni.

7.3 Fiume Bardello

Il Fiume Bardello costituisce l'unico emissario del Lago di Varese. Il suo bacino idrografico ha un'estensione di circa 135 km², comprendendo parte del versante meridionale del massiccio del Campo dei Fiori e la superficie dei laghi di Varese e Comabbio. All'interno del Comune di Brebbia compie un tragitto di circa 6 km, fino alla confluenza nel Lago Maggiore in località Bozza.

Descrizione dell'alveo

L'alveo presenta una larghezza compresa tra 7 e 15 m e presenta profondità variabili tra 0.5 e 1.2 m.

Nel tratto iniziale in loc. Piona scorre a ridosso di numerose abitazioni, situate però ad altezza non raggiungibile dalle acque per piene ordinarie (tempi di ritorno inferiori a 50 anni); qui le sponde sono piuttosto basse e interessate da opere di difesa spondale in massi. In prossimità di via Piona, l'alveo diventa molto largo con estese barre detritiche; qui è presente una vecchia opera di presa che riconfluisce nel Bardello poco più a valle. In questo tratto le sponde sono molto

basse (altezza inferiore a 50 cm dal pelo libero) e sono frequenti gli episodi di alluvionamento.

Appena a monte del grande meandro è situata l'opera di derivazione per la "Centrale idroelettrica Buzzi", tuttora attiva. Negli ultimi anni si sono avute profonde modificazioni del tracciato in questo punto con diversi "salti" che hanno portato all'attuale conformazione più rettilinea. In sinistra sono presenti delle scarpate alte fino a 5 m, interessate da movimenti franosi innescati dall'attività erosiva in occasione degli eventi di piena. In destra è invece presente un'area pianeggiante che costituisce una cassa di laminazione naturale. In località Bosco Grosso anche la scarpata sinistra decresce permettendo fenomeni di esondazione, che solo limitatamente coinvolgono gli insediamenti industriali. In località Mulino Nuovo è presente una nuova derivazione attualmente in disuso ed in pessimo stato di conservazione (un tratto completamente distrutto); qui è inoltre presente un'ampia area pianeggiante che rappresenta un tratto di meandro abbandonato: attualmente qui si segnalano episodi di ristagno e alluvionamento. Fino alla località Marzott è presente un elevato terrazzo fluviale, che si pone a ridosso dell'asta fluviale solo lungo via Monte Nero. In corrispondenza del Cottonificio Brebbia (attraversamento S.P. 32) l'originaria morfologia è stata modificata per la realizzazione dell'impianto industriale; è stata realizzata un'opera di derivazione e l'alveo del Bardello, in sotterranea per un primo tratto, è poi compreso entro muri in c.a. o in massi, fino alla curva verso S.

Terminata l'area industriale le scarpate si rifanno vicine al corso d'acqua. Queste sono caratterizzate da diversi fenomeni franosi innescati dall'erosione al piede. Dopo l'attraversamento della linea ferroviaria e della S.P. 69 non sono più presenti terrazzi fluviali; l'andamento è molto sinuoso ed il deflusso è controllato dalla quota del Lago. In quest'ultimo tratto ampie aree in località Bozza possono essere interessate da fenomeni di alluvionamento.

Analisi idraulica

La presenza di alcuni specchi lacustri all'interno del bacino rende del tutto atipico il comportamento del torrente in occasione degli eventi di pioggia di maggiore intensità. L'effetto della presenza dei laghi si traduce infatti in grandi capacità di invaso, con conseguenti possibilità di accumulo temporaneo della portata meteorica, e di successivo lento rilascio del medesimo volume accumulato, con tempi che di norma superano abbondantemente le durate di pioggia. La presenza dei laghi sortisce quindi una sorta di "effetto tampone" nei confronti delle portate originate da eventi di pioggia di particolare intensità, con l'effetto di diminuire in maniera sensibile l'intensità degli eventi di piena. Esiste però una importante fetta del bacino idrografico (la parte compresa tra l'abitato di Bardello e lo sbocco a lago) che non può contare su tali effetti di laminazione, e nei quali la portata originata dagli eventi di pioggia alimenta direttamente le onde di piena lungo l'asta del torrente. L'estensione di tale porzione di bacino ammonta a circa 23 km².

Le caratteristiche sopra indicate impongono un approccio piuttosto articolato al problema della determinazione delle onde di piena lungo il bacino. Si dovranno infatti confrontare le portate di piena prodotte nella porzione di bacino situata a valle dell'uscita del torrente dal lago di Varese, di origine essenzialmente meteorica e legate a precipitazioni della durata limitata a qualche ora, con le portate prodotte da grandi innalzamenti del livello del lago, legate a precipitazioni di media intensità e di lunga durata. Il primo contributo viene calcolato con criteri essenzialmente idrologici, tenendo conto altresì del progressivo aumento della portata raccolta man mano che ci si avvicina alla foce (e quindi man mano che aumenta l'area della superficie drenata. Il secondo contributo viene determinato ricorrendo ad un modello di simulazione del comportamento del lago, concepito tenendo conto, oltre che delle precipitazioni, dei livelli di massima piena annuale disponibili, elaborati con metodi statistici.

I successivi calcoli idraulici verranno condotti utilizzando il valore di portata corrispondente al colmo dell'onda di piena prodotta dalla sovrapposizione dei due contributi.

La situazione calcolata nell'area ubicata a valle dell'attraversamento della linea ferroviaria F.S. Sesto Calende - Luino, risulta prevalentemente influenzata dal livello del lago Maggiore: le aree di potenzialmente sommerse sono state tracciate semplicemente evidenziando le aree ubicate a quote topografiche rispettivamente inferiori alle quote raggiunte dal livello del lago con gli assegnati tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni.

A monte del sottopasso ferroviario, il corso del torrente attraversa un'area relativamente pianeggiante, con fondo vallivo abbastanza ampio, nettamente delimitato dagli orli di due terrazzi morfologici, che presentano scarpate di altezza compresa fra 8,00 e 10,00 m. Il tratto è abbastanza pianeggiante, con frequenti cambi di direzione della corrente; si rilevano inoltre situazioni locali di erosione delle sponde, assieme ad aree nelle quali invece la corrente tende a rallentare, creando aree di deposito del materiale solido eroso nelle sezioni di monte. Tutto ciò sembra delineare un'area nella quale il corso d'acqua è soggetto a continue evoluzioni, con tendenza a modificare lentamente e progressivamente il proprio percorso, tendenza che subisce delle brusche accelerazioni in occasione dei fenomeni di piena. A maggiore riprova di ciò, si può osservare che il letto del torrente di norma non occupa una posizione centrale nel fondo vallivo, ma tende a spostarsi verso l'uno o verso l'altro dei versanti che lo delimitano. Come di norma accade in tali casi le velocità di scorrimento calcolate risultano relativamente basse, anche in occasione dei fenomeni di piena di maggiore intensità, salvo situazioni locali determinate da repentini aumenti di pendenza. Le aree potenzialmente sommerse dalle onde di piena in transito occupano in pratica l'intero fondovalle, con livelli che, per i tempi di ritorno considerati, di norma non superano il metro al di sopra del piano campagna, anche in occasione delle piene più rovinose.

La situazione sopra descritta può essere ritenuta valida sino al sottopasso di via Montenero. A monte di tale attraversamento, le caratteristiche morfologiche dell'alveo mutano sensibilmente: il fondo vallivo tende a restringersi, ed i cambiamenti di direzione della corrente risultano molto meno frequenti. La sezione dell'alveo appare in linea generale sufficiente ad accogliere la portata in transito, se si escludono quei punti nei quali il livello della corrente risulta condizionato dalla presenza di opere di sbarramento.

Risalendo il corso del torrente si trova un nuovo tratto ricco di meandri, caratterizzato da pendenze e velocità di scorrimento piuttosto basse e da frequenti cambi di direzione, con zone di erosione localizzata e zone di deposito. Tali caratteristiche risultano ancora più evidenti a monte del sottopasso del canale di adduzione di una centrale per produzione di energia elettrica. Verosimilmente, il corso del fiume in questa zona ha più e più volte, nel corso dei millenni, modificato il proprio percorso, e si può ancor oggi trovare traccia dei percorsi abbandonati più di recente, nelle aree più depresse che attualmente ospitano acque stagnanti. Come già osservato per il tratto a valle anche in quest'area l'intero fondo vallivo può essere soggetto ad allagamenti con tempi di ritorno di norma inferiori a 50 anni. Tenuto conto della velocità assunta dalla corrente durante gli eventi di piena (mediamente compresa fra 1,20 ed 1,50 m/s) e dei corrispondenti livelli idrici, si può però ragionevolmente escludere che allagamenti ed esondazioni possano in quest'area assumere carattere rovinoso.

8 PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (condizioni locali) possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi che devono essere considerati nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area.

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 grandi gruppi di effetti locali: quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli dovuti ad instabilità.

Effetti di sito o di amplificazione sismica locale: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali. Tali effetti si distinguono in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:

- *effetti di amplificazione topografica:* si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto; se l'irregolarità topografica è

rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto;

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

Effetti di instabilità: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono rappresentati in generale da fenomeni di instabilità consistenti in veri e propri collassi e talora movimenti di grandi masse di terreno incompatibili con la stabilità delle strutture; tali instabilità sono rappresentate da fenomeni diversi a seconda delle condizioni presenti nel sito.

Nel caso di *versanti in equilibrio precario* (in materiale sciolto o in roccia) si possono avere fenomeni di riattivazione o neoformazione di movimenti franosi (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazionali e colamenti), per cui il sisma rappresenta un fattore d'innescò del movimento sia direttamente a causa dell'accelerazione esercitata sul suolo sia indirettamente a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali.

Nel caso di *aree interessate da particolari strutture geologiche sepolte e/o affioranti in superficie tipo contatti stratigrafici o tettonici quali faglie sismogenetiche* si possono verificare movimenti relativi verticali ed orizzontali tra diversi settori areali che conducono a scorrimenti e cedimenti differenziali interessanti le sovrastrutture.

Nel caso di *terreni particolarmente scadenti dal punto di vista delle proprietà fisico-meccaniche* si possono verificare fenomeni di scivolamento e rottura connessi a deformazioni permanenti del suolo; per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di fenomeni di densificazione ed addensamento del materiale, mentre per terreni granulari fini (sabbiosi) saturi di acqua sono possibili fluimenti e colamenti parziali o generalizzati a causa dei fenomeni di liquefazione.

Nel caso di *siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vacuolari presenti nel sottosuolo* si possono verificare fenomeni di subsidenza più o meno accentuati in relazione al crollo parziale o totale di cavità sotterranee.

8.1 Normativa

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", pubblicata sulla G.U. n. 105 dell'8 maggio 2003 Supplemento ordinario n. 72, vengono individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale, e fornite le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse.

La Regione Lombardia, con D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2003, ha preso atto della classificazione fornita in prima applicazione dalla citata Ordinanza 3274/03 (Fig. n. 8.1).

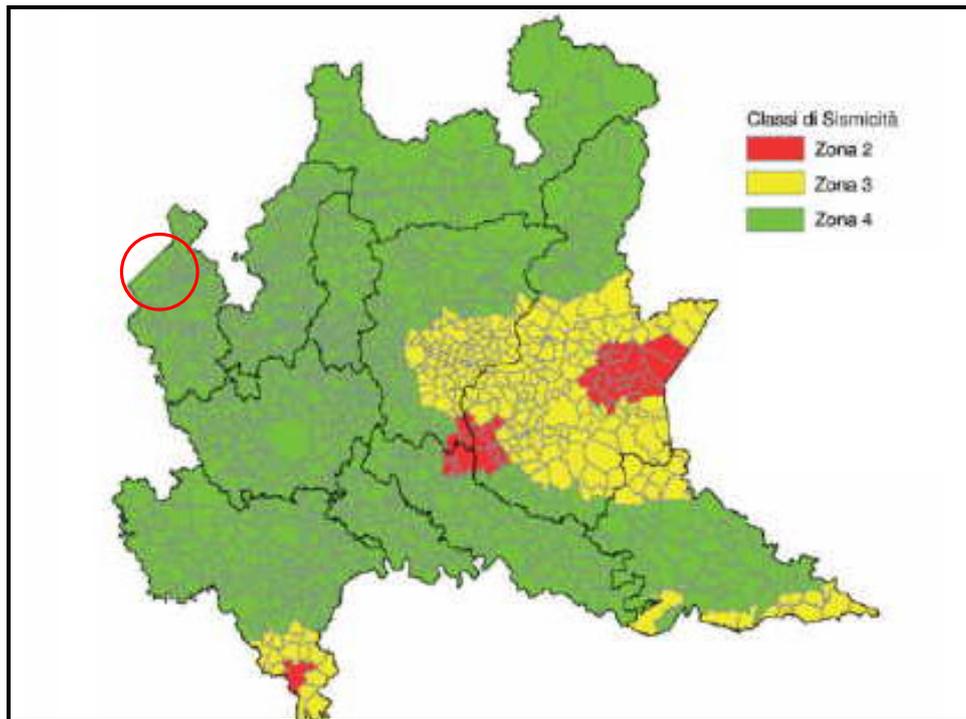


Fig. n. 8.1 – Classificazione sismica dei Comuni della Lombardia.

8.2 Analisi della sismicità del territorio

L'analisi della sismicità locale è stata condotta secondo la metodologia presentata nell'Allegato 5 della D.G.R. n. 8/1566 del 22-12-05. La metodologia utilizzata si fonda sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione della Regione Lombardia, i cui risultati sono contenuti in uno "Studio-Pilota" redatto dal Politecnico di Milano – Dip. di Ingegneria Strutturale, reso disponibile sul SIT regionale.

Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento, di seguito sintetizzati:

1^o livello: riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento), sia di dati esistenti.

Questo livello, obbligatorio per tutti i Comuni, prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, nella quale deve essere

riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo, riportate nella Tabella 1 dell'Allegato 5, in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree a pericolosità sismica locale - PSL).

2[^] livello: caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrare nella carta di pericolosità sismica locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa). L'applicazione del 2[^] livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano). Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3[^] livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore (anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della C, nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria D; anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della D; anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della D). Il secondo livello è obbligatorio, per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, nelle aree PSL, individuate attraverso il 1[^] livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5) e interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica. Per i Comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato, nelle aree PSL Z3 e Z4, nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della D.G.R. n. 14964/2003; ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

3[^] livello: definizione degli effetti di amplificazioni tramite indagini e analisi più approfondite. Tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi:

- quando, a seguito dell'applicazione del 2[^] livello, si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale all'interno degli scenari PSL caratterizzati da effetti di amplificazioni

morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5);

- in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z1, Z2 e Z5).

Il 3^o livello è obbligatorio 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, sociali essenziali.

Gli approfondimenti di 2^o e 3^o livello non devono essere eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica.

8.3 Carta della pericolosità sismica locale (PSL)

La carta della pericolosità sismica locale (Tav. n. 5) rappresenta il risultato dell'analisi di 1^o livello che consiste in un approccio di tipo qualitativo, propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; si tratta di un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti.

Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti (dati esistenti già inseriti nella cartografia di analisi e inquadramento).

Nella Carta della pericolosità sismica locale viene riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo (Tab. n. 8.1) in grado di determinare gli effetti sismici locali.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	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
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Tab. n. 8.1 – Scenari di pericolosità sismica locale (sono evidenziati gli scenari individuati per il territorio di Brebbia).

In particolare nel territorio comunale di Brebbia, sulla base delle precedenti analisi geologiche e geomorfologiche, sono state riconosciute le seguenti aree di pericolosità sismica locale (PSL)

Z1a) Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi: comprende le aree nelle quali i rilievi effettuati hanno messo in luce la presenza di fenomeni di dissesto attivi: si tratta di piccole aree interessate da scivolamenti superficiali e colate lungo la scarpata di erosione del Bardello e del pendio che da Brebbia Superiore degrada verso Est.

Z1b) Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti: comprende le aree nelle quali i rilievi effettuati hanno messo in luce la presenza di fenomeni di dissesto quiescenti: si tratta di piccole aree interessate da scivolamenti superficiali e colate (lungo la scarpata del Bardello, lungo l'incisione del Fosso Brughiera I e del pendio a N-O di Brebbia Superiore).

Z1c) Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana: comprende le aree nelle quali, in base a considerazioni sulla litologia dei terreni affioranti e sulla pendenza, oltre che dalle evidenze in sito, si ritengono possibili fenomeni di dissesto. Si tratta delle aree di versante maggiormente acclivi (rilievi morenici di Ghiggerima, Motta Pivione e Brebbia Superiore) e delle principali incisioni vallive (Fiume Bardello, Fosso Brughiera I, .

Z2) Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti: comprende l'area lungo il fiume Bardello, la zona vicino alla riva del Lago Maggiore in località Sabbie d'Oro e l'area Sud Occidentale del Comune di Brebbia, al confine con Ispra. Sono zone caratterizzate dalla presenza di terreni a granulometria fine, spesso con falda prossima al piano campagna, suscettibili di potenziale liquefazione.

Z3a) Zona di ciglio: è evidenziato sulla cartografia da un elemento lineare che mette in risalto l'orlo delle scarpate principali, aventi altezza superiore a 10 m e inclinazione superiore a 10°.

Z3b) Zona di cresta: anch'essa evidenziata sulla cartografia da un elemento lineare che mette in risalto le linee di cresta principali (arrotondate e appuntite).

Z4a) Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi: in questa zona è compresa tutta la parte centrale e settentrionale del Comune di Brebbia comprendente l'intero settore urbanizzato, costituito da materiali di origine fluvioglaciale di natura ghiaiosa, sabbiosa e limosa.

Z4c) Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche): in questa zona sono comprese le aree dei dossi morenici, caratterizzate da coperture glaciali con spessore consistente.

La carta della pericolosità sismica locale permette anche l'assegnazione diretta della classe di pericolosità e dei successivi livelli di approfondimento necessari (Tab. n. 8.2):

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	CASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	H3
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	H2 – livello di approfondimento 3°
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	H2 – livello di approfondimento 3°
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	H2 – livello di approfondimento 2°
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	H2 – livello di approfondimento 2°
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	H2– livello di approfondimento 3°

Tab. n. 8.2 – *Classi di pericolosità per ogni scenario di pericolosità sismica locale (sono evidenziati gli scenari individuati per il territorio di Brebbia).*

All'interno delle aree definite come suscettibili di amplificazione sismica ed in prossimità delle linee di ciglio e di cresta (entro una distanza pari a c.ca l'altezza complessiva della relativa scarpata), nel caso di edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03), devono essere sviluppati anche i livelli di approfondimento 2° e 3°.

I valori soglia che determinano situazioni per le quali la Normativa Nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione locale sono riportati nella seguente tabella (Tab. n. 8.3)

Intervallo	Categoria di suolo di fondazione			
	B	C	D	E
0.1 - 0.5	1,4	1,9	2,2	2,0
0.5 - 1.5	1,7	2,4	4,2	3,1

Tab. n. 8.3 – *Fattore di amplificazione di soglia per il Comune di Brebbia.*

Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3^o livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore con il seguente schema:

- anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C, nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

Si propone che anche per costruzioni residenziali ed industriali di particolare importanza (elevati volumi) vengano applicati il 2^o livello ed eventualmente anche il 3^o livello di approfondimento.

9 PERICOLOSITÀ DA FRANA

La carta della pericolosità frane della Provincia di Varese (documento RIS 3 del PTCP, Fig. n. 9.1) evidenzia per il territorio comunale di Brebbia tre aree con pericolosità bassa:

- zona Nord Ovest del Comune, in Località Sabbie d'Oro,
- settore ad Est della Località Ghiggerima di Sopra
- piccola area in Località Piona, nella zona Nord Ovest del Comune.

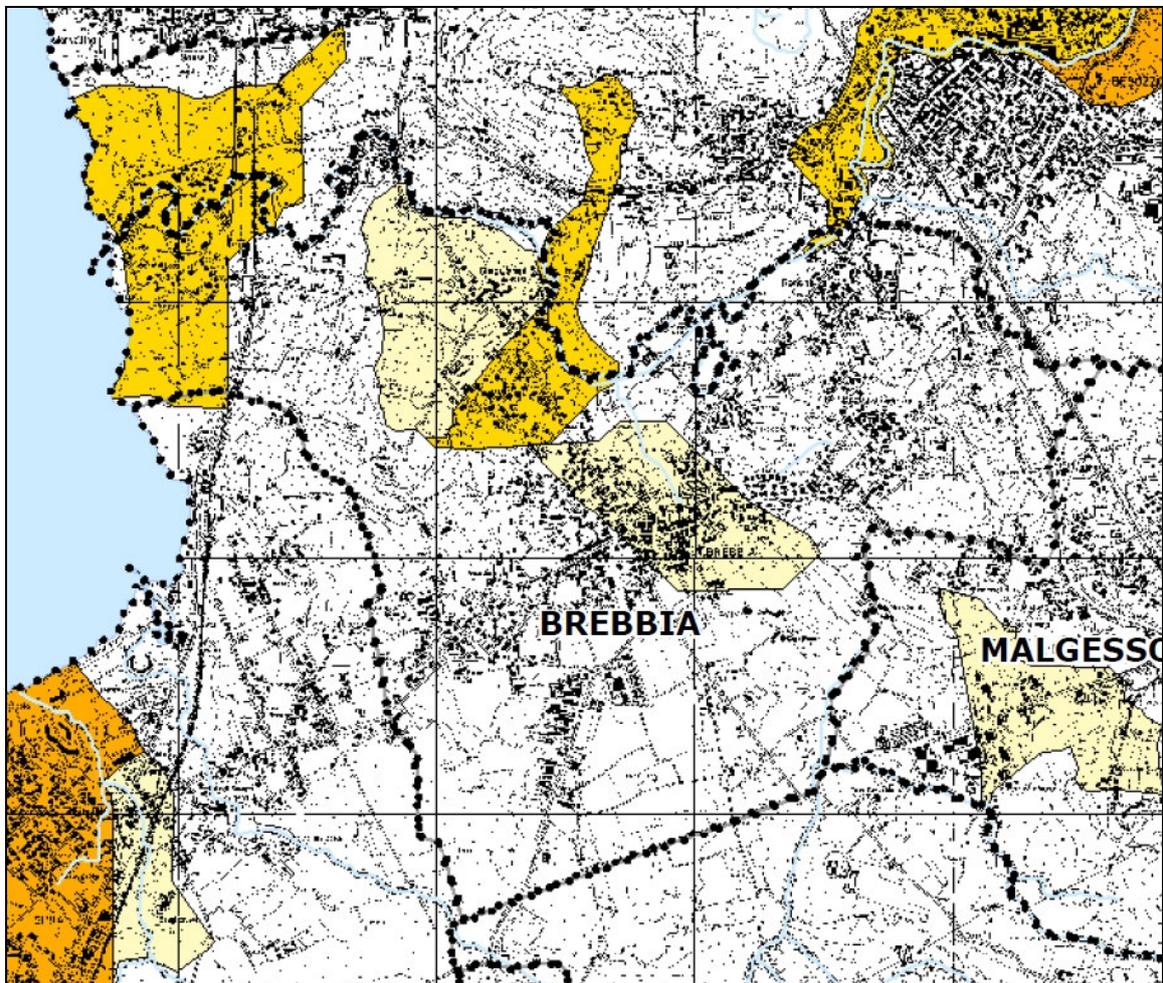


Fig. 9.1 – Classi di pericolosità presenti nel Comune di Brebbia (dalla Tav. RIS3 del PTCP della Provincia di Varese). In giallo sono rappresentate le aree a pericolosità molto bassa o nulla, in arancio le aree a pericolosità bassa.

Le aree sopra citate sono caratterizzate in generale da un modellato topografico subpianeggiante con acclività molto modesta interrotta in corrispondenza delle scarpate erosionali del Fiume Bardello che presentano inclinazioni superiori a 5°.

Le carte inventario dei fenomeni franosi e i database dei dissesti segnalano nel territorio comunale alcune aree a franosità diffusa lungo le sponde del Fiume Bardello e in una zona a Nord Est del rilievo di Brebbia Superiore

I rilievi in sito hanno individuato alcuni fenomeni di dissesto (attivi e quiescenti) proprio in corrispondenza di queste scarpate. Si tratta di fenomeni di scivolamento che coinvolgono i terreni sciolti (prevalentemente sabbie) di natura alluvionale e fluvioglaciale che costituiscono i pendii che delimitano il corso del fiume; l'attività erosiva del corso d'acqua costituisce, in occasione degli episodi di piena, il fattore scatenante gli eventi franosi.

Non si ritiene necessario effettuare gli studi di approfondimento (All. 2 D.G.R. 22/12/05 n. 8/1566) in quanto questi fenomeni di dissesto non interferiscono con zone urbanizzate.

10 VINCOLI

La carta dei vincoli (Tav. n. 6) è stata redatta su tutto il territorio comunale alla scala 1:5.000; vi sono rappresentate le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore di contenuto prettamente geologico con particolare riferimento a:

- Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89;
- Vincoli di polizia idraulica ai sensi della d.g.r. 25 gennaio 2002, n. 7/7868 e successive modificazioni;
- Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile.

Nell'ambito del territorio comunale di Brebbia sono stati individuati i seguenti vincoli.

10.1 Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89

Non sono presenti, sul territorio comunale di Brebbia, vincoli derivanti dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (D.P.C.M. 24 maggio 2001) e dal Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (D.P.C.M. 24 luglio 1998).

I poligoni presenti nella cartografia allegata sono costituiti dagli elementi presenti nella Carta inventario dei Fenomeni franosi della Regione Lombardia, attentamente valutati tramite rilievi di terreno e altri fenomeni in aggiornamento del sopraccitato quadro del dissesto presente nel SIT regionale.

Aree di frana attiva (Fa): si tratta delle aree nelle quali sono stati riconosciuti processi di instabilità attivi (scivolamenti, colate). Queste porzioni di territorio sono soggette all'applicazione dell'art. 9, comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI.

Nelle aree Fa sono esclusivamente consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria degli edifici, così come definiti alla lettera a) dell'art. 27, comma 1 della L.R. 12/05;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche o di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- le opere di bonifica, di sistemazione e di monitoraggio dei movimenti franosi;
- le opere di regimazione delle acque superficiali e sotterranee;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto dello stato di dissesto in essere.

Aree di frana quiescente (Fq): sono state comprese entro questa categoria le frane con stato di attività quiescente (scivolamenti, colate e franosità diffusa).

Nelle aree Fq, oltre agli interventi previsti per le aree di frana attiva, sono consentiti (art. 9, comma 3 delle Norme di Attuazione del PAI)

- gli interventi di manutenzione straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere b) e c) dell'art. 27, comma 1 della L.R. 12/05, senza aumenti di superficie e volume;

- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico funzionale;
- gli interventi di ampliamento e ristrutturazione di edifici esistenti, nonché di nuova costruzione, purchè consentiti dallo strumento urbanistico adeguato al presente Piano ai sensi e per gli effetti dell'art. 18, fatto salvo quanto disposto dalle linee successive;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue e l'ampliamento di quelli esistenti, previo studio di compatibilità dell'opera con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente; sono comunque escluse la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D. Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22. E' consentito l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi dello stesso D.Lgs. 22/1997 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 del D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

Aree a pericolosità molto elevata (Ee): si tratta delle aree prossime al corso del Fiume Bardello interessate da fenomeni di esondazione con tempi di ritorno di 50 anni e con significativi valori di velocità e/o altezze d'acqua.

Le attività in queste aree sono regolate dall' art. 9 comma 5 delle Norme di Attuazione del PAI, Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, così come definiti alle lett. a), b), c) dell'art. 27, comma 1 della L.R. 12/05;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;

- l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue;
- l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

Aree a pericolosità media o moderata (Em): comprende le porzioni di territorio circostanti il Bardello allagabili con minor frequenza in seguito ad eventi meteorici eccezionali (tempi di ritorno superiori a 100 anni).

Nelle aree Em compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente.

10.2 Vincoli di polizia idraulica

Sono riportate le fasce di rispetto dei corsi d'acqua comunali, ai sensi della D.G.R. 25 gennaio 2002 n. 7/7868 e successive modificazioni.

Lungo i corsi d'acqua identificati sono state delimitate due fasce di rispetto:

Fascia di tutela assoluta

Per tutti i corsi d'acqua la perimetrazione della fascia ha seguito un criterio geomorfologico-geometrico, con estensione minima di m 10 dal ciglio spondale o dal piede esterno dell'argine.

Norme tecniche - Al fine di garantire una corretta accessibilità alle aree, oltre ad evitare ostruzioni alle possibili aree di divagazione dei corsi d'acqua, nonché una gestione razionale del territorio e della risorsa idrica, si definiscono le attività vietate o realizzabili previa verifica ed autorizzazione comunale.

a.1) Sono lavori ed attività vietate

- Lo scavo, il riporto, la trasformazione morfologica delle aree
- Le piantagioni di alberi, siepi ed arbusti; lo sradicamento di piante e ceppaie oltre a qualsiasi attività agricola.
- La costruzione di muri anche non sporgenti dal piano campagna.
- La realizzazione di pescaie e chiuse.
- La posa di tralicci, pali, teleferiche, a carattere permanente.
- La realizzazione di impianti di smaltimento rifiuti, discariche e cave.
- Sono ammesse le recinzioni su paletti e reti da 6 a 10 metri dal piede esterno dell'argine fermo restando il divieto assoluto da 0 a 6 metri.
- Qualunque intervento che possa essere di danno alle sponde e/o alle opere di difesa esistenti.

a.2) Interventi ammessi previa valutazione di compatibilità e successiva autorizzazione da parte dell'Amministrazione Comunale.

Sono lavori ed attività ammessi:

- Interventi di regimazione idraulica con o senza occupazione di suolo demaniale, finalizzati ad interventi di protezione, difesa e manutenzione del corso d'acqua.
- Ripristino terrazzamenti e strutture di stabilizzazione territoriale esistenti e realizzazione di nuove opere di difesa e consolidamento, realizzate anche da privati, purché supportati da studio e verifica di compatibilità che documenti l'effettiva necessità e l'assenza di interferenze negative sull'assetto idrologico-idraulico e idrogeologico.
- Scarichi nei corsi d'acqua, realizzati nel rispetto della vigente normativa ovvero nei limiti di portata previsti dal D.Lgs 11 maggio 1999 n. 152 e DGR n. 7/7868 del 25/01/2002, previa valutazione della capacità del corpo idrico a smaltire le portate scaricate.
- Infrastrutture di pubblico interesse.
- Interventi di attraversamento dei corpi idrici.

a.3) Interventi relativi ad edifici strutture ed infrastrutture esistenti

- La previsione degli interventi edilizi per quanto riguarda gli aspetti geologici dovrà far riferimento alla D.G.R. del 22/12/2005 n.8/1566.
- Sono possibili interventi manutentivi.

Fascia di protezione

Questa fascia, tracciata su base geometrica, si estende per 10 m dalla fascia di tutela assoluta.

Norme tecniche - Per tali zone sono permessi non solo la realizzazione d'interventi di difesa idrogeologica come per le zone di tutela assoluta, ma anche interventi edificatori.

In tal caso la progettazione dovrà essere accompagnata da uno studio geologico di dettaglio teso a definire:

- Gli aspetti geotecnici e/o geomeccanici dei terreni e/o rocce di sedime.
- Gli aspetti concernenti la stabilità del complesso opera-ciglio spondale nel caso di alvei molto incisi con dislivelli tra letto e argine > 5 metri.
- Gli aspetti idrologici con particolare riferimento all'erosione operata dalle acque di scorrimento superficiale dirette verso l'alveo torrentizio.

Tali studi dovranno tener conto di fattori quali: l'orografia, il clima, il suolo e sottosuolo, il regime idraulico e la vegetazione. Non ultimo dovranno essere considerati i fattori antropici come il periodo d'intervento, la possibilità di manutenzione e la modalità di esecuzione del lavoro.

In linea generale non dovranno essere previsti interventi che favoriscano il deflusso "selvaggio" delle acque con susseguente erosione lungo il versante e lungo il ciglio torrentizio e che impediscano l'assorbimento naturale nel suolo.

10.3 Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile

Sono riportate le aree di tutela assoluta e di rispetto, ai sensi del D.Lgs. 258/2000, art. 5, dei pozzi comunali.

L'**area di tutela assoluta** (art. 5 comma 4 D.Lgs. 258/2000) e' costituita dall'area immediatamente circostante la captazione: essa deve avere una estensione di almeno dieci metri di raggio dal punto di captazione, deve essere adeguatamente protetta (recinzioni; sistemi di allontanamento delle acque meteoriche; impermeabilizzazione del terreno superficiale; difesa da esondazioni di corpi idrici superficiali) e adibita esclusivamente ad opere di captazione o presa e ad infrastrutture di servizio.

L'**area di rispetto** e' costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta; nel caso dei pozzi del Comune di Brebbia è stata perimetrata (D.G.R. 27 giugno 1996 n. 6/15137 "*direttive per l'individuazione delle aree di salvaguardia delle captazioni di acque sotterranee destinate al consumo umano*") con il criterio temporale secondo l'inviluppo delle isocrone a 60 giorni (provvedimento autorizzativo della Provincia di Varese n. 736 del 27/02/03).

Quest'area deve essere sottoposta a vincoli e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata (art. 5 comma 5 D.Lgs. 258/2000). In particolare nella zona di rispetto sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

- a. dispersione di fanghi ed acque reflue, anche se depurati;
- b. accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
- c. spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;
- d. dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche proveniente da piazzali e strade;
- e. aree cimiteriali;
- f. apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;
- g. apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione della estrazione ed alla protezione delle caratteristiche qualitative quantitative della risorsa idrica;
- h. gestione di rifiuti;
- i. stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- l. centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- m. pozzi perdenti;

- n. pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. E' comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.

Per gli insediamenti o le attività di cui ai punti precedenti, preesistenti, ove possibile e comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento: in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza.

All'interno delle zone di rispetto le seguenti strutture od attività:

- a) fognature;
- b) edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;
- c) opere viarie, ferroviarie ed in genere infrastrutture di servizio;
- d) le pratiche agronomiche e i contenuti dei piani di utilizzazione di cui alla lettera c) del comma 5.

sono disciplinate dalla D.G.R. 10 aprile 2003, n. 7/12693: "Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle aree di rispetto, art. 21, comma 6, del D.Lgs. 152/99 e successive modificazioni".

11 SINTESI

Al fine di raccogliere, in un unico elaborato, le informazioni più significative per la pianificazione territoriale è stata proposta una Carta di Sintesi alla scala 1:2.000 (Tav. n. 7), che evidenzia i differenti aspetti dell'area oggetto di studio.

L'elaborato risulta essere il documento finalizzato al gruppo interdisciplinare di progettazione del piano ed avrà lo scopo di fornire un quadro sintetico dello stato del territorio al fine di procedere a valutazioni diagnostiche.

Tale documento, in conformità alle specifiche tecniche di cui alla Direttiva regionale N° 8/1566 del 22-12-05 e N° 8/7374 del 28 Maggio 2008, in attuazione della L.R. 12/05, alle linee guida metodologiche ed alle indicazioni classificative ivi contenute è stato elaborato attraverso la sovrapposizione dei singoli tematismi considerati, che sono parsi i più idonei per descrivere compiutamente le caratteristiche del territorio comunale. Gli elementi geo-ambientali riportati nella cartografia di dettaglio sono stati raggruppati secondo tematiche simili tenendo conto dei fattori prevalenti, sia in senso qualitativo sia quantitativo, al fine di fornire un quadro sintetico dello stato del territorio.

La carta di sintesi riporta una zonizzazione del territorio comunale, che consente di visualizzare la pericolosità geologica intrinseca dei vari settori e di tradurla in termini d'idoneità all'utilizzazione urbanistica. All'interno della direttiva vengono elencate tutte le possibili classi entro cui porre le aree sensibili.

Per rendere più agevole la lettura, le categorie riportate nella delibera sono state suddivise in classi e numerate progressivamente.

A)	AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITÀ DEI VERSANTI	Classe di fattibilità
A.1	Aree soggette a crolli di massi (distacco e accumulo)	4
A.2	Aree interessate da distacco e rotolamento di blocchi provenienti da depositi superficiali	4
A.3	Aree di frana attiva (scivolamenti, colate ed espansioni laterali)	4
A.4	Aree in frana quiescente (scivolamenti, colate ed espansioni laterali)	4
A.5	Aree a franosità superficiale attiva diffusa (scivolamenti, soliflusso)	4
A.6	Aree a pericolosità potenziale per grandi frane complesse	4
A.7	Aree in erosione accelerata (calanchi, ruscellamento in depositi superficiali o rocce deboli)	4
A.8	Aree interessate da trasporto in massa e flussi di detrito su conoide	4*
A.9	Aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in roccia fratturata e stimata o calcolata area di influenza	4
A.10	Aree a pericolosità potenziale legata a orientazione sfavorevole della stratificazione in roccia debole e stimata o calcolata area di influenza	3
A.11	Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di colate in detrito e terreno valutate o calcolate in base alla pendenza e alle caratteristiche geotecniche dei terreni	3
A.12	Aree di percorsi potenziali di colate di detrito e terreno	4*
A.13	Aree a pericolosità potenziale legate alla presenza di terreni a granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati, comprensive delle aree di possibile accumulo	3
A.14	Aree interessate da valanghe già avvenute	4
A.15	Aree a probabile localizzazione di valanghe potenziali	4
A.16	Aree protette da interventi di difesa efficaci ed efficienti	3
A.17	Aree estrattive attive o dimesse non ancora recuperate, comprendendo una fascia di rispetto da valutare in base alle condizioni di stabilità dell'area	3
A. ...	Altro	

B)	AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO	Classe di fattibilità
B.1	Aree ad elevata vulnerabilità degli acquiferi definite nell'ambito dello studio o nei piani di tutela di cui al D-Lgs 258/2000	3
B.2	Aree con emergenze idriche diffuse (fontanili, sorgenti)	4
B.3	Aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese	3
B.4	Aree interessate da carsismo profondo con presenza di inghiottitoi e doline	4
B.5	Aree interessate da intensa fratturazione (faglie, famiglie di fratture, etc.)	
B. ...	Altro	

C)	AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO	Classe di fattibilità
C.1	Aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili (indicativamente con tempi di ritorno inferiori a 20 - 50 anni), con significativi valori di velocità e/o altezze d'acqua o con consistenti fenomeni di trasporto solido	4
C.2	Aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minore frequenza (indicativamente tempi di ritorno superiori a 100 anni) e/o con modesti valori di velocità ed altezze d'acqua tali da non pregiudicare l'incolumità delle persone, la funzionalità di edifici e infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche	3
C.3	Aree potenzialmente inondabili individuate con criteri geomorfologici tenendo conto delle criticità derivanti da punti di debolezze delle strutture di contenimento quali tratti di sponde in erosione, punti di possibile tracimazione, sovralluvionamenti, sezioni di deflusso insufficienti anche a causa della presenza di depositi di materiale vario in alveo o in sua prossimità, etc.	4
C.4	Aree soggette ad esondazione lacuale	3
C.5	Aree già allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali nelle quali non siano state realizzate opere di difesa e quando non è possibile definire un tempo di ritorno	4

C.6	Aree protette da interventi di difesa dalle esondazioni efficaci ed efficienti, delle quali sia stato verificato il corretto dimensionamento secondo i criteri di cui all'allegato 3 (con portate solido-liquide aventi tempo di ritorno almeno centennale)	3
C.7	Aree interessabili da fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette da interventi di difesa	4
C.8	Aree adiacenti a corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di opere di difesa	4
C.9	Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina - pianura	3
C. ...	Altro	

D)	AREE CHE PRESENTANO SCADENTI	Classe di fattibilità
D.1	Aree di possibile ristagno, torbose e paludose	3
D.2	Aree prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante (riportare gli spessori)	3
D.3	Aree con consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali (indicare le ampiezze)	3
D.4	Aree con riporti di materiale, aree colmate	3
D. ...	Altro	

Tab. 11.1 - *Ambiti di pericolosità e vulnerabilità secondo il D.G.R. n° 8/1566 del 22-12-05; *Classi di ingresso di fattibilità che non possono essere variate.*

11.1 Ambiti di pericolosità e vulnerabilità rinvenuti sul territorio comunale

Qui di seguito verranno elencate le classi effettivamente rinvenibili sul territorio del Comune di Brebbia:

- **Classe A:** *aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti*
 - A.3: Aree di frana attiva.
 - A.4: Aree di frana quiescente.
 - A.13: Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di fenomeni di dissesto valutate in base alla pendenza e alle caratteristiche geotecniche dei terreni.

- **Classe B:** *aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico*
 - B.3: Aree con limitata soggiacenza della falda.

- **Classe C:** *aree vulnerabili dal punto di vista idraulico*
 - C.1: Aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili (indicativamente con tempi di ritorno inferiori a 50 anni), con significativi valori di velocità e/o altezze d'acqua.
 - C.2: Aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minore frequenza (indicativamente tempi di ritorno superiori a 50 anni) e/o con modesti valori di velocità ed altezze d'acqua.
 - C.3: Aree potenzialmente inondabili individuate con criteri geomorfologici.
 - C.4: Aree soggette ad esondazioni lacuali.
 - C.7: Aree interessate da fenomeni di erosione fluviale.

- **Classe D:** *aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche*
 - D.1: Aree di possibile ristagno, torbose e paludose;
 - D.2: Aree con terreni prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante;
 - D.4: Aree con riporti di materiale.

- **Classe E:** *interventi in aree di dissesto o di prevenzione in aree di dissesto potenziale in relazione ai versanti*
- E.1: Opere di contenimento del versante (muri, gabbionate, scogliere);
- E.2: Opere di difesa spondale (scogliere, gabbionate, etc.);

- **Classe F:** *Aree a debole vulnerabilità geologica*
- F.1: Aree di versante mediamente acclive interessate da limitati fenomeni di dilavamento
- F.2: Aree da debolmente acclivi a pianeggianti con fenomeni geologici ed idrogeologici non rilevanti.

11.2 Descrizione degli elementi di sintesi

Le varie classi descritte di seguito indicano le tipologie di dissesto che le interessano, dando dei riferimenti geografici per la loro individuazione nelle cartografie tematiche relative.

A. Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

Le aree appartenenti a questa tipologia comprendono i settori di territorio interessati da frane, attive o quiescenti e le zone potenzialmente instabili valutate in base all'acclività e alle caratteristiche litologiche, rappresentate dalle scarpate di erosione fluviale e dai pendii dei rilievi morenici.

A.3: AREE DI FRANA ATTIVA

Appartengono a questa classe tre aree interessate sia dalla presenza di singoli fenomeni franosi attivi (frane in corrispondenza del meandro del Fiume Bardello) sia da più fenomeni vicini (scarpata del Bardello

presso via Pasubio). Queste aree presentano una elevata pericolosità in relazione ai fenomeni franosi evidenziati.

A.4: AREE DI FRANA QUIESCENTE

Si tratta di tre aree nelle quali sono state evidenziate delle frane quiescenti, che non mostrano quindi segni di attività recente. Queste aree sono in corrispondenza della scarpata a NE di Brebbia Superiore, lungo il settore di monte del Fosso Brughiera e lungo il meandro del Bardello presso lo stabilimento Buzzi. Questi fenomeni, pur non essendo attivi, presentano una elevata pericolosità in relazione alla possibilità di riattivazione, accentuata dall'attività erosiva al piede, nel caso del Fosso Brughiera e del Bardello e in generale dagli altri fenomeni geomorfologici evidenziati (ruscellamento diffuso e concentrato).

A.13: AREE A PERICOLOSITÀ POTENZIALE LEGATA A POSSIBILITÀ DI INNESCO DI FENOMENI DI DISSESTO VALUTATE IN BASE ALLA PENDENZA E ALLE CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

In questa classe sono inserite le aree nelle quali sono stati riconosciuti i tipici fenomeni di versante, quali limitati smottamenti, solchi di ruscellamento concentrato e diffuso e accumuli di colate detritiche di modesta volumetria. Sono pure inserite le aree nelle quali questi fenomeni non sono sviluppati in modo evidente, ma che presentano simili caratteristiche di acclività e di litologia. Si tratta quindi di tutte le aree a pendenza medio – alta impostate su depositi morenici.

B. Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

Ricadono in questa classe di sintesi quelle aree che presentano caratteristiche connesse all'esistenza di acquiferi che possono essere captati o meno, vulnerabili o protetti, emergenti o sotterranei.

B.3: AREE CON LIMITATA SOGGIACENZA DELLA FALDA

In questo ambito rientra una fascia localizzata nel settore nord-occidentale del territorio comunale, compresa tra il Lago Maggiore, il Fiume Bardello ed una quota di circa 210 m s.l.m.. I dati ricavati dalle misurazioni nei pozzi e dall'osservazione di diversi punti di emergenza idrica indicano la presenza di una falda sub-superficiale drenata dal Lago e dal corso d'acqua principale. Il fattore di pericolosità non è rappresentato solo dalla vulnerabilità dell'acquifero all'inquinamento, ma anche da considerazioni geotecniche dovute all'interazione della falda con eventuali opere antropiche.

C Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

In questa classe di sintesi sono raggruppate le aree interessate o potenzialmente interessate da fenomeni di esondazione fluviale e lacustre e le aree di pertinenza dei corsi d'acqua minori.

C.1: AREE RIPETUTAMENTE ALLAGATE IN OCCASIONE DI PRECEDENTI EVENTI ALLUVIONALI O FREQUENTEMENTE INONDABILI (INDICATIVAMENTE CON TEMPI DI RITORNO INFERIORI A 50 ANNI), CON SIGNIFICATIVI VALORI DI VELOCITÀ E/O ALTEZZE D'ACQUA

Si tratta delle aree lungo il Fiume Bardello che potenzialmente sono interessate da fenomeni di inondazione per piene ordinarie (tempo di ritorno inferiore a 50 anni). Queste aree sono già state oggetto in passato di fenomeni di inondazione.

C.2: AREE ALLAGATE IN OCCASIONE DI EVENTI METEORICI ECCEZIONALI O ALLAGABILI
CON MINORE FREQUENZA (INDICATIVAMENTE TEMPI DI RITORNO SUPERIORI A 50 ANNI)
E/O CON MODESTI VALORI DI VELOCITÀ ED ALTEZZE D'ACQUA

Comprendono in genere i settori potenzialmente inondabili con tempi di ritorno compresi tra 50 e 200 anni. Inoltre sono state comprese in questa classe le aree urbanizzate inondabili con tempi di ritorno più bassi, ma caratterizzate da valori modesti di velocità e altezza d'acqua, che non pregiudicano la sicurezza delle persone e la stabilità delle strutture (area industriale del cotonificio Albini); inoltre semplici accorgimenti costruttivi possono ridurre gli effetti delle inondazioni.

C.3: AREE POTENZIALMENTE INONDABILI INDIVIDUATE CON CRITERI GEOMORFOLOGICI

Si tratta di limitate aree lungo i corsi d'acqua minori (Fosso Brughiera, Fosso Mirabella) che presentano evidenti punti di debolezza quali alvei privi di sponda o incisione (termine dell'alveo ben definito del Fosso Brughiera presso via Vittorio Veneto) sezioni di deflusso insufficienti a causa di attraversamenti o di accumuli detritici (attraversamento a raso di una strada consortile da parte del Fosso Brughiera) o segni di esondazione (Fosso Mirabella a monte dell'attraversamento di via del Ponticello).

C.4: AREE SOGGETTE AD ESONDAZIONE LACUALE

Si tratta delle aree lungo la sponda del Lago Maggiore, vengono distinte:

- C.4a aree poste a quote inferiori a 196,84 m s.l.m. corrispondenti ad un tempo di ritorno di 30 anni;
- C.4b aree poste a quote inferiori a 197,16 m s.l.m. corrispondenti ad un tempo di ritorno di 50 anni.
- C.4c aree poste a quote inferiori a 197,66 m s.l.m. corrispondenti ad un tempo di ritorno fino a 200 anni.

C.7: AREE INTERESSABILI DA FENOMENI DI EROSIONE FLUVIALE

Queste aree sono caratterizzate dalla presenza di piccoli impluvi, rogge e fossi di scolo lungo i quali si possono realizzare, in occasione di eventi pluviometrici intensi, fenomeni di erosione con piccoli

smottamenti delle sponde, fenomeni di esondazione e trasporto in massa.

L'area perimetrata coincide con la fascia di più stretta pertinenza di corsi d'acqua e rogge, direttamente interessata dai fenomeni sopra descritti.

D Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche

D.1: AREE DI POSSIBILE RISTAGNO, TORBOSE E PALUOSE

Ricadono in questa categoria le aree che presentano consistenti ristagni idrici, localizzati in corrispondenza di litologie limose e argillose. Il fenomeno di ristagno è favorito dalla bassa permeabilità tipica di depositi fini aventi inoltre scarse caratteristiche geotecniche.

Sono localizzate in modo esteso lungo la costa del lago Maggiore e in diversi punti del territorio comunale in corrispondenza di depressioni morfologiche (le più significative sono in loc. Ronco, presso via Vittorio Veneto e a valle della S.P.35 in loc. Brebbia Superiore.

D.2: AREE CON TERRENI PREVALENTEMENTE LIMO-ARGILLOSI CON LIMITATA CAPACITÀ

PORTANTE

In questa classe sono comprese le aree che presentano caratteristiche geotecniche scadenti, caratterizzate dalla presenza di limi sabbiosi e argillosi di origine lacustre. Sono presenti lungo la costa del Lago Maggiore in località Ronco tra la S.P. 50 e la S.P. 63.

D.4: AREE CON RIPORTI DI MATERIALE

In questa classe sono comprese limitate aree interessate dall'accumulo di materiali di riporto, sia per la realizzazione di rilevati stradali o ferroviari, sia per l'innalzamento del piano di fondazione di edifici, sia per la realizzazione di spiagge. L'eterogeneità di questi corpi, sia per quanto riguarda la composizione granulometrica sia per le modalità esecutive impone una particolare attenzione nel loro utilizzo. Alcuni di

questi accumuli sono già interessati da piccoli fenomeni di dissesto (rilevati lungo via per Cadrezzate).

E Interventi in aree di dissesto o di prevenzione in aree di dissesto potenziale

Nel territorio comunale di Brebbia non sono presenti particolari opere di mitigazione o protezione, sia lungo i corsi d'acqua (E.2) che in corrispondenza dei versanti (E.1). Si segnalano solo minimi interventi in prossimità delle opere di derivazione lungo il Bardello, in corrispondenza di alcuni scarichi (Fosso di via Iselle) e presso alcuni insediamenti industriali (Cotonificio Albini).

F Altre aree

Si tratta di quei settori del territorio comunale dove non sono stati riscontrati fenomeni di carattere geologico e geomorfologico particolarmente incidenti. Sono state distinte due categorie in funzione dell'acclività media:

F.1: AREE DI VERSANTE MEDIAMENTE ACCLIVE INTERESSATE DA LIMITATI FENOMENI DI DILAVAMENTO

Sono state delimitate le aree che presentano versanti con pendenze comprese tra 10° e 35°. Queste aree non mostrano estesi fenomeni di instabilità (si segnalano solo piccoli smottamenti o fenomeni di ruscellamento diffuso, isolati ed arealmente poco estesi). Queste zone vanno comunque trattate con cautela per la loro morfologia che potrebbe dare adito a dissesti, specialmente in caso di eventi meteorologici eccezionali o in caso di interventi antropici destabilizzanti.

Sono compresi anche versanti con pendenze minori ma che presentano la possibilità di essere interessate dall'espansione di fenomeni geomorfologici di versante (smottamenti, colate detritiche, ruscellamento, arretramento della scarpata erosionale, etc.).

F.2: AREE DA DEBOLMENTE ACCLIVI A PIANEGGIANTI CON FENOMENI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI NON RILEVANTI

Rientrano in questa categoria di sintesi quelle aree che non mostrano particolari fenomeni d'instabilità potenziali o in atto, che presentano una morfologia semi pianeggiante o poco ondulata con pendenze inferiori ai 10°.

Caratterizzano la parte centrale del territorio comunale di Brebbia, sulla quale sorge il centro abitato.

12 FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Tutte le analisi condotte permettono la definizione di questo elaborato (*Tav. n. 8 - Carta di fattibilità geologica*), che mediante la valutazione incrociata degli elementi cartografati, individua e formula una proposta di suddivisione dell'ambito territoriale d'interesse in differenti aree, che rappresentano una serie di "classi di fattibilità geologica". Tale elaborato non è da intendersi come una semplice carta del rischio geologico ma rappresenta una sintesi più applicativa delle problematiche connesse al territorio, unitamente alla situazione urbanistico-ambientale dell'area.

Sulla base delle indicazioni formulate dal Servizio Geologico della Regione Lombardia è proposta una classificazione costituita da differenti classi, in ordine alle possibili destinazioni d'uso del territorio; sono zone per le quali sono indicate sia informazioni e cautele generali da adottare per gli interventi, sia gli eventuali studi e le indagini di approfondimento.

In base alle valutazioni effettuate, considerando gli elementi geologici, geomorfologici ed idrogeologici riconosciuti, il territorio comunale è stato suddiviso in quattro classi di fattibilità geologica:

- *classe di fattibilità senza particolari limitazioni (1);*
- *classe di fattibilità con modeste limitazioni (2);*
- *classe di fattibilità con consistenti limitazioni (3);*
- *classe di fattibilità con gravi limitazioni (4).*

Per ogni classe di fattibilità vengono fornite indicazioni generali in ordine alle cautele necessarie da adottare in fase di realizzazione delle opere, come pure gli studi e le indagini da eseguire per un'adeguata definizione delle problematiche che si possono presentare.

Nelle zone limite tra le differenti classi di fattibilità geologica dovrà essere prestata particolare attenzione, considerando l'eventualità che questi possano subire rettifiche in base ad indagini geologiche specifiche di approfondimento.

Si ricorda che per tutte le aree, indipendentemente dalla classe di fattibilità geologica, valgono le prescrizioni dettate dal D.M. 14.01.2008: "Norme tecniche per le costruzioni".

12.1 Fattibilità senza particolari limitazioni (Classe 1)

Questa classe comprende le aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla variazione di destinazione d'uso. Vi ricadono le porzioni di territorio comprese nell'unità di sintesi:

1-F: AREE A DEBOLE VULNERABILITÀ GEOLOGICA

- *F.2: Aree da debolmente acclivi a pianeggianti con fenomeni geologici ed idrogeologici non rilevanti.*

Per tali zone dovranno comunque essere rispettate le prescrizioni dettate dal *D.M. 14.01.2008 "Norme tecniche per le costruzioni"*, verificando a scala locale la presenza di eventuali elementi di pericolosità.

12.2 Fattibilità con modeste limitazioni (Classe 2)

In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state riscontrate modeste condizioni limitative all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica d'uso dei terreni, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza la realizzazione di opere di difesa. Sono indicate le specifiche costruttive degli interventi edificatori e gli eventuali approfondimenti per la mitigazione del rischio.

Ricadono in questa classe le aree comprese nelle seguenti tipologie di pericolosità, con le relative unità di sintesi:

2-F: AREE A DEBOLE VULNERABILITÀ GEOLOGICA

- *F.1: Aree di versante mediamente acclive interessate da limitati fenomeni di dilavamento.*

La documentazione progettuale dovrà prevedere uno studio geologico che valuti oltre alle caratteristiche litologiche dell'area anche la presenza di fenomeni geomorfologici attivi e il grado di stabilità naturale del pendio, al fine di stabilire le reali condizioni di pericolosità e gli eventuali accorgimenti per garantire le necessarie condizioni di sicurezza del versante e dell'opera in progetto; particolare attenzione dovrà essere posta alle modalità di smaltimento delle acque meteoriche ed al rapporto tra opera e versante in relazione al possibile verificarsi di instabilità dei terreni oggetto di modifica morfologica.

In linea generale non dovranno essere previsti interventi che favoriscano lo scorrimento non controllato delle acque con susseguente erosione lungo il versante e che impediscano l'assorbimento naturale nel sottosuolo. Le recinzioni, che potrebbero fungere da sbarramento al naturale deflusso delle acque superficiali, dovrebbero essere di tipo permeabile.

Si dovrà inoltre porre attenzione alla profondità di riscontro di eventuali acquiferi superficiali.

12.3 Fattibilità con consistenti limitazioni (Classe 3)

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni per l'entità e la natura dei rischi individuati, per il superamento dei quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

L'utilizzo di queste aree per interventi di edificazione sarà subordinato alla realizzazione di indagini supplementari volte all'acquisizione di informazioni più particolareggiate ed alla programmazione di eventuali interventi di tutela e/o protezione.

Le aree a consistenti limitazioni sono contraddistinte dalle seguenti tipologie di pericolosità e dalle relative unità di sintesi:

3-A : AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITÀ DEI VERSANTI

- *A.13: Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di fenomeni di dissesto valutate in base alla pendenza e alle caratteristiche geotecniche dei terreni.*

All'interno di queste aree dovranno essere previsti indirizzi urbanistici volti alla limitazione del carico insediativo sul territorio (piccola edilizia residenziale e/o produttiva): si tratta infatti di aree che possono potenzialmente dare luogo a fenomeni di dissesto, specialmente in caso di incontrollata modifica dell'assetto morfologico.

Nella classe A.13 ogni nuova opera edificatoria andrà supportata da una specifica relazione geologica che definisca nel dettaglio, attraverso rilievi e prove in sito e/o di laboratorio, le locali caratteristiche stratigrafiche, i processi geomorfologici agenti e le proprietà dei materiali in modo da valutare puntualmente le condizioni di stabilità naturale e in relazione all'opera da realizzarsi. Particolari attenzioni dovranno inoltre essere poste al controllo delle acque superficiali, al fine di evitare fenomeni di ruscellamento incontrollato che potrebbero condurre al deterioramento delle condizioni di stabilità delle aree limitrofe.

3-B : AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO

- *B.3: Aree con limitata soggiacenza della falda.*

Si tratta di aree idonee all'urbanizzazione, nelle quali dovranno essere rispettate alcune cautele, sia dal punto di vista ambientale, per la tutela delle caratteristiche chimico fisiche delle acque di falda, sia dal punto di vista tecnico per le interazioni tra falda e strutture di fondazione.

Per la realizzazione di interventi in aree ricadenti in classe di sintesi B.3 è necessaria una relazione idrogeologica per definire le caratteristiche locali della falda, la posizione, le oscillazioni, le

interazioni con l'opera in progetto, nonché la sua vulnerabilità all'inquinamento.

Gli interventi edificatori dovranno inoltre considerare, attraverso adeguati studi, l'interazione con la circolazione idrica sotterranea e lo smaltimento delle acque meteoriche e reflue.

Dovranno essere previste, per gli insediamenti esistenti, opere di mitigazione del rischio quali l'allacciamento alla rete fognaria delle porzioni urbane non ancora servite, il censimento e l'eventuale bonifica dei pozzi perdenti.

I nuovi insediamenti civili ed industriali dovranno prevedere il recapito delle acque nere in fognatura.

3-C : AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO

- *C.2: Aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minore frequenza (indicativamente tempi di ritorno superiori a 100 anni) e/o con modesti valori di velocità ed altezze d'acqua.*
- *C.4b: Aree soggette ad esondazione lacuale con tempi di ritorno di 50 anni.*
- *C.4c: Aree soggette ad esondazione lacuale con tempi di ritorno fino a 200 anni.*

Nelle aree in classe C.2 sono comprese le zone aventi pericolosità per esondazione media o moderata. Si tratta di aree idonee all'utilizzazione urbanistica a condizione che, per le nuove edificazioni, vengano realizzati interventi tecnici a protezione delle eventuali acque di inondazione.

Dovranno essere chiaramente indicate, mediante uno specifico *studio di compatibilità idraulica* supportato da rilievi topografici di dettaglio, le quote di inondabilità del lotto edificabile in relazione alla piena di riferimento (Tr 100 anni) e le possibili interazioni tra l'intervento ed il deflusso delle acque di piena, indicando le metodologie per la messa in sicurezza delle opere previste.

Tutti gli interventi, dalle nuove opere alla ristrutturazione, dovranno essere conformi ai seguenti aspetti prescrittivi:

- raccolta ed adeguato smaltimento delle acque reflue e meteoriche;
- realizzazione delle superfici abitabili, delle aree sede dei processi industriali, degli impianti tecnologici e dei depositi di materiali sopraelevati rispetto al livello della piena di riferimento (almeno centennale), evitando in particolare la realizzazione di piani interrati;
- posizionamento degli ingressi in modo che non siano perpendicolari al flusso principale della corrente;
- orientazione delle strutture in progetto in modo da limitare la presenza di lunghe strutture trasversali alla corrente principale ed evitare la creazione di canali di scorrimento a forte velocità;
- favorire il deflusso e l'assorbimento delle acque di esondazione;
- realizzazione di opere di drenaggio per evitare le sottopressioni idrostatiche nei terreni di fondazione;
- realizzazione di opere di difesa per evitare fenomeni di erosione delle fondazioni superficiali;
- per le strutture esistenti si consiglia la realizzazione di aperture a tenuta stagna.

Si sottolinea inoltre che il settore C.2 è soggetto alle prescrizioni dell'art. 9 comma 6 bis delle Nda del PAI riguardante le aree a pericolosità media e moderata (Em).

Nelle aree ricadenti in classe C.4b e C.4c, sono compresi i settori soggetti ad esondazione lacuale con tempi di ritorno rispettivamente di 50 e 200 anni. Si tratta di aree idonee all'utilizzazione urbanistica a condizione che, per le nuove edificazioni, vengano realizzati interventi tecnici a protezione delle acque di inondazione.

Dovranno essere chiaramente indicate, mediante uno specifico *studio di compatibilità idraulica* supportato da appositi rilievi topografici, le quote di inondabilità del lotto edificabile in relazione alle piene di

riferimento (diversi tempi di ritorno 50/200 anni) e le possibili interazioni tra l'intervento e le acque di piena, indicando le metodologie per la messa in sicurezza delle opere previste. All'interno di queste aree dovranno essere previsti indirizzi urbanistici volti alla limitazione del carico insediativo sul territorio (piccola edilizia residenziale e/o produttiva). In particolare tutti gli interventi, dalle nuove opere alla ristrutturazione, dovranno essere conformi ai seguenti aspetti prescrittivi:

- divieto assoluto di realizzazione di piani interrati;
- raccolta ed adeguato smaltimento delle acque reflue e meteoriche;
- favorire il deflusso e l'assorbimento delle acque di esondazione;
- realizzazione di opere di drenaggio per evitare le sottopressioni idrostatiche nei terreni di fondazione;
- realizzazione di opere di difesa per evitare fenomeni di erosione delle fondazioni superficiali;
- per le strutture esistenti si consiglia la realizzazione di aperture a tenuta stagna;
- nelle aree comprese nella classe C.4b inoltre, in tutti gli interventi (dalle nuove opere alla ristrutturazione), le superfici abitabili dovranno essere sopraelevate rispetto alla quota di m 197,2 s.l.m., superiore alla quota di riferimento per tempi di ritorno di 50 anni.

Nei settori C.2, C.4b e C.4c, per le nuove edificazioni dovranno essere eseguite specifiche e puntuali indagini atte ad accertare le caratteristiche geotecniche dei terreni di imposta delle fondazioni ed il progetto dovrà essere accompagnato da una relazione geologica specifica che definisca nel dettaglio:

- l'assetto idrologico ed idrogeologico sia del sito di costruzione e/o intervento di modifica/trasformazione sia delle aree potenzialmente interagenti con il settore e definizione delle metodologie e soluzioni tecniche da adottare, comprendendo

- nell'analisi sia quanto attuabile come soluzione tecnica direttamente nell'opera sia quanto necessario realizzare a difesa del sito con eventuali interventi esterni;
- il reticolo superficiale e la tipologia della dinamica morfologica del bacino;
 - le portate di piena del reticolo idrografico presente, l'individuazione di eventuali punti critici e definizione del grado di deflusso delle sezioni esistenti;
 - la valutazione della possibile evoluzione territoriale e degli interventi attivi e/o passivi proponibili al fine di mitigare il rischio.

3-D : AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

- *D.1: Aree di possibile ristagno, torbose e paludose.*
- *D.2: Aree prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante.*
- *D.4: Aree con riporti di materiale.*

Per le aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche (unità di sintesi D.1 - D.2 - D.4), si dovrà procedere, in caso di interventi urbanistici (opere edificatorie, di ristrutturazione ed ampliamento, infrastrutturali, etc.) alla realizzazione di una relazione geotecnica supportata da indagini geognostico-geotecniche di dettaglio, in base a quanto previsto dal D.M. 14.01.2008, al fine di individuare i *parametri geotecnici* e/o geomeccanici principali e valutare quindi la portanza dei terreni di fondazione. Tale studio dovrà inoltre prendere in considerazione gli aspetti idrologici, idrogeologici e geomorfologici (scorrimento acque superficiali e sotterranee, fenomeni geomorfologici attivi).

Dove due o più ambiti di pericolosità si sovrappongono, la relazione di approfondimento dovrà toccare tutte le tematiche specifiche, viste sopra.

12.4 Fattibilità con gravi limitazioni (Classe 4)

In questa classe sono individuate le aree ove l'alto rischio geologico comporta gravi limitazioni per la modifica alla destinazione d'uso del territorio.

In tale ambito sono **escluse** nuova edificazione, se non interventi volti al consolidamento e/o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

Per gli edifici esistenti saranno consentiti esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro e risanamento conservativo così come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a) b) e c) della L.R. 12/2005, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativi. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

Inoltre eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico potranno essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili e 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, dovrà essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Per i nuclei abitati esistenti, quando non sarà strettamente necessario provvedere al loro trasferimento, dovranno essere predisposti idonei piani di protezione civile ed inoltre dovrà essere valutata la necessità

di predisporre sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto.

Le aree a gravi limitazioni sono contraddistinte dalle seguenti tipologie di pericolosità e dalle relative unità di sintesi:

4-A : AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITÀ DEI VERSANTI

- *A.3: Aree di frana attiva.*
- *A.4: Aree di frana quiescente.*

Per le aree comprese in queste classi di sintesi valgono le norme del PAI, in particolare art. 9 comma 2 (A.3) e comma 3 (A.4).

4-C : AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO

- *C.1: Aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili (indicativamente con tempi di ritorno inferiori a 50 anni), con significativi valori di velocità e/o altezze d'acqua.*
- *C.3: Aree potenzialmente inondabili individuate con criteri geomorfologici.*
- *C.4a: aree soggette ad esondazione lacuale con tempo di ritorno di 30 anni*
- *C.7: Aree interessate da fenomeni di erosione fluviale.*

Nelle aree inserite in classe C.1, classificate come aree a pericolosità molto elevata, valgono le norme del PAI, in particolare art. 9 comma 5.

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 sottolinea che gli approfondimenti di cui sopra, non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste dal D.M. 14.01.2008 "Norme tecniche per le costruzioni".

BIBLIOGRAFIA

- A.A.T.O. Provincia di Varese (2007): *Studio idrogeologico e idrochimico della Provincia di Varese a supporto delle scelte di gestione delle risorse idropotabili.*
- A.A.V.V. (1993): *Proposta di legenda geomorfologica ad indirizzo applicativo.*
- Amministrazione Provinciale di Varese (1985): *Carta litologica e geomorfologica del territorio provinciale di Varese in scala 1:10.000.*
- Barnaba P. F. (1982): *Studio geologico-ambientale del bacino del Lago di Comabbio (Varese). Idrogeologia e bilancio idrico preliminare.*
- Barnaba P. F. (1987): *Studio idrogeologico e ambientale del bacino del Lago di Monate (Varese).*
- Carrara, D'Elia, Semenza (1983): *Classificazione delle tipologie di fenomeni di versante.*
- Dott. Geol. Uggeri Alessandro, Dott. Geol. Fantoni Davide, Idrogea Servizi s.r.l. (2007): *Relazione tecnica di supporto alla richiesta di escavazione di un pozzo ad uso potabile presso il campo pozzi Ghiggerima in Comune di Brebbia.*
- Dott. Geol. Uggeri Alessandro, Dott. Ing. Tornaghi Marco, Dott. Geol. Fantoni Davide, Idrogea Servizi s.r.l. (2008): *Realizzazione di un nuovo pozzo ad uso potabile presso il campo pozzi Ghiggerima a servizio dell'acquedotto comunale di Brebbia. Progetto esecutivo delle opere di perforazione e di collegamento.*
- Provincia di Varese (1999): *Piano della Protezione Civile.*
- Provincia di Varese (2007): *Piano di Coordinamento Provinciale della Provincia di Varese.*
- Regione Lombardia, Territorio, Rischi idrogeologici (2002): *Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia.*

- Società Geologica Italiana (1990): *Alpi e Prealpi lombarde – Guide geologiche regionali.*
- Dott. Ing. Giorgio Amolari, Studio Associato Congeo (2002): *Studio per la ridelimitazione della fattibilità idrologica del territorio comunale lungo l’asta del Torrente Bardello.*
- Studi e relazioni tecniche precedenti.