



COMUNE DI VILLASANTA  
PROVINCIA DI MONZA E DELLA BRIANZA

**STUDIO GEOLOGICO IDROGEOLOGICO E SISMICO  
DI SUPPORTO AL PIANO DI GOVERNO DEL  
TERRITORIO**

(ai sensi della L.R. 12 dell'11 marzo 2005 e D.G.R. n. IX/2616 del 30 novembre 2011)

**“RELAZIONE GEOLOGICA”**

*(in recepimento della valutazione di compatibilità degli strumenti urbanistici comunali al PTCP)  
REVISIONE E AGGIORNAMENTO AI SENSI DELLA D.G.R. N.IX/2616 DEL 30/11/2011 e  
DELLA D.G.R. X/2129 DEL 11/07/2014*

Febbraio 2019



**Studio Associato di Geologia**

Sede legale: via Rossini 18, 21100 Varese

Sede operativa: via F. Turati 31, 20083 Gaggiano (MI)

Tel. +39 393/9856103

**Dott. Geol.  
A. Strini**

**Dott. Geol.  
F. Tomasi**

## SOMMARIO

<b>SOMMARIO .....</b>	<b>1</b>
<b>1. PREMESSA E OBIETTIVI.....</b>	<b>5</b>
<b>PRIMA PARTE .....</b>	<b>7</b>
<b>FASE DI ANALISI.....</b>	<b>7</b>
<b>2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....</b>	<b>7</b>
<b>3. RICERCA STORICA E BIBLIOGRAFICA .....</b>	<b>7</b>
3.1. Documentazione bibliografica .....	8
3.2. Piano Territoriale Regionale .....	9
3.3. Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale.....	11
3.3.1. <i>Assetto idrogeologico e sismico.....</i>	<i>11</i>
3.3.2. <i>Sistema delle acque sotterranee.....</i>	<i>12</i>
3.3.3. <i>Sistema delle acque superficiali .....</i>	<i>12</i>
3.3.4. <i>Ricarica degli acquiferi .....</i>	<i>13</i>
3.3.5. <i>Struttura geomorfologica come carattere fisico delle unità di paesaggio .....</i>	<i>13</i>
3.4. Programma di Tutela e Uso delle Acque .....	14
3.5. Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) .....	17
3.5.1. <i>Studi di dettaglio sul fiume Lambro .....</i>	<i>19</i>
3.6. Piano di gestione del rischio alluvioni – revisione 2015.....	35
<b>4. INQUADRAMENTO METEOCLIMATICO.....</b>	<b>39</b>
4.1. Temperatura dell'aria.....	39
4.2. Precipitazioni.....	41
4.3. Eventi estremi .....	45
<b>5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO .....</b>	<b>46</b>
5.1. Geologia di superficie.....	47
5.2. Geologia di primo sottosuolo .....	48
5.3. Geologia di sottosuolo .....	49
5.4. Morfologia .....	51

<b>6. IDROGRAFIA .....</b>	<b>53</b>
6.1. Il fiume Lambro.....	53
6.1.1. Portate .....	54
6.1.2. Eventi di piena .....	55
6.2. Le rogge e i torrenti .....	56
6.2.1. Torrente Molgorana .....	56
6.2.2. Roggia Molini Asciiutti.....	56
6.2.3. Roggia Ghiringhella .....	56
6.2.4. Roggia Gallarana.....	56
<b>7. IDROGEOLOGIA .....</b>	<b>57</b>
7.1. Classificazione delle unità di sottosuolo .....	57
7.2. Opere di captazione e di monitoraggio della falda.....	60
7.3. Caratteri piezometrici locali .....	65
7.4. Qualità delle acque di falda .....	68
7.5. Potenziali centri di pericolo .....	76
7.6. Vulnerabilità intrinseca dell'acquifero superficiale .....	77
7.6.1. Generalità .....	77
7.6.2. Metodo SINTACS.....	77
7.6.3. Parametri di input e relativi valori.....	78
7.6.4. Risultati.....	82
<b>8. BILANCIO IDRICO .....</b>	<b>85</b>
8.1 Fabbisogno idrico .....	86
8.2 Fabbisogno idrico futuro .....	88
<b>9. PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO TECNICA .....</b>	<b>88</b>
9.1. Sintesi delle indagini geognostiche disponibili.....	88
9.2. Cave .....	89
9.3. Gli "occhi pollini" .....	90
<b>10. ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE.....</b>	<b>92</b>
10.1. Aspetti normativi e metodologici .....	92

10.2.	Approfondimento di I livello .....	94
10.2.1.	Zonazione sismica preliminare .....	95
10.3.	Approfondimento di II livello .....	96
10.3.1.	Introduzione.....	96
10.3.2.	Procedura semplificata di II livello per amplificazioni litologiche: scenari Z4.....	97
10.3.3.	Metodologia di indagine: Multichannel Analysis of Surfaces Waves (MASW) ....	99
10.3.4.	Area 1.....	100
10.3.5.	Area 2 .....	105
10.3.6.	Area 3 .....	111
10.3.7.	Area 4.....	117
10.3.8.	Valutazione del grado di protezione .....	122
10.3.9.	Analisi dei risultati .....	123
<b>11.</b>	<b>PERICOLOSITA' E RISCHIO DA ESONDAZIONI.....</b>	<b>124</b>
	<b>SECONDA PARTE.....</b>	<b>126</b>
	<b>FASE DI SINTESI/VALUTAZIONE .....</b>	<b>126</b>
<b>12.</b>	<b>QUADRO DEI VINCOLI NORMATIVI PRESENTI SUL TERRITORIO .....</b>	<b>126</b>
12.1.	Vincoli derivati dalla pianificazione di bacino ai sensi della Legge 183/89.....	126
12.2.	Vincoli di Polizia Idraulica.....	128
12.3.	Salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile .....	129
12.4.	Vincoli derivati dal P.T.R.....	130
12.5.	Vincoli derivati dalla pianificazione provinciale .....	130
<b>13.</b>	<b>SINTESI DEGLI ELEMENTI CONOSCITIVI.....</b>	<b>131</b>
13.1.	Ambiti di pericolosità e vulnerabilità rinvenuti sul territorio .....	131
13.1.1.	Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico .....	131
13.1.2.	Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico.....	132
13.1.3.	Aree vulnerabili dal punto di vista geotecnico .....	133
	<b>TERZA PARTE.....</b>	<b>134</b>
	<b>FASE DI PROPOSTA.....</b>	<b>134</b>
<b>14.</b>	<b>FATTIBILITA' GEOLOGICA .....</b>	<b>134</b>
14.1.	Classe di fattibilità geologica 4 – fattibilità con gravi limitazioni .....	135

14.2.	Classe di fattibilità geologica 3 – fattibilità con consistenti limitazioni.....	136
14.3.	Classe di fattibilità geologica 2 – fattibilità con modeste limitazioni .....	136
<b>15.</b>	<b>CARTA PAI-PGRA .....</b>	<b>138</b>

### **ELABORATI CARTOGRAFICI**

Tavola 1 – Carta geologica e geomorfologica (scala 1:5.000)
Tavola 2 – Carta idrogeologica (scala 1:5.000)
Tavola 3 – Carta dell'idrografia superficiale (scala 1:5.000)
Tavola 4 – Sezioni geologiche
Tavola 5 – Carta di prima caratterizzazione geotecnica (scala 1:5.000)
Tavola 6 – Carta della pericolosità sismica locale di I e II livello (scala 1:5.000)
Tavola 7 – Carta della pericolosità e rischio da esondazioni (scala 1:5.000)
Tavola 8 – Carta dei vincoli geologici sovraordinati (scala 1:5.000)
Tavola 9 – Carta di sintesi degli elementi conoscitivi (scala 1:5.000)
Tavola 10 – Carta di fattibilità geologica (scala 1:5.000)
Tavola 11 – Carta PAI-PGRA (scala 1:5.000)

### **ALLEGATI**

Allegato 1 - Indagini pregresse (su supporto informatico)
Allegato 2 - Stratigrafie pozzi (su supporto informatico)
Allegato 3 - Schede pozzi (su supporto informatico)
Allegato 4 – Studio idraulico di valutazione di dettaglio delle condizioni di pericolosità e rischio redatto ai sensi del PGRA (ALTENE Ingegneri Associati, aprile 2018) (su supporto informatico)

## 1. PREMESSA E OBIETTIVI

L'Amministrazione comunale di Villasanta (MB) ha affidato a geoSferA Studio Associato di Geologia l'incarico per la redazione dell'aggiornamento/revisione dello studio geologico del territorio comunale a supporto del Piano di Governo del Territorio (P.G.T.) vigente, in attuazione della L.R. 12/2005, art. 57, comma 1, anche in relazione alla nuova classificazione sismica adottata da Regione Lombardia (d.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129) e, nel contempo, per l'aggiornamento del reticolo idrico minore ai sensi della d.g.r. X/7581 del 18 dicembre 2017 di aggiornamento alla d.g.r. X/4229 del 23/10/2015 e s.m.i.

Lo studio ha come obiettivo quello di definire la componente geologica, idrogeologica e sismica del territorio e di fornire, in raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata (P.T.R., P.T.C.P. e P.A.I.), le prescrizioni e le norme d'uso di prevenzione dei rischi geologici, idrogeologici e sismici e di fornire agli Amministratori gli strumenti più adatti per l'esercizio del governo del territorio.

Lo studio fa riferimento a quanto indicato nella d.g.r. IX/2616 del 30 novembre 2011 "Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12, approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374", pertanto risulterà strutturato come di seguito proposto:

- Relazione tecnica illustrativa;
- Norme Geologiche di Piano;
- Allegati cartografici.

Il processo di acquisizione, elaborazione e restituzione dei dati si è basato su fasi successive di approfondimento, in accordo con le disposizioni regionali, fra loro concatenate ed in logica successione, così schematizzabili:

**Fase di analisi**, che a sua volta comprende:

- Ricerca storica e bibliografica: raccolta di tutta la documentazione esistente al fine di acquisire una conoscenza approfondita del territorio, utile alla predisposizione delle successive elaborazioni;

- Rilevamento in sito e realizzazione della cartografia d'inquadramento: rilevamento di terreno del territorio comunale e stesura della relativa cartografia in cui vengono definiti gli elementi litologici, geomorfologici e di dinamica geomorfologica, idrografici e idrogeologici;
- Fase di approfondimento/integrazione: in questa fase vengono indicati tematismi specifici quali pozzi, dissesti idrogeologici e l'analisi della sismicità del territorio.

**Fase di sintesi e valutazione:** attraverso un'analisi incrociata di tutti gli elementi individuati nella precedente fase di analisi, viene definita una carta dei vincoli, in cui sono rappresentate le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore di contenuto prettamente geologico e una carta di sintesi in cui viene proposta una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica.

**Fase di proposta:** è definita attraverso la redazione della carta di fattibilità geologica delle azioni di piano atta a fornire indirizzi circa le limitazioni e destinazioni d'uso del territorio. La proposta è completata dalla redazione di Norme Geologiche di Attuazione degli interventi sul territorio comunale.

Trattandosi di un lavoro che ha lo scopo di delineare le caratteristiche e gli effetti della componente geologica sulla pianificazione comunale, tutti gli elementi raccolti nelle fasi descritte hanno questa specifica vocazione. Pertanto gli elaborati descrittivi e cartografici hanno puramente una funzione di supporto alla pianificazione urbanistica e territoriale e non possono essere considerati come esaustivi di problematiche geologico – tecniche specifiche. In particolare, le informazioni o i dati deducibili dalla cartografia allegata al presente documento non possono venire utilizzati per la soluzione di problemi progettuali a carattere puntuale e “non devono in alcun modo essere considerati sostitutivi delle indagini geognostiche di maggior dettaglio prescritte dal D.M. 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni”.

## PRIMA PARTE

### FASE DI ANALISI

#### 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il Comune di Villasanta si trova nella fascia di media pianura a Nord di Milano; dal punto di vista amministrativo dal 2009 ricade nella Provincia di Monza e Brianza, mentre precedentemente era compreso nel territorio della Provincia di Milano.

Il comune confina, a partire da Nord in senso orario, con i comuni di Arcore, Concorezzo, Monza e Biassono.

Il territorio comunale si estende per circa 4,9 km<sup>2</sup> con una quota che varia tra i 182 m s.l.m. nella zona a Nord-Est e i 167 m s.l.m. circa nella zona a Sud.

Dal punto di vista cartografico è compreso nelle sezioni B5c4, B5c5, B5d4 e B5d5 della Carta Tecnica Regionale della Lombardia.

#### 3. RICERCA STORICA E BIBLIOGRAFICA

Al fine della conoscenza e dell'inquadramento generale del territorio di Villasanta, la ricerca di informazioni bibliografiche si è basata sulla raccolta dei dati da documentazione esistente presso:

- Archivi comunali;
- Provincia di Monza e Brianza;
- Regione Lombardia;
- Autorità di Bacino del Fiume Po (AdBPo);
- Agenzia Interregionale per il Po (AIPo);
- Ex Ente gestore del pubblico acquedotto – 2I Rete Gas, da gennaio 2018 BrianzAcque srl
- Arpa Lombardia;
- Banca dati geoSferA.

La ricerca si è basata anche sulla consultazione online del Sistema Informativo Territoriale (SIT) della Regione Lombardia e sull'analisi e il confronto con la seguente documentazione relativa agli strumenti di programmazione e pianificazione territoriale su scala sovracomunale:

- Piano Territoriale Regionale;

- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale;
- Programma di Tutela e Uso delle Acque.

### **3.1. Documentazione bibliografica**

Nella fase di analisi sono state effettuate una ricerca bibliografica ed una raccolta della documentazione tecnica di carattere generale disponibile, riguardante gli aspetti geologici, idrogeologici, geotecnici ed idraulici del territorio di Villasanta, come di seguito elencato.

La documentazione disponibile relativa a specifiche indagini geotecniche, geognostiche effettuate nel Comune di Villasanta è riassunta nel capitolo 9 e riportata nell'allegato 1 della presente relazione (su supporto informatico).

**Ambito Territoriale Ottimale Monza e Brianza (2014)** – *Proposta di Piano d'Ambito*. Ufficio d'Ambito della Provincia di Monza e Brianza; aggiornamento dicembre 2014.

**Autorità di Bacino del fiume Po (2004)** – Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro-Olona.

**Autorità di bacino del fiume Po (2003)** – Rapporto sulla piena del novembre 2002 in Lombardia – Fiumi Lambro e Adda sottolacuale.

**Avanzini M., Beretta G.P., Francani V., Nespoli M. (1995)** - *Indagine preliminare sull'uso sostenibile delle falde profonde nella Provincia di Milano*. C.A.P. Milano.

**Associazione Difesa Alto Lambro (1991)** - Rapporto Goffredo Gori. L'alto Lambro in cifre.

**Associazione Difesa Alto Lambro (1993)** - L'alto Lambro in cifre.

**Casati P. (ed) (1986)** - L'acqua nel territorio di Monza.

**Ceriani M. e Carelli M. (1999)** - Carta delle precipitazioni medie, minime e massime annue del territorio alpino lombardo (registrate nel periodo 1891-1990). Regione Lombardia.

**Desio A. e Villa F. (1960)** - Stratigrafie dei pozzi per acqua della pianura padana I - Lombardia. Università degli studi di Milano, Istituto di Geologia.

**Francani e Pozzi (1981)** - Considerazione di alimentazione delle riserve idriche del territorio milanese. La rivista della strada, L303.

**Giudici M., Ponzini G., Romano E., Vassena C. (2007)** - Some lessons from modeling ground water flow in the metropolitan area of Milano at different scales. Mem. Descr. Carta Geol. d'It. LXXVI: 207-218.

**IRER (1998)** - Risanamento dell'area ad alto rischio di crisi ambientale Lambro Seveso Olona.

**Martinis B. Mazzarella S. (1971)** - Prima ricerca idrica profonda nella pianura lombarda. Mem. Ist. Geol. e Min. Univ. Padova, Vol. XXVIII, Padova.

**Porto G., Mauri S., Arduini C. (2006)** – Nuova carta della vulnerabilità della falda ai nitrati come strumento per la pianificazione delle risorse idriche e gestione delle emergenze. Provincia di Milano.

**Regione Lombardia (2014)** - Progetto di piano per la valutazione e la gestione del rischio alluvioni– rev. 2015. Art. 7 della Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. n. 49 del 23/02/2010.

**Regione Lombardia & Eni-Agip (2002)** - Geologia degli acquiferi Padani della Regione Lombardia. S.EL.CA. (Firenze).

**Servizio geologico d'Italia** – Carta geologica d'Italia, Foglio 096 Seregno e relative Note Illustrative, scala 1:50.000.

**Servizio geologico d'Italia** – Carta geologica d'Italia, Foglio 097 Vimercate e relative Note Illustrative, scala 1:50.000.

**Servizio geologico d'Italia** – Carta geologica d'Italia, Foglio 118 Milano e relative Note Illustrative, scala 1:50.000.

**Tagliabue G. (1991)** - Rapporto Goffredo Gori: l'alto Lambro in cifre.

**Tagliabue G. (1993)** - L'alto Lambro in cifre.

**Tomasi F. - geoSferA (2011)** – Approfondimenti sul fenomeno delle cavità sotterranee dette “occhi pollini” e sui siti di interesse geologico finalizzati alla predisposizione del P.T.C.P. Provincia di Monza e Brianza.

### **3.2. Piano Territoriale Regionale**

Il P.T.R. è lo strumento di pianificazione territoriale in Regione Lombardia; coerentemente a quanto indicato dalla Legge Regionale 12/05, art. 20, esso costituisce quadro di riferimento per la

valutazione di compatibilità degli atti di governo del territorio di comuni, province, comunità montane, enti gestori di parchi regionali nonché di ogni altro ente dotato di competenze in materia.

Il P.T.R., inoltre, individua gli obiettivi prioritari di interesse regionale e/o sovraregionale in termini di:

- Poli di sviluppo regionale;
- Zone di preservazione e salvaguardia ambientale;
- Realizzazione di infrastrutture e interventi di potenziamento e adeguamento delle linee di comunicazione e del sistema della mobilità;
- Realizzazione di infrastrutture per la difesa del suolo.

L'individuazione di questi elementi è contenuta nella sezione *Strumenti Operativi – Obiettivi prioritari di interesse regionale e sovraregionale (SO1)*. Tali progetti costituiscono a tutti gli effetti il riferimento da considerare ai fini del recepimento puntuale nel P.G.T. delle previsioni infrastrutturali.

Nei confronti dei P.G.T. comunali, il P.T.R. assume la stessa valenza prevista per i piani provinciali. Pertanto i P.G.T. devono essere adeguati a tali previsioni; in particolare i P.G.T. interessati sono assoggettati ad una verifica regionale di corretto recepimento delle previsioni del P.T.R. (l.r. 12/05, art. 13, comma 8).

Secondo il Comunicato Regionale n. 29 del 25 febbraio 2010, i Comuni sono tenuti a **trasmettere in Regione, ai termini dell'art. 13 comma 8 della l.r.12/2005, il P.G.T. adottato (o sua variante), qualora interessati da obiettivi prioritari di interesse regionale e/o sovraregionale**. L'elenco dei suddetti comuni è inserito in P.T.R. – Strumenti Operativi SO1 ed aggiornato annualmente con le modalità previste dalla l.r. 12/2005.

L'ultimo aggiornamento disponibile è del novembre 2015.

Si evidenzia che il Comune di Villasanta è inserito nell'“Elenco Comuni tenuti all'invio dei P.G.T. (o sua variante) in Regione (l.r.12/05 art.13 comma 8)” in quanto per il Comune di Villasanta sono previsti, tra gli "obiettivi prioritari infrastrutture della mobilità" la riqualificazione linea Monza-Molteno-Lecco e Monza-Carnate e con la realizzazione della nuova fermata Monza Est. (aggiornamento P.T.R. 2014).

### **3.3. Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale**

Il P.T.C.P. è uno strumento di coordinamento, orientamento ed indirizzo degli obiettivi generali dell'assetto e della tutela del territorio e di definizione della politica di governo del territorio di competenza provinciale.

Il piano specifica e approfondisce i contenuti della pianificazione territoriale della Regione e costituisce il riferimento primario per la pianificazione urbanistica comunale.

Ai sensi della l.r. 12/05 e s.m.i., per la parte inerente la difesa del territorio, il P.T.C.P. concorre alla definizione del quadro conoscitivo del territorio regionale, ne definisce l'assetto idrogeologico, in coerenza con le direttive regionali e dell'Autorità di Bacino, censisce ed identifica cartograficamente le aree soggette a tutela o classificate a rischio idrogeologico e sismico.

Nei paragrafi seguenti si è proceduto all'analisi dei tematismi del P.T.C.P., per gli ambiti di difesa del suolo ritenuti di interesse per il presente studio, tramite l'esame delle cartografie (Tav. 8 e Tav. 9) e delle Norme di Attuazione (Titolo II, sezioni II e III).

#### *3.3.1. Assetto idrogeologico e sismico*

Per quanto riguarda la disciplina di tutela dei corsi d'acqua e la difesa dal rischio di inondazione, il P.T.C.P. recepisce i contenuti del P.A.I. vigente, in riferimento alla delimitazione delle fasce fluviali, alle aree a rischio idrogeologico molto elevato, al quadro del dissesto, nonché alle relative disposizioni. Inoltre lungo i corsi d'acqua non fasciati sono indicate le aree con classi di fattibilità geologica 4 di cui agli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici comunali, le aree allagabili con tempo di ritorno di 100 anni di cui agli studi condotti dall'Autorità di Bacino del fiume Po. A queste si aggiungono inoltre le aree a diversa suscettività rispetto al fenomeno degli "occhi pollini".

L'analisi della Tavola n. 8 (Assetto Idrogeologico) del P.T.C.P. mostra come il Comune di Villasanta sia interessato sia dalle fasce P.A.I. che bordano il Lambro, sia da un'area a rischio idrogeologico molto elevato, quest'ultima in particolare che interessa la frazione di S. Giorgio in sponda destra del Lambro.

Il Comune di Villasanta è inoltre caratterizzato da una bassa suscettività al fenomeno degli "occhi pollini" e, per i territori in prossimità del Lambro, a una suscettività molto bassa o nulla.

Sono riportate inoltre 2 opere interferenti ad altra criticità e un'opera interferente a media criticità. Si tratta del ponte e della passerella in località S. Giorgio e del Ponte dei Bertoli. La passerella pedonale situata appena a monte del ponte di S. Giorgio e indicata nel P. T.C.P. è, in realtà, già stata rimossa.

Per quanto concerne l'assetto sismico, ai sensi della d.g.r. 11 luglio 2014 n. X/2129 (Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia), entrata in vigore 10 aprile 2016, così come indicato nella d.g.r. 8 ottobre 2015 n. X/4144, il Comune di Villasanta si trova in "zona sismica 3".

### *3.3.2. Sistema delle acque sotterranee*

Gli obiettivi che il P.T.C.P. si pone riguardo alla tutela quali-quantitativa della risorsa sotterranea rispondono non solo al principio della sostenibilità ma anche della responsabilità nei confronti dei territori posti a valle rispetto alla direzione di flusso delle acque sotterranee. È inoltre importante considerare che la componente acque sotterranee interagisce in modo dinamico con i corpi idrici superficiali costituendo un sistema complesso che prende il nome di "ciclo idrologico": i rapporti tra la risorsa superficiale e sotterranea devono essere mantenuti ed equilibrati attraverso una attenta gestione che in modo unitario garantisca i caratteri qualitativi e quantitativi.

### *3.3.3. Sistema delle acque superficiali*

I corsi d'acqua sia naturali che artificiali sono un sistema formato dall'alveo, dalle acque che vi fluiscono e dalle relative sponde. L'obiettivo del P.T.C.P. è quello di favorire il naturale evolversi dei fenomeni di dinamica fluviale e degli ecosistemi da questa sostenuti.

In quest'ottica le scelte urbanistiche dovranno essere finalizzate a garantire un livello di sicurezza adeguato rispetto ai rischi di inondazione e a favorire la fruizione e funzionalità ecologica di questi ambiti. La progettazione di ogni intervento deve essere preceduta da una verifica di coerenza con le misure di buon governo del territorio e delle possibili ripercussioni a monte e a valle; dovranno essere adottati gli accorgimenti tecnici non tanto per minimizzare gli impatti, ma per migliorare la funzionalità ecologica dell'area in cui si interviene.

Nelle tavole 8 e 9 del P.T.C.P. è riportato il reticolo idrografico che interessa il territorio del Comune di Villasanta; esso è costituito dal Lambro, da un tratto della Roggia Molini Ascitti, nel settore Ovest del territorio comunale, e dal torrente Molgorana, tombinato, per il tratto che va dal confine Nord

del comune all'imbocco Sud dello svincolo tra la strada provinciale 45 e la via Leonardo da Vinci; a Sud di questo il corso è indicato come collettore fognario; a Sud di questo il torrente non è più presente ed è sostituito dal collettore fognario.

#### *3.3.4. Ricarica degli acquiferi*

Nella Tavola 9 del P.T.C.P. sono indicati gli ambiti di ricarica prevalente della falda che rappresentano una specificazione di quelle tracciata a scala regionale nel Programma di Tutela ed Uso delle Acque (P.T.U.A.), interpretando le informazioni desumibili dalle sezioni idrogeologiche e dalla permeabilità dei suoli superficiali.

In tale delimitazione, al fine di riconoscere le zone in cui la veicolazione delle acque meteoriche avviene efficacemente, è stato verificato il grado di permeabilità superficiale basandosi sull'uso effettivo del suolo, in particolare in base all'effettiva condizione che tali aree non si presentino "occupate" o impermeabilizzate dall'uso antropico. In tal modo è stato possibile distinguere le aree di ricarica diretta degli acquiferi.

Come desumibile dalla Tavola 9 del P.T.C.P. il territorio di Villasanta è ripartito in aree di ricarica dell'acquifero, coincidenti con le zone urbanizzate, e aree di ricarica diretta dell'acquifero che invece coincidono con quelle aree in cui l'urbanizzato è assente.

#### *3.3.5. Struttura geomorfologica come carattere fisico delle unità di paesaggio*

Nella Tavola 9 del P.T.C.P. vengono anche riconosciuti alcuni degli elementi morfologici caratteristici quali cordoni morenici, orli di terrazzi, massi erratici, dossi fluviali, paleoalvei.

Il P.T.C.P. rimanda alle analisi degli strumenti urbanistici comunali il riconoscimento e la precisa localizzazione degli elementi da esso evidenziati ed invita ad estendere l'analisi su ulteriori categorie non rappresentabili alla scala territoriale ma necessarie per meglio descrivere la struttura locale e una più completa conoscenza delle dinamiche in atto.

Dalla consultazione della Tavola 9 del P.T.C.P. emerge come in Comune di Villasanta sia presente un lungo terrazzo nella zona Ovest del territorio. Questo terrazzo, che delimita l'ambito vallivo del fiume Lambro, è stato meglio dettagliato mediante un rilevamento *ad hoc* (vedi capitolo 5).

Obiettivo del P.T.C.P. è la conservazione e valorizzazione degli elementi geomorfologici più evidenti; le disposizioni del P.T.C.P., attente ad un uso del suolo rispettoso delle emergenze geomorfologiche, sono tese altresì a prevenire situazioni di potenziale rischio di instabilità.

### **3.4. Programma di Tutela e Uso delle Acque**

Il Programma di Tutela delle Acque costituisce un atto comprensivo delle diverse discipline attinenti al tema della tutela e dell'uso della risorsa idrica e dell'ambiente ad essa interconnessa; rappresenta altresì lo strumento di riferimento a disposizione della Regione e delle altre amministrazioni per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici fissati dalle Direttive Europee, consentendo di attivare un'azione di *governance* nell'articolato settore delle acque.

**Il P.T.U.A. prevede infatti la tutela integrata degli aspetti qualitativi e quantitativi dei corpi idrici individuati come “significativi” per raggiungere o mantenere gli obiettivi minimi di qualità ambientale e gli obiettivi di qualità per i corpi idrici a specifica destinazione funzionale.**

Il territorio regionale di pianura viene suddiviso in cinque Bacini idrogeologici sotterranei: Ticino Adda, Adda Oglio, Oglio Mincio; Lomellina e Oltrepò, per ognuno dei quali è stato realizzato un modello di flusso stazionario. A loro volta questi bacini sono suddivisi in Settori. Tale suddivisione deriva dalla considerazione che i grandi fiumi lombardi rappresentano dei limiti idrogeologici naturali, determinando una separazione della circolazione idrica sotterranea.

Il territorio di Villasanta ricade nel bacino 3 Ticino-Adda, settore 9 – Monza. Il bacino è delimitato dal fiume Ticino a Ovest, dal fiume Po a Sud, dal fiume Adda a Est e dalla comparsa dei primi corpi morenici delle province di Como, Lecco e Varese a Nord.

Le principali caratteristiche degli aspetti descrittivi e quantitativi del settore 9, nel quale il territorio di Villasanta è compreso, sono riassunte nelle seguenti schede desunte dall'Appendice 1 dell'Allegato 3 del P.T.U.A. “Schede sintetiche dei bacini idrogeologici di pianura e relativi settori”.

#### Settore 9

Il settore in esame si ubica in corrispondenza dell'alta pianura, a quota compresa tra 200 m s.l.m. a Nord e 150 m s.l.m. a Sud, collocandosi nella parte Nord-Est dell'area di studio. Il limite orientale è definito dal fiume Adda, quello occidentale dai confini comunali.

**Superficie:** 220.3 km<sup>2</sup>. **Elenco dei comuni:** Agrate Brianza, Arcore, Basiano. Bellusco, Bernareggio, Burago Molgora, Busnago, Cambiagio Caponago Cavenago Brianza, Concorezzo, Cornate d'Adda, Grezzago, Lesmo Mezzago, Monza, Ornago, Pozzo d'Adda, Roncello, Sulbiate, Trezzano Rosa, Trezzo d'Adda. Vaprio d'Adda, Villasanta, Vimercate.

**Acquifero tradizionale:** non differenziato

**Base acquifero tradizionale:** tra 150 e 80 m s.l.m., da 50 a 110 m dal piano campagna

**Trammissività media:**  $8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

**Piezometria:** 130-210 m s.l.m.

**Prelievo medio areale:** 7,26 l/s·km<sup>2</sup>

<b>Entrate:</b>	
Afflusso della falda da monte Settore n. 4	1,82 (m <sup>3</sup> /s)
Afflussi laterali della falda Settori n.8 e 13	0,35 (m <sup>3</sup> /s)
Infiltrazione (piogge efficaci + irrigazioni)	1,43 (m <sup>3</sup> /s)
<b>TOTALE</b>	<b>3,6 (m<sup>3</sup>/s)</b>
<b>Uscite:</b>	
Deflusso della falda verso valle Settore n. 14	1,48 (m <sup>3</sup> /s)
Deflussi laterali della falda Settori n. 8 e 13	0,14 (m <sup>3</sup> /s)
Prelievi da pozzo	1,60 (m <sup>3</sup> /s)
Drenaggio del fiume Adda	0,38 (m <sup>3</sup> /s)
<b>TOTALE</b>	<b>3,6 (m<sup>3</sup>/s)</b>

**Classe Quantitativa:** B

**(Prelievi/Ricarica = 1,12)** Equilibrio attuale fra disponibilità e consumi, con evoluzione da controllare mediante monitoraggio piezometrico; non sono prevedibili conseguenze negative nel breve periodo.

**Classificazione livello di falda:** 2

**Classificazione stato quantitativo secondo D.Lgs. 152:** B

Di seguito si riporta, inoltre, la trattazione del settore 9 desunta dall'Allegato 3 del P.T.U.A.

## **SETTORE 9 MONZA**

### DESCRIZIONE

Questo settore è ubicato in corrispondenza dell'alta pianura, nella porzione Nord-Est del sottobacino Adda-Ticino, in una fascia altimetrica compresa tra 200 m s.l.m. e 150 m s.l.m. La struttura idrogeologica è caratterizzata da un acquifero indifferenziato, dello spessore medio di 80 m ed una trasmissività media di  $8 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ .

### ASPETTI QUANTITATIVI

All'interno dell'area si riscontra una produttività media degli acquiferi non elevata e significative difficoltà nell'alimentazione della falda a causa della scarsa permeabilità dei depositi superficiali e della struttura idrogeologica non favorevole, confinando a monte con un'area scarsamente produttiva. La ricarica ha valori paragonabili a quelli del settore brianteo immediatamente posto a Nord, pur non avendo la estesa copertura di depositi glaciali che penalizza il Settore 4 (poco più di 6,5 l/s per km<sup>2</sup> contro 5,5). A scala di settore i prelievi risultano essere lievemente diminuiti (-5%) rispetto al 1996, attestandosi su un valore di prelievo medio areale pari a 7,26 l/s km<sup>2</sup>.

Il rapporto prelievi/ricarica è pari a 1,12 (classe quantitativa B) ed è pressoché paragonabile a quello del 1996. Tuttavia nell'area si è registrato un lieve aumento dei livelli piezometrici, mediamente 2 m, dal 1994 al 2003, dato che apparentemente contrasta con i risultati del bilancio idrogeologico. Ragione di questa discrepanza risiede nel fatto che il modello stazionario non è in grado di tenere in debita considerazione l'evento di forte ricarica, registrato nel 2000-01.

Quest'ultimo determinò un forte innalzamento dei livelli piezometrici il cui effetto si risente ancora oggi. Diversamente dal precedente settore, per l'area di Monza i prelievi sono la voce fondamentale rispetto all'effetto drenante dell'Adda, rappresentando il 45% delle uscite totali del bilancio di massa contro il 10% dell'effetto drenante dell'Adda.

Secondo quanto indicato nell'appendice all'allegato 10, in cui vengono elencati i comuni vulnerabili per i nitrati, e secondo quanto indicato nella Tabella C – Appendice D delle Norme Tecniche di Attuazione del P.T.U.A. e nella “Carta della Vulnerabilità da nitrati”, il territorio di Villasanta ricade entro le “zone non vulnerabili”.

Nelle Norme Tecniche di Attuazione del P.T.U.A. (articolo 27) le aree vulnerabili sono definite come “territori dei comuni nei quali i Piani d’ambito individuano le misure per limitare le perdite delle reti fognarie e stabiliscono come priorità l’attuazione di dette misure”.

Nell’Allegato 11 alla Relazione Generale “Definizione delle aree di ricarica e di riserva delle zone di pianura”, il P.T.U.A. evidenzia l’utilità e la necessità dell’istituzione di una zona di riserva nella pianura lombarda secondo le indicazioni della normativa vigente.

Il territorio di Villasanta è considerato come comune totalmente idoneo alla funzione di ricarica degli acquiferi profondi.

### **3.5. Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.)**

Il Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico, di seguito denominato in modo abbreviato P.A.I., è entrato in vigore l’8 agosto 2001 e unifica la pianificazione di bacino per l’assetto idrogeologico, coordinando le determinazioni precedentemente assunte con:

- Piano Stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell’assetto idraulico, alla eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e alla prevenzione dei rischi idrogeologici, nonché per il ripristino delle aree di esondazione - PS 45;
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali – PSFF;
- Piano straordinario per le Aree a Rischio Idrogeologico molto elevato- PS 267.

*Il piano “persegue l’obiettivo di garantire al territorio del bacino del fiume Po un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico, attraverso il ripristino degli equilibri idrogeologici e ambientali, il recupero degli ambiti fluviali e del sistema delle acque, la programmazione degli usi del suolo ai fini della difesa, della stabilizzazione e del consolidamento dei terreni, il recupero delle aree fluviali, con particolare attenzione a quelle degradate, anche attraverso usi ricreativi”.*

*Esso “ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo, tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d’uso riguardanti l’assetto idraulico e idrogeologico del bacino idrografico”.*

Le norme di Attuazione del Piano contengono le prescrizioni e gli indirizzi che devono essere recepiti nel governo del territorio al fine di un utilizzo del suolo compatibile con le situazioni di rischio. Nello specifico sono identificate tre fasce fluviali, definite in modo sintetico come segue:

**Fascia di deflusso della piena** (Fascia A), costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente; fissato in 200 anni il tempo di ritorno (TR) della piena di riferimento e determinato il livello idrico corrispondente, si assume come delimitazione convenzionale della fascia la porzione ove defluisce almeno l'80% di tale portata.

**Fascia di esondazione** (Fascia B), esterna alla precedente, costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento (piena con TR di 200 anni). Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento), dimensionate per la stessa portata.

**Area di inondazione per piena catastrofica** (Fascia C), costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento. Si assume come portata di riferimento la massima piena storicamente registrata, se corrispondente a un TR superiore a 200 anni, o in assenza di essa, la piena con TR di 500 anni.

Per i corsi d'acqua non arginati la delimitazione dell'area soggetta ad inondazione viene eseguita con gli stessi criteri adottati per la fascia B, tenendo conto delle aree con presenza di forme fluviali fossili.

In particolare, per le diverse fasce (A, B e C) vengono dettati precisi divieti e azioni che possono essere compiuti in base a determinate prescrizioni meglio specificate nelle norme geologiche di piano.

A seguito degli eventi del 2002 sono stati condotti studi e analisi di maggior dettaglio che hanno portato alla redazione della Variante al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) approvato con DCPM 23 maggio 2001, "Fasce fluviali nel Fiume Lambro nel tratto dal Lago di Pusiano alla confluenza con il Deviatore Redefossi", approvata con DPCM 10/12/2004 ed entrata in vigore con la pubblicazione sulla Gazzetta ufficiale il 4/2/2005 di seguito nominata "Variante al P.A.I."

Le fasce fluviali presenti nel territorio di Villasanta sono illustrate nelle tavole 118040 (LAMBRO 07 - I) e 096160 (LAMBRO 08 - II) e riportati nella tavola 8 "Carta dei vincoli geologici sovraordinati".

Il limite esterno della fascia C, a Nord, ricalca all'incirca il terrazzo che separa la valle del Lambro dalla piana circostante, mentre più a Sud è leggermente scostato da questo.

Il limite esterno della fascia B, invece, è più interno ma è caratterizzato da lunghi tratti indicati come "limite di fascia B di progetto", cioè un limite che diventerà "reale" quando tutti gli interventi previsti lungo il fiume saranno realizzati.

Nella tavola 18040 (LAMBRO 07 - I) è riportato anche il tracciato, con relativo limite di fascia B di progetto, del bypass di Monza, che dovrebbe contribuire a ridurre la pressione delle piene nell'abitato; esso scorrerebbe parallelamente al confine Sud del Comune di Villasanta, poco a Nord di C.na Blandoria, dalla ferrovia (a Ovest) fino a intercettare il confine comunale a Sud di C.na Sangalli.

Nel territorio comunale è identificata anche un'area ad elevato rischio idrogeologico, indicata nell'Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici. All. 4.1 "Perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato" tav 073 LOMI e riportata nella tavola 8.

L'area è situata nella frazione di S. Giorgio, sulla sponda destra del fiume Lambro, a tergo della fascia B di progetto.

Si tratta, in particolare, di una ZONA B-PR; queste aree sono definite come *"zone in corrispondenza della fascia B di progetto dei corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali nel Piano stralcio delle Fasce Fluviali e nel P.A.I.: aree potenzialmente interessate da inondazioni per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o uguale a 50 anni"*.

Gli studi idraulici di supporto al P.A.I. e alle successive varianti se da un lato riportano le aree di possibile allagamento con differenti tempi di ritorno e l'altezza idrica lungo alcune sezioni, tuttavia non forniscono dati sulla velocità della corrente; un migliore dettaglio di questi studi e dei relativi risultati, in termini di portate del fiume Lambro, aree allagate, altezze idriche e opere interferenti, è illustrato nei paragrafi seguenti.

### *3.5.1. Studi di dettaglio sul fiume Lambro*

Il Lambro è stato oggetto di numerosi studi riguardanti le caratteristiche e la pericolosità idraulica e di alcuni studi di dettaglio finalizzati alla predisposizione di interventi e opere per la mitigazione del rischio esondazioni; tra i più recenti si segnalano lo studio per il *"Risanamento dell'area ad alto*

*rischio di crisi ambientale Lambro Seveso Olona*" (IRER,1998) e quelli redatti dall'Autorità di Bacino del fiume Po per la delimitazione delle fasce fluviali e successive varianti e quelli redatti per il piano di gestione rischi alluvioni (PGRA). Tali studi sono stati svolti dall'Autorità di Bacino del fiume Po, dall'AIPo, da Regione Lombardia e IRER.

Alcune aree interessate dalle esondazioni del Lambro, tra cui la zona di S. Giorgio nel comune di Villasanta, ricadono nelle aree del Piano Straordinario 267. Queste, in base alla delibera n.18/2001 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po di "Adozione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico per il bacino idrografico di rilievo nazionale del fiume Po" sono ricomprese nelle aree a rischio idrologico molto elevato del P.A.I., delimitate nella cartografia di cui all'Allegato 4.1 all'Elaborato 2 ("Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici"). Tali aree sono sottoposte alla Normativa del P.A.I., Titolo IV, articoli dal n. 48 al n. 54.

A seguito dell'evento dell'ottobre 2000 il fiume Lambro era stato oggetto (insieme ad altri corsi d'acqua) di uno studio di fattibilità di sistemazione idraulica con lo scopo di accelerare la definizione degli interventi strutturali e non strutturali necessari a trasformare le linee di intervento definite dal P.A.I. in programmi di intervento specifico, in ottemperanza con quanto prescritto dalle Norme di Attuazione del P.A.I. stesso.

I risultati dello studio sono stati poi ripresi nel piano stralcio di integrazione al P.A.I., nel quale sono stati considerati anche gli effetti della piena del novembre 2002 e i risultati degli studi relativi (*Rapporto sulla piena del novembre 2002 in Lombardia – Fiumi Lambro e Adda sottolacuale, Adbpo, 2003*), che ha portato alla definizione delle attuali fasce di rispetto.

Dato il carattere specifico dei documenti, nei paragrafi che seguono ne viene riportata solo una breve sintesi evidenziando i risultati maggiormente pertinenti al presente lavoro; si rimanda pertanto ai documenti originali per maggiori dettagli e per le valutazioni critiche ai metodi di calcolo ed analisi adottati.

**Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali ed artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona. Fiume Lambro (1<sup>a</sup> parte – dal Lago di Pusiano alla confluenza del Deviatore Redefossi). RELAZIONE DESCRITTIVA E DI ANALISI DELL'ATTIVITÀ Redatto dall'autorità di bacino del Fiume Po (2003)**

In questo studio viene considerato il corso del Lambro dal Lago di Pusiano al deviatore Redefossi, definendo le condizioni idrauliche sia nello stato attuale che nello stato di progetto; nella prima parte, per diverse sezioni sono definite le portate di piena nello stato di fatto per tempi di ritorno di 10, 200 e 500 anni e sono confrontati i risultati con l'alluvione del novembre 2002, utilizzata per tarare il modello. Nella seconda, invece, vengono *illustrati i criteri guida ed i risultati in forma sintetica derivanti dalla ricerca del miglior assetto di progetto per l'asta del fiume Lambro*.

Vengono inoltre forniti alcuni elenchi illustranti le situazioni più critiche dovute alle dinamiche fluviali e alle opere interferenti.

Il corso del Lambro è analizzato per singoli tratti omogenei, lungo i quali vengono individuate, per numerose sezioni, la capacità idraulica dell'alveo, la portata duecentennale con valori arrotondati a 5 m<sup>3</sup> e la portata idrologica. Questa ultima è "la portata teorica defluente in alveo, senza la presenza di manufatti interferenti (ponti, traverse, ecc.), senza fenomeni di allagamento e senza alterazioni derivanti dall'azione di particolari manufatti idraulici". Tale portata di fatto è molto maggiore rispetto alla portata che effettivamente può transitare nelle diverse sezioni (portata idraulica).

Sezione	Progressive	Descrizione	Portata idraulica stato attuale (T=200)	Portata compatibile stato attuale	Portata idrologica stato attuale (T=200)
LA 104.1	46085	Ponte ferroviario linea Monza - Molteno	165(164)	100	(T<200) 255(253)
LA 102	48740	Ponte vecchio - Biassono	175(174)	100	(T<200) 270(272)
LA 100.2	51206	Ponte S. Giorgio - Villasanta	190(189)	90	(T<200) 285(286)
LA97.3	53802	Ponte ad arco via CavigraVillasanta	195(194)	90	(T<200) 85(287)

**Tab.3.1.** Confronto tra la portata idraulica, la portata compatibile e la portata idrologica (T=200 anni) per alcune sezioni del fiume Lambro. Estratto della tabella 1 dello studio di fattibilità idraulica.

Come sopra detto, l'evento di piena del novembre 2002, che ha causato danni lungo tutto il corso del Lambro, è stato analizzato in dettaglio sia nelle modalità di accadimento sia nelle cause. Al ponte di S. Giorgio - Villasanta la portata è stata stimata in circa 150 m<sup>3</sup>/s; presso la medesima località è presente un idrometro che però durante l'evento si è mantenuto ad un livello costante di 1,8 m, corrispondenti ad una portata di 40 m<sup>3</sup>/sec per tutto il periodo compreso tra il 15 novembre e il 16 dicembre; questo fa sì che sebbene i dati dell'idrometro siano poco significativi per descrivere il dettaglio l'onda piena e del suo colmo, essi sottolineano la notevole portata dell'evento nel suo insieme.

Durante la piena si è riscontrato un generale aumento delle portate del Lambro a causa degli apporti dei bacini naturali afferenti fino a Villasanta; a valle di Villasanta, invece, pur essendo sottesi bacini urbani di notevole estensione, le portate non hanno subito incrementi significativi, a causa delle scarse precipitazioni in queste aree, paragonabili a quelle con tempo di ritorno < 2 anni.

La piena del fiume quindi è stata data da precipitazioni elevate per un lungo periodo (10-15 giorni) soprattutto nella parte alta del bacino, con conseguenti forti afflussi in uscita dal lago di Pusiano e grandi apporti dalla Bevera di Molteno occorsi, questi ultimi, in un bacino già saturo per gli eventi precedenti.

Nel territorio comunale le situazioni più critiche si sono avute nella zona di S. Giorgio, già interessata da interventi con la legge 267/98, in quanto il ponte di S. Giorgio, il ponte de Bertoli e la passerella alla sezione LA 101 sono a rischio rigurgito; in particolare il ponte, durante il massimo della piena (26/27 novembre), è andato in pressione causando l'allagamento delle aree a monte.

L'analisi, quindi, ha portato a verificare come nel tratto dal Lago di Pusiano fino a Villasanta (tratto 1) in genere il profilo idrico del Lambro è dato da *"corrente lenta comandata dalle sezioni di controllo poste a valle"*; in questo tratto si ha una generale incompatibilità dell'alveo per portate duecentennali, con conseguenti zone di allagamento che interessano anche il comune di Villasanta, mentre l'intero tratto è ritenuto essere compatibile con portate avente tempo di ritorno pari a circa 50 anni. Il tratto 2, compreso tra Villasanta e il ponte dell'autostrada A4, risulta in condizioni ancora più critiche. La portata compatibile con l'intero tratto risulta essere dell'ordine di 10 ÷ 20 anni di tempo di ritorno, come peraltro dimostrato storicamente dalla cadenza delle ultime esondazioni che si sono verificate a Monza (1949, 1951, 1976, 2002). In particolare, si ha che il tratto che attraversa il centro urbano di Monza risulta essere compatibile con portate di circa 80 ÷ 90 m<sup>3</sup>/s, a fronte di

portate idrauliche con tempo di ritorno di 200 anni pari a circa  $200 \div 210 \text{ m}^3/\text{s}$ .; con una portata del fiume pari alla portata compatibile, inoltre, molti manufatti di Monza non rispettano i franchi di sicurezza, funzionando in pressione.

Nelle tabelle successive sono riportati i dati di portata idraulica e portata compatibile allo stato attuale in alcune sezioni interessanti il comune di Villasanta.

Sezione	Progressive (m)	Descrizione	Portata idraulica stato attuale	Portata compatibile stato attuale
LA 100.2	51206	Ponte S. Giorgio - Villasanta	190(189)	90 (T<200)
LA97.3	53802	Ponte ad arco via Cavriga Villasanta	195(194)	90 (T<200)

**Tab. 3.2.** Confronto tra la portata idraulica e la portata compatibile (T=200 anni). Estratto della tabella 3 dello studio di fattibilità idraulica

Sezione	Descrizione	Q (T=200) (m <sup>3</sup> /s)	Q comp. (m <sup>3</sup> /s)	V totale (m <sup>3</sup> )	V eccesso (m <sup>3</sup> )
LA100.2	Ponte S. Giorgio Villasanta	189	90	52.000.000	5.700.000

**Tab. 3.3.** Portate al colmo e volumi per T=200. Estratto della tabella 4 dello studio di fattibilità idraulica

Sezione	Descrizione	T=10		T=200		T=500	
		Livello (m s.l.m.)	Portata (m <sup>3</sup> /s)	Livello (m s.l.m.)	Portata (m <sup>3</sup> /s)	Livello (m s.l.m.)	Portata (m <sup>3</sup> /s)
LA 100.2	Ponte S. Giorgio - Villasanta	172.57	80	172.86	190	172.89	225
LA97.3	Ponte ad arco via Cavriga Villasanta	163.53	80	164.97	195	165.55	225

**Tab. 3.4.** Livelli e portate al colmo in alcune sezioni del Lambro per T=10, 200, 500 (i valori di portata sono approssimati a multipli di 5 rispetto ai risultati del modello). Estratto della tabella 5 dello studio di fattibilità idraulica

Nell'analisi sono anche indicati tutti i ponti e attraversamento del Lambro lungo tutto il corso; su un totale di 106 ponti solo 24 hanno un franco adeguato. Per Villasanta la situazione è la seguente:

Sezione	Caratteristiche sezione	Livello a monte del ponte	Franco (cm)		Livello sul piano stradale (cm)	Stato idraulico (t=200)
			Intradosso (ponti rett.)	Chiave (ponti arco)		
LA 101.6	Ponte ferroviario linea Monza - Molteno	178.80		-121	-330	a pelo libero con franco
LA 101	passerella pedonale	173.75	84		-73	in pressione
LA 100.2	Ponte S. Giorgio - Villasanta	172.86		41	-184	in pressione
LA 100.1	Ponte dei Bertoli	172.05		42	-123	in pressione
LA99.2	ponte stradale in c.a. Villasanta	167.14	-166		-227	a pelo libero con franco
LA97.3	ponte ad arco via Cavigra Villasanta	164.97		-36	-201	a pelo libero senza franco

**Tab. 3.5.** *Analisi delle insufficienze dei manufatti di attraversamento. (Il franco negativo indica che il livello idrico si trova sotto il livello di intradosso del ponte. La differenza di livello sul piano stradale indica, se negativa, che il livello idrico si trova sotto il piano stradale). Estratto della tabella 6 dello studio di fattibilità idraulica*

Nello studio si evidenzia come per tempi di ritorno 200 anni si abbiano allagamenti che interessano anche il comune di Villasanta.

*In particolare in località S. Giorgio di Villasanta, il sistema formato dalla traversa LA100.1.1, dal ponte dei Bertoli (sezione LA100.1), dal ponte di San Giorgio (sezione LA100.2) e dall'attraversamento pedonale di sezione LA 101, induce sensibili insufficienze idrauliche. Il profilo di rigurgito provocato dalle dette opere determina esondazioni nei pressi dell'abitato della medesima frazione, con interessamento di abitazioni, le quali risultano soggette ad allagamenti consistenti. Durante l'evento del novembre 2002 il livello di piena è stato tale per cui il piano terra di tali abitazioni era sommerso per circa 1.5-2 m. In una foto presente nella relazione vengono illustrati per un'abitazione in località S. Giorgio "segni evidenti fino a quasi la sommità della porta d'entrata".*

Nello studio viene sottolineato che la Regione Lombardia ha avviato da tempo la fase di progettazione per risolvere il presente nodo idraulico, per il quale si prevede la realizzazione di un

*by-pass del ponte dei Bertoli (di interesse storico e artistico) e l'abbattimento dei ponti LA101 e LA100.2, con rifacimento degli impalcati a quote compatibili con il livello di piena.*

Come evidenziato successivamente, la passerella alla sezione LA 101 è stata effettivamente rimossa, mentre il ponte di S. Giorgio è tutelato e quindi è stata inizialmente prevista la realizzazione di un by-pass.

Lo studio di fattibilità definisce anche una serie di interventi per realizzare l'assetto di progetto considerando anche l'evoluzione che il territorio ha subito nel corso degli anni e del fatto che attualmente anche eventi con tempi di ritorno 10-20 provocano "rischi di inondazione in zone di minor impatto, ma che comunque mettono a rischio l'incolumità di persone e beni (ad esempio la frazione S. Giorgio a Villasanta)" e che vi è "elevato rischio di interferenza fra il deflusso di piena e le infrastrutture viari con potenziali danni strutturali e funzionali gravi".

Secondo le direttive P.A.I. l'assetto di progetto deve essere compatibile con eventi di piena con tempi di ritorno 200 anni. Per ottenere l'assetto di progetto sono stati identificati alcuni tipi di intervento:

- aumento della capacità di laminazione all'interno del bacino (asta fluviale e affluenti), in modo da ridurre opportunamente in relazione agli afflussi ed alla sostenibilità della soluzione, l'entità delle portate di piena;
- mantenimento delle aree di allagamento naturale che interessano zone golenali;
- rimozione dei manufatti di attraversamento che ostacolano il deflusso di piena e inducono allagamenti in zone non compatibili;
- riduzione delle portate scaricate dalle reti di drenaggio urbano;
- aumento della capacità idraulica dell'alveo attraverso opere locali (ricalibratura, diversivi, ecc.).

In particolare nel tratto da Merone al ponte S. Giorgio a Villasanta (sezione LA100.2) vengono individuati i seguenti interventi

Adeguamento dei manufatti di attraversamento:

- ponte LA102.1 (ponte comunale a Biassono);
- ponte LA101 (passerella pedonale);
- ponte LA100.2 (ponte di S. Giorgio a Villasanta);
- traversa alla sezione LA101.1.

Opere di protezione locale (arginature):

- tra le sezioni LA102.1 e LA102bis in sponda sinistra;
- in corrispondenza della sezione LA101.3 in sponda sinistra;
- tra le sezioni LA101.1.1 e LA100.2 in entrambe le sponde;
- tra le sezioni LA100.2 e LA100.1 in sponda sinistra.

Per il tratto 2, dal ponte S. Giorgio a Villasanta (sezione LA100.2) al ponte dell'autostrada A4 Milano – Venezia (sezione LA91), gli interventi individuati sono i seguenti:

Mantenimento delle aree di espansione naturale:

- Parco di Monza.

Riduzione delle portate scaricate dalle reti di drenaggio urbano:

- secondo i limiti imposti dal P.R.R.A. (Piano Regionale di Risanamento delle Acque).

Aumento della capacità idraulica dell'alveo:

- By-pass in corrispondenza del ponte LA100.1 (ponte dei Bertoli);
- Diversivo di Monza.

Nella tabella 9 vengono riportati i valori delle portate previste nell'assetto di progetto e le portate scaricate allo stato attuale, suddivise in base ai vari sottobacini secondo cui è stato impostato il modello idrologico utilizzato. Per ognuno dei sottobacini vengono riportati i comuni inclusi nei sottobacini stessi.

<i>Sezioni</i>	<i>Nome bacino</i>	<i>Q max PRRA</i>	<i>Q max ATTUALE</i>	<i>Comuni</i>
LA100.1.1	<b>LAM11</b>	4	9	Arcore, Villasanta
LA97.2	<b>LAM13</b>	2	3	Villasanta

**Tab. 3.6.** Portate previste nell'assetto di progetto e allo stato attuale nei diversi sottobacini (Estratto della tabella 9 dello studio di fattibilità idraulica)

## **Piano Stralcio di integrazione al P.A.I. Fiume Lambro dal Lago di Pusiano alla confluenza con il Deviatore Redefossi**

Questo piano integra il precedente studio del P.A.I. a seguito dalla necessità di ulteriori indagini e approfondimenti, derivanti dagli eventi dell'ottobre 2000 e del novembre 2002.

Il Piano stralcio si divide in due parti; una cartografica illustra la delimitazione delle fasce fluviali, mentre la seconda, descrittiva, illustra la metodologia e i dati che sono serviti a delimitare le fasce fluviali e gli interventi necessari per arrivare all'assetto di progetto.

Per quanto riguarda parte di cartografia il Comune di Villasanta rientra nelle tavole 14, 14bis e 15, dove le tavole 14 e 14bis sono relative al solo canale bypass. Per quanto riguarda le sezioni, il Comune di Villasanta è compreso tra la sezione 99, dove il Comune di Villasanta rientra nelle fasce di rispetto e la 101 a Nord. Nell'ambito dello studio, che recepisce e integra quelli precedenti, il corso del fiume Lambro viene suddiviso, analogamente ai precedenti, in diversi tratti distinti a seconda delle caratteristiche idrauliche. Il Comune di Villasanta fa da cerniera tra due settori, denominati tratto naturale (tratto 1) compreso tra il Lago di Pusiano e Villasanta, e tratto urbanizzato (tratto 2), che si sviluppa a partire dal Ponte di S. Giorgio a Villasanta e l'intersezione con il canale deviatore Redefossi. Se il primo tratto è caratterizzato dall'attraversamento di territori poco antropizzati, nel secondo si ha una massiccia antropizzazione con una urbanizzazione pari al 50% del territorio del bacino e presenza di numerosi ponti e attraversamenti.

Per quanto riguarda invece il bacino idrografico il comune di Villasanta rientra ancora nella parte identificata come Lambro naturale, in quanto il Lambro urbanizzato è fatto iniziare in comune di Monza.

In base al modello sono state calcolate le portate nelle diverse sezioni per diversi tempi di ritorno. Per le sezioni ricadenti nel comune di Villasanta i dati sono riportati nella tabella seguente:

Sezione	Descrizione	TR10	TR200	TR500
LA 100.2	Ponte S. Giorgio – Villasanta	80	190	225
LA97.3	Ponte via Cavriga – Villasanta	80	195	225

**Tab. 3.7.** Valori al colmo per le onde di piena in alcune sezioni con diverso tempo di ritorno. Da notare che all'altezza della sezione 97.3 il territorio del Comune di Villasanta in realtà è esterno al limite di fascia C (Estratto della tabella 2 della relazione al piano)

Lo studio mette in evidenza come per il tratto 1 l'alveo sia generalmente incompatibile con le portate duecentennale provocando allagamenti in diverse zone tra cui a Villasanta e come, più in generale, il tratto possa essere ritenuto compatibile con portate cinquantennali. Il tratto successivo mostra una situazione ancora peggiore, mostrando sempre inadeguatezza per le piene duecentennali ed essendo compatibile con portate con tempo di ritorno 10-20 anni.

In taluni casi, criticità emergono anche in situazioni particolari per tempi di ritorno ventennale anche nel tratto 1, dovute ad *"allagamenti localizzati dovuti alla presenza di traverse di alimentazione di antichi mulini o all'insufficienza idraulica di ponti che producono l'innalzamento del livello idrico della corrente verso monte"*. Ad esempio questo avviene in corrispondenza del ponte S. Giorgio in Villasanta.

Nel piano è previsto un assetto di progetto, già presente nel P.A.I. ma meglio definito nel documento di integrazione, volto alla riduzione delle condizioni di rischio idraulico. Questo vale sia per gli abitanti presenti nelle zone interessate dalle zone di allagamento del Lambro sia per le opere di attraversamento interferenti per le quali è stato perseguito il doppio fine di salvaguardare la sicurezza delle opere stesse ed evitare gli effetti indotti da queste sulle aree allagate.

Nel tratto 1, compreso tra il lago di Pusiano e il ponte S. Giorgio a Villasanta (sezione LA100.2), le fasce di rispetto, definite come al par.3.5, corrispondono a quanto segue.

La fascia A coincide sostanzialmente con quella del P.A.I., salvo locali adeguamenti, sempre peraltro di modesta entità

La fascia B, coincide per lunghi tratti con la sponda alta dell'alveo inciso, o con orli di terrazzo immediatamente a tergo. In alcuni tratti essa è sostituita da una B "di progetto" che indica oltre agli interventi di protezione locale e alle aree di laminazione dei colmi di piena sugli affluenti in sinistra del fiume Lambro gli effetti di riduzione delle portate conseguenti alla regolazione del lago di Pusiano alla quota di 262,00 m s.l.m.

La fascia C è stata delimitata sulla base degli allagamenti prodotti dalla portata di piena con  $Tr = 500$  anni che, in diversi tratti, non provoca effetti significativamente diversi da quelli prodotti dalla portata di piena con  $Tr = 200$  in ragione della presenza di terrazzi naturali.

Nel tratto 2, dal ponte S. Giorgio a Villasanta (sezione LA100.2) al ponte dell'autostrada A4 Milano – Venezia (sezione LA91), la fascia A è prossima alle sponde dell'alveo inciso del Lambro in conseguenza degli effetti degli interventi previsti (essenzialmente canale derivatore di by pass del

centro urbano di Monza); la fascia B coincide con il limite delle esondazioni relative alla piena di riferimento ( $Tr = 200$  anni) e il limite di progetto della fascia B indica locali interventi passivi di contenimento dei livelli e gli effetti conseguenti agli interventi attivi di riduzione dei livelli nel tratto urbano di Monza ed individua l'opera di diversione delle portate.

Anche in questo tratto la fascia C è stata delimitata in base agli allagamenti prodotti dalla piena con  $Tr = 500$  anni, e, in diversi tratti, non si discosta significativamente dalla fascia B.

Nel piano stralcio sono stati anche verificati i valori di portata immessi dalle reti fognarie, confrontando quanto utilizzato per definire il modello idrologico e quanto invece previsto dal P.R.R.A. (Piano Piano Regionale di Risanamento delle Acque della Regione Lombardia) che stabilisce in 40 l/s il valore massimo per ogni ettaro impermeabile già dotato di fognatura.

<b>Sezioni</b>	<b>Nome bacino</b>	<b>Q max PRRA (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Q max ATTUALE (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Comuni</b>
LA102.2	<b>LAM10</b>	5	10	Sovico, Macherio, Biassono
LA100.1.1	<b>LAM11</b>	4	9	Arcore, Villasanta
LA97.3	<b>LAM12</b>	3	4	Vedano al Lambro
LA97.2	<b>LAM13</b>	2	3	Villasanta
LA95.2.1	<b>LAM14A</b>	2	11	Monza

**Tab. 3.8.** Valori di portata limite allo scarico delle reti di drenaggio urbano (Estratto della tabella 3 della relazione al piano)

Si può notare come nel modello siano stati considerati valori maggiori di quelli stabiliti dal P.R.R.A. Nello studio vengono individuate diverse tipologie di intervento volti alla riduzione del rischio idraulico. La prima consiste in interventi volti alla riduzione delle portate; il secondo tipo prevede interventi di riduzione dei livelli idrometrici mantenendo inalterata la portata defluente, che possono essere realizzati con ampliamento dell'alveo o riduzione degli ostacoli presenti nell'alveo stesso, mentre il terzo è costituito da interventi passivi di contenimento delle piene, quali argini o muri arginali. Viene infine individuata una serie di interventi a carattere locale quale rimozione di situazioni di inadeguatezza dell'alveo al deflusso della piena di progetto, che interessano tratti di corso d'acqua di estensione molto limitata. Si tratta in generale di adeguamenti di infrastrutture, quali ponti o traverse di derivazione, che interferiscono con le condizioni di deflusso ma che non generano nelle aree circostanti condizioni di rischio incompatibili con gli usi del suolo in atto.

Nel territorio del Comune di Villasanta gli interventi del primo tipo, cioè quelli volti alla riduzione delle portate, prevedono il mantenimento della capacità di laminazione del Parco di Monza; per il secondo tipo (riduzione dei livelli idrici) si prevede il rifacimento dei ponti alle sezioni LA 101 e LA 100.2 nonché il By-pass ponte dei Bertoli alla sezione LA100.1.

Per gli interventi di tipo 3 (interventi passivi di contenimento delle piene) lo stato di progetto prevede la realizzazione di arginature nei tratti compresi tra le sezioni LA102.1 e LA102bis in sponda sinistra, la sezione LA101.3 in sponda sinistra, e le sezioni LA101.1.1 e LA100.2 in entrambe le sponde e tra le sezioni LA100.2 e LA100.1 in sponda sinistra

Per l'ultimo tipo di interventi (interventi a carattere locale) sono previsti interventi (di adeguamento e demolizione) sulla traversa alla sezione LA101.1.

Nell'ottica di questi interventi vengono definiti inadeguati ed interferenti *quei manufatti in alveo che oltre ad essere inadeguati rispetto alle prescrizioni della "Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce "A" e B " provocano ostacoli al deflusso e fenomeni di interferenza idraulica tali da indurre nelle aree circostanti condizioni di rischio incompatibili con gli usi del suolo in atto (ad esempio esondazioni per rigurgito prodotto dal manufatto in centri urbani).*

In ultimo il piano stralcio enfatizza l'importanza, nell'ambito della sistemazione dei corsi d'acqua, di un approccio più generale nella gestione delle aree limitrofe ai corsi d'acqua e dei corsi d'acqua stessi, *individuando alcuni tipi di interventi di rinaturazione e restauro ecologico della regione fluviale, finalizzati al conseguimento di migliori condizioni ecologiche, che si integrano con quella a carattere strutturale e non strutturale:*

- *la realizzazione di elementi di continuità tra le aree naturali esistenti (corridoi fluviali);*
- *il restauro delle aree degradate anche con finalità di miglioramento della funzionalità idraulica;*
- *il recupero alla naturalità delle aree interessate dalla progettazione di opere idrauliche;*
- *il recupero di aree di cava dismesse e di siti di discarica bonificati, - programmi di gestione delle aree demaniali.*

Negli allegati alla relazione sono riportati alcuni dati riguardo le portate idrologiche e idrauliche nello stato attuale e in quello di progetto, il profilo di piena e le opere interferenti e la loro compatibilità. Nelle tabelle seguenti si riportano i dati relativi al comune di Villasanta.

Per alcune sezioni significative (tab. 3.9) sono state riportati i valori della portata idrologica allo stato attuale e della portata idraulica allo stato attuale e nello stato di progetto.

SEZIONE	Progr.	Descrizione	Portata idrologica stato attuale (T=200)	Portata idraulica stato attuale (T=200)	Portata idraulica assetto progetto completo (T=200)
LA 100.2	51206	Ponte S. Giorgio Villasanta	285	190	140
LA 97.3	53802	Ponte ad arco Via Cavriga Villasanta	285(287)	195	140

**Tab. 3.9.** Stralcio dell'allegato 1 al Piano stralcio di integrazione al P.A.I. con in evidenza le sezioni interessanti Villasanta. Da notare che all'altezza della sezione 97.3 il territorio del comune di Villasanta in realtà è esterno al limite di fascia C. Per la differenza tra portata idrologica e idraulica vedi il testo

La portata idrologica è intesa come la portata teorica presente in alveo con capacità idraulica illimitata, senza la presenza di restringimenti (ponti, tratti tombinati, ecc.), senza fenomeni di allagamento e senza alterazioni derivanti dall'azione di particolari manufatti idraulici

La portata idraulica allo stato attuale invece è data dalle portate nelle sezioni di riferimento del corso d'acqua, con tempo di ritorno pari a 200 anni, tenuto conto delle insufficienze dell'asta (restringimenti, ponti interferenti, tratti tombinati, ecc.), delle laminazioni conseguenti a i fenomeni di allagamento e dell'azione di particolari manufatti idraulici

Nella tabella 3.10, corrispondente all'allegato 2; viene invece indicato il livello di piena allo stato attuale e di progetto.

Sezione	Progressiva	Caratteristiche sezione	Stato di fatto	Stato di progetto
La 101.3	50388	Traversa	176,31	175,85
LA 101.3 bis	50407		175,55	175,28
LA 101.2	50641		174,83	174,66
LA 101.1.1	50892		174,58	173,63
LA 101.1	51019	Traversa	174,43	172,72
LA 101.1bis	51030		173,97	172,67
LA 101	51128	passerella pedonale	173,75	172,45
	51132		172,78	171,9
LA 101 bis	51135		172,85	171,91

LA 100.2	51206	Ponte S. Giorni - Villasanta	172,86	171,7
	51212		172,11	171,62
LA 100.1	51603	Ponte dei Bertoli	172,05	171,00
	51606		170,16	170,62
LA 100.1.1	51958	Traversa	169,67	169,96
LA 100.1.1bis	51981		167,38	167,90
La 100	52005		167,25	167,77
LA 99.2	52110	ponte stradale in c.a.	167,14	167,67
	52116	Villasanta	166,96	167,42
	53808		164,34	164,30

**Tab.3.10.** Profilo di piena nello stato attuale e di progetto (allegato 2 al Piano stralcio di integrazione al PAI). Sezioni interessanti il Comune di Villasanta)

Gli allegati 3 e 4 al Piano stralcio di integrazione al P.A.I. forniscono l'elenco delle opere interferenti con il corso d'acqua, sia allo stato attuale che di progetto.

Sezione	Progr.	Descrizione	profilo idraulico stato fatto T = 200	Caratteristiche geometri opera in alveo		Caratteristiche geometriche sezione		Franco (cm)		Franco del piano stradale cm	Valutazione compatibilità idraulica rispetto ai franchi (fir. 2/99) interferenza	
				Livello intradosso (m s.m.)	Livello estradosso (m s.m.)	Sponda Sx	Sponda dx	Intradosso (ponti retti)	Chiave (ponti arco)		Direttiva 2/99	Comportamento idraulico
LA 101.3	50388	traversa	176,31			176,3	175,92					
LA 101.3 bis	50407		175,55			176,3	175,96					
LA 101.1	51019	traversa	174,43			174,55	174,04					
LA 101.1 bis	51030		173,97			175,14	173,04					
LA 101	51128	passerella a pedonale	173,75	172,91	174,48	173,14	173,3	-84	73	I	P	
	51132		172,78									
LA 100.2	51206	ponte S. Giorgio Villasanta	172,86	172,45	174,7	173,7	173,55		-41	184	I	P
	51212		172,11									
LA 100.1	51603	Ponte dei Bertoli	172,05	171,63	173,28	175,02	175,45		-42	123	I	P
	5106		170,16									
LA 100.1.1	51958	traversa	169,67			169,89	169,9					
LA 100.1.1 bis	51981		167,38			168,66	168,65					
LA99.2	52110	ponte stradale in c.a. Villasanta	167,14	168,8	169,41	169,41	169,59	166		227	A	PL
	52216		166,96									

**Tab. 3.11.** Verifica della compatibilità delle infrastrutture interferenti ai sensi della direttiva 2/99 nello stato di fatto: Ao adeguato, I= inadeguato, P= in pressione; PL= a pelo libero

Sezione	Progr.	Caratteristiche sezione	profilo idraulico nello stato di progetto	Caratteristiche geometri opera in alveo		Caratteristiche geometriche sezione		Franco (cm)		Valutazione compatibilità idraulica rispetto ai franchi (fir. 2/99)		
				livello intradosso (m s.m.)	livello estradosso (m s.m.)	Sponda sx	Sponda dx	Intradosso (ponti rett)	Chiave (ponti arco)	Franco del piano stradale cm	Direttiva 2/99	Comportamento idraulici
LA 101.3	50388	traversa				176,3	175,92					
LA 101.3 bis	50407		175,28			176,3	175,96					
LA 101.1	51019	traversa	172,72			174,55	174,04					
LA 101.1 bis	51030		172,67			175,14	173,04					
LA 101	51128	passerella	172,45	173,5	174,5	173,14	173,3	105		205	A	PL
	51132	pedonale	171,9									
LA 100.2	51206	ponte S. Giorgio Villasanta	171,7	173	174,	173,7	173,55		130	230	A	PL
	51212		171,62									
LA 100.1	51603	Ponte dei Bertoli	171,00	171,63	173,28	175,02	175,45		63	228	I	PL
	5106		170,62									
LA 100.1.1	51958	traversa	169,96			169,89	169,9					
LA 100.1.1. bis	51981		167,90			168,66	168,65					
LA99.2	52110	ponte stradale in c.a. Villasanta	167,67	168,8	169,41	169,41	169,59	113		174	A	PL
	52216		166,42									

**Tab. 3.12.** Verifica della compatibilità delle infrastrutture interferenti ai sensi della direttiva 2/99 nello stato di progetto; sezioni interessanti il Comune di Villasanta

### **Interventi di sistemazione difese arginali in località S. Giorgio, progetto esecutivo, relazione idrologica- idraulica.**

Questo progetto è nato dalla necessità di ridurre l'impatto che il ponte di S. Giorgio determina sul deflusso di piena del Lambro.

Precedentemente era già stata rimossa una passerella pedonale a monte del ponte (passerella dalla traversa alla sezione 101); questa azione, però, non aveva portato ad alcun beneficio.

Nella serie di studi succedutasi tra il 1997 e il 2004 è stato evidenziato come l'insufficienza dell'alveo sia causata anche dal ponte di S. Giorgio, che causa rigurgiti a monte con allagamento della frazione omonima (livello dell'acqua di 1,5-2 m nelle abitazioni in occasione dell'evento 2002).

Intatti, a fronte di una portata di progetto di circa 190 m<sup>3</sup>/s a monte del ponte, il restringimento permette il passaggio di soli 130 m<sup>3</sup> con conseguente innalzamento del livello e una portata di circa 60 m<sup>3</sup>/s che defluisce nelle aree golenali, innalzando il livello della superficie di oltre 1,60 m e il conseguente allagamento delle aree appena a Nord di esso.

Al fine di ridurre lo stato di allagamento era stata prevista originariamente la demolizione e ricostruzione del manufatto con sezione più adeguata; tuttavia, essendo il ponte sottoposto a tutela, questo tipo di intervento è risultato inattuabile. E' stato quindi progettato un secondo intervento che prevede l'ampliamento della sezione costruendo una nuova luce del ponte di 5 m x 3 m e, contemporaneamente, la demolizione di una cabina elettrica, di un manufatto, la ripulitura dell'alveo e la rimozione e ricostruzione di scogliere.

La realizzazione del bypass porterebbe ad un abbassamento del livello dell'acqua a monte del ponte di alcune decine di centimetri; sebbene non costituisca una soluzione definitiva, tuttavia porterebbe comunque ad una riduzione dei volumi di allagamento lasciando invariato l'assetto idraulico del fiume.

### **3.6. Piano di gestione del rischio alluvioni – revisione 2015**

In relazione agli eventi alluvionali e al rischio connesso e agli interventi atti a mitigarne gli effetti, il governo italiano ha recepito, con decreto legislativo 49/2010, la direttiva europea 2007/60/CE. Questo si è tradotto con la costruzione del Piano di gestione del rischio di alluvioni (P.G.R.A.) per ogni distretto idrografico. Il P.G.R.A. di fatto *"dirige l'azione sulle aree a rischio più significativo, organizzate e gerarchizzate rispetto all'insieme di tutte le aree a rischio e definisce gli obiettivi di sicurezza e le priorità di intervento a scala distrettuale, in modo concertato fra tutte le*

*Amministrazioni e gli Enti gestori, con la partecipazione dei portatori di interesse e il coinvolgimento del pubblico in generale".*

Il piano viene sviluppato in tre fasi successive, in cui ognuna è propedeutica alla successiva. Le tre fasi sono:

- Valutazione preliminare del rischio di alluvioni;
- Predisposizione di mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni;
- Redazione di un Piano di gestione del rischio di alluvioni sulla base degli esiti delle mappe sopra indicate.

Nell'applicazione del piano alla realtà italiana è stato deciso di passare direttamente alla fase di redazione della cartografia di pericolosità e del rischio in quanto in Italia è già presente e vigente un Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.). I contenuti del P.A.I. sono stati ritenuti adeguati a quanto richiesto dalla direttiva per la prima fase per la quale, quindi, sono stati utilizzati i dati esistenti.

Si deve ricordare che la stesura delle mappe prevede un percorso partecipativo degli enti e dei locali portatori di interesse che possono proporre osservazioni e modifiche; tale percorso non si è ancora concluso, quindi i dati illustrati nel presente studio geologico di supporto alla Piano di Governo del Territorio del Comune di Villasanta devono essere considerati come suscettibili a modifica.

Le mappe della pericolosità indicano l'estensione delle eventuali inondazioni causate da corsi d'acqua, laghi o dal mare, ipotizzando tre scenari a diversa probabilità di accadimento, definiti come alluvioni rare, poco frequenti e frequenti.

Il fiume Lambro rientra nell'ambito definito come Reticolo principale che è costituito dall'asta del fiume Po e dai suoi principali affluenti nei tratti di pianura e nei principali fondovalle montani e collinari. In questo ambito la delimitazione delle aree inondabili è stata effettuata con riferimento a tutti e tre gli scenari di piena previsti dalla Direttiva.

Per la stesura delle mappe della pericolosità è stato fatto riferimento ad una nutrita schiera di studi e documenti precedenti; in particolare per l'ambito del reticolo principale le fonti dati utilizzate derivano da:

- Studi propedeutici al P.A.I. (1996 AdBPo);
- Fasce Fluviali (1994-2001);
- Studi di fattibilità (2004 AdBPo) che hanno aggiornato in parte il precedente quadro conoscitivo;

- Ulteriori approfondimenti effettuati da Regioni, Province, AIPo e altri Enti nell'ambito delle attività di adeguamento della pianificazione territoriale ed urbanistica alle disposizioni del P.A.I. e per la progettazione delle opere idrauliche di difesa previste nei programmi di attuazione del P.A.I.;
- In alcuni casi (Adda Sopralacuale, Arda, Stura di Lanzo, Secchia, ecc.) sono state condotte nuove analisi idrauliche per la delimitazione delle aree inondabili.

Graficamente, nelle mappe, vengono evidenziati i diversi scenari con tre toni di blu, più scuro per gli eventi più frequenti (tempo di ritorno 10/20 anni) e più chiaro per quelli meno frequenti (tempo di ritorno 500 anni).

Per ogni scenario è inoltre associata una classe di pericolosità cui corrisponde un tempo di ritorno dell'evento variabile a seconda dell'ambito considerato come illustrato nella tabella seguente.

Direttiva Alluvioni		Pericolosità	Tempo di ritorno individuato per ciascun ambito territoriale (anni)
Scenario	TR (anni)		RP
Elevata probabilità di alluvioni (H = high)	20-50 (frequente)	P3 elevata	10-20
Media probabilità di alluvioni (M = medium)	100-200 (poco frequente)	P2 media	100-200
Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di Eventi estremi (L = low)	Maggiore di 500 anni, o massimo storico registrato (raro)	P1 bassa	500

**Tab. 3.13.** Riepilogo scenari di inondazione

Il territorio del Comune di Villasanta rientra nella tavola 18 della "Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e gestione dei rischi di alluvione - mappe delle aree inondabili sul reticolo idrografico principale del bacino del fiume Po, bacino: Lambro-Olona, fiume: Lambro".

Le mappe di rischio, invece, indicano quale è il rischio connesso ad ogni eventuale evento di piena individuando, all'interno delle aree allagabili, la presenza di elementi vulnerabili intesi nell'accezione più ampia quali popolazione, servizi, infrastrutture etc. assegnando un corrispondente livello di rischio.

La presenza e distribuzione degli elementi esposti si basa principalmente sulle banche dati regionali che sono state accorpate e raggruppate nelle 4 indicate dalla direttiva europea (popolazione, attività economica, ambiente, beni culturali).

Per definire il rischio è necessario determinare la vulnerabilità dei vari elementi, assegnando, a favore di sicurezza, un valore costante uguale a tutti gli elementi esposti considerati. Anche la stima del danno è stata condotta in modo qualitativo e sulla base di un giudizio esperto, attribuendo un peso crescente da 1 a 4 a seconda dell'importanza della classe d'uso del suolo. Sono stati assegnati pesi maggiori alle classi residenziali che comportano una presenza antropica costante e pesi decrescenti alle diverse tipologie di attività produttive.

Il rischio è stato determinato combinando i parametri vulnerabilità, danno e pericolosità, condotta attraverso la creazione di matrici. Nelle righe sono riportati i parametri danno-vulnerabilità e nelle colonne i livelli di pericolosità associabili agli eventi ad elevata, media e bassa probabilità di accadimento individuati nelle carte di pericolosità. L'implementazione di tale matrice ha consentito l'attribuzione di ogni elemento esposto ad una delle classi di rischio previste nei dispositivi nazionali. Per distinguere l'impatto assai diverso in termini di pericolo per la vita umana e danno per le attività antropiche, in relazione alla diversa intensità e modalità di evoluzione dei processi di inondazione negli ambiti territoriali considerati, si sono utilizzate tre diverse matrici.

Nell'ambito del reticolo principale, in cui ricade il fiume Lambro la matrice consta di 4 righe e 3 colonne come illustrato nella figura 3.3 seguente.

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA'		
		P3	P2	P1
CLASSI DI DANNO	D4	R4	R4	R2
	D3	R4	R3	R2
	D2	R3	R2	R1
	D1	R1	R1	R1

**Fig.3.1.** Matrice danno, pericolosità classi di rischio per l'ambito reticolo principale (RP) e Reticolo secondario collinare e montano (RSCM alpino) D1-D4. Classi di danno D1 danno minore, D4 danno massimo; P1 pericolosità bassa, P2 pericolosità media, P3 pericolosità alta; classi di rischio: R1-Rischio moderato o nullo, R2-Rischio medio R3-Rischio elevato R4-Rischio molto elevato

La divisione nelle diverse classi di probabilità di alluvioni è riportata nella tavola 3 Carta idrografica e nella tavola 11 Carta PAI-PGRA; una zona a pericolosità alta (T ritorno 20 anni) è identificata lungo il corso del Lambro e nelle immediate adiacenze. Sono invece in classe di pericolosità media le

porzioni comprese tra la precedente fascia e il terrazzo della valle del Lambro a Nord di Via Baracca, quelle a Ovest di via della Resega, la frazione di S. Giorgio esterna alla fascia di pericolosità alta e l'intorno della roggia Molini Asciutti.

E' invece classificata in pericolosità bassa (T ritorno 500 anni) l'area a Sud Est dell'incrocio tra via Baracca e via della Resega e una piccola area a Ovest di Via Piave.

## **4. INQUADRAMENTO METEOCLIMATICO**

### **4.1. Temperatura dell'aria**

Per lo studio della temperatura è stata considerata la stazione di Agrate di Brianza che dispone di una serie abbastanza continua di dati da marzo 1992 fino ad oggi; dal 2000 i dati sono pressoché continui ad eccezione degli anni 2008 e 2012 per i quali si è avuta mancanza di registrazione per periodi consistenti.

Nella tabella 4.1 vengono riportate le temperature massime, medie e minime registrate nei diversi anni. Le temperature medie sono ricavate dai dati giornalieri forniti da Arpa Lombardia, le temperature minime e massime, invece, sono ricavate dai dati orari forniti sempre da Arpa Lombardia. Nell'anno 1992 le registrazioni iniziano il 25 marzo. Se, quindi, è ragionevole supporre che la temperatura massima registrata sia quella effettiva, questo non può dirsi per la minima, in quanto la temperatura minima assoluta dell'anno potrebbe essere occorsa nei primi mesi dell'anno; anche per questo motivo il valore medio annuale è da prendere con cautela. Discorso inverso è invece per gli anni 2008 e 2012 durante i quali si è avuta mancanza di registrazioni nel mese di luglio (2008) e nel periodo luglio-agosto (2012). Per questi anni quindi è probabile che la temperatura massima registrata non sia quella massima effettiva. Nella tabella è riportato anche il numero dei giorni con dati mancanti relativi alle temperature medie e quelli mancanti per le temperature massime e minime. Questi ultimi sono calcolati sia considerando i giorni in cui vi è totale assenza del dato sia i giorni in cui vi è un numero di ore di registrazione inferiore a 19.

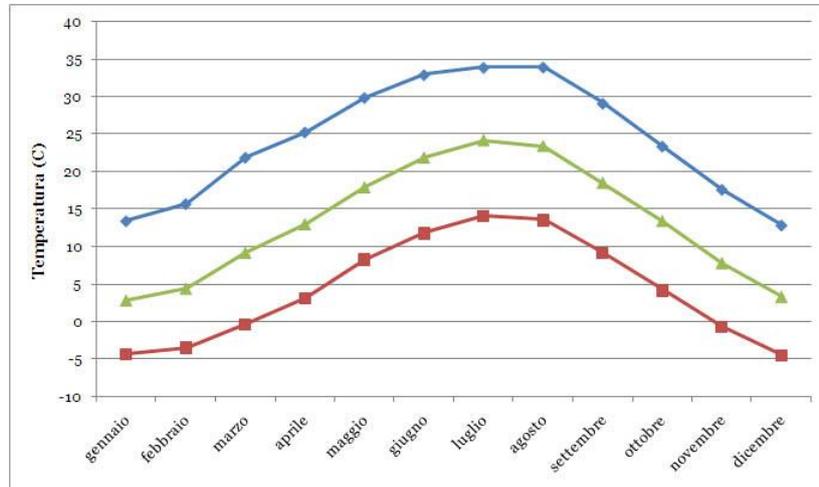
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
T min	-5.2	-6.9	-5.4	-6.1	-7.7	-2.2	-4.8	-5.4	-6.2	-7.3	-5.4	-5.6
T max	35.6	35.8	37.4	35.2	35.3	33.5	37.6	33.9	36.3	34.9	34.3	38.4
T medie	15.3	13.2	13.2	13.1	12.8	13.9	12.5	13.3	13.8	13.4	12.9	13.8
giorni mancanti max e minima	84	14	43	5	22	17	50	27	1	1	7	11
giorni mancanti medie	93	13	43	4	19	16	49	19	0	0	6	9

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
T min	-4.1	-8.2	-6.1	-4.2	-4.3	-8.7	-8.6	-4.7	-10.5	-4.1	-2.6	-3.4
T max	34.3	35.7	35.6	35.6	32.9	33.8	34.5	36.3	36.9	35.8	34.4	37.1
T medie	13.2	12.6	13.3	13.5	12.2	13.1	12.3	13.2	11.5	13.0	14.4	14.1
giorni mancanti max e minima	14	2	1	7	32	8	1	15	53	10	10	18
giorni mancanti medie	14	0	0	6	32	7	0	13	53	3	14	17

**Tab. 4.1.** Temperature annuali massime medie e minime registrate nella stazione di Agrate di Brianza per gli anni considerati. È anche indicato, per ogni anno, il numero dei giorni in cui non sono stati registrati i dati rispettivamente per le temperature minime, massime e medie.

La massima temperatura registrata è stata il giorno 11 agosto 2003 (38,4°) mentre il massimo freddo si è avuto il 6 febbraio 2012 (-10,5°).

Considerando le temperature medie mensili, il mese più caldo è luglio (24,1°) mentre quello più freddo è gennaio (2,9°). Tale distribuzione ricalca in parte anche la media delle temperature minime e massime mensili; infatti, considerando l'intero arco di tempo, marzo 1992- gennaio 2016, il mese con la media delle temperature massime più elevata è agosto (33,94° rispetto ai 33,9° di luglio), mentre il mese con la più bassa media delle temperature minime è dicembre (-4,5° rispetto ai -4,3° di gennaio) come illustrato nel grafico di fig. 4.1.



**Fig. 4.1.** Temperature mensili massime medie e minime nei diversi mesi dell'anno nella stazione di Agrate di Brianza, calcolate sulla media dei dati 1993-2015. In azzurro media delle temperature massime, in verde media delle temperature medie e in rossi media delle temperature minime.

Considerando invece le medie mensili delle temperature registrate nell'intero periodo 1992-2016 si ha che il mese più caldo è stato luglio 2015 ( $28,1^{\circ}\text{C}$ ) mentre il mese più freddo è stato gennaio 2006 ( $0,5^{\circ}\text{C}$ ).

## 4.2. Precipitazioni

I dati di precipitazione sono stati desunti da tre fonti principali: dati della stazione di monitoraggio ARPA di Agrate Brianza, distante circa 5 km dal centro di Villasanta, dati meteorologici desunti dal PTUA (Base dati monitoraggio idrometeorologico) e dalle Carte delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino lombardo, a cura di Ceriani e Carelli.

La "Carte delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino lombardo" illustrano le precipitazioni annue nel territorio lombardo, con l'esclusione dell'Oltrepo, mediante isoiete, calcolate analizzando la serie temporale 1891-1990.

Da queste carte risulta che il Comune di Villasanta ricade principalmente nella fascia compresa tra le isoiete 1050-1150 mm per quanto riguarda le precipitazioni medie annue, in quella dei 1700-1800 mm per le precipitazioni massime e in quella dei 550-700 mm per le precipitazioni minime.

Tra le stazioni i cui dati sono reperibili sul P.T.U.A., quelli più vicine al Comune di Villasanta sono quelle di Monza e Monza Parco. Per la prima esiste una serie pluviometrica nel periodo 1951-1997

(con uno iatus nel 1985 e nel periodo 1987-1991), mentre per la seconda serie copre il periodo dal 1991 al 2001. I dati della stazione di Agrate di Brianza, invece, costituiscono la serie continua più recente, andando da marzo 1992 ad oggi.

Le precipitazioni medie annue (vedi tabella 4.2) sono 1197 mm per la stazione di Monza, 872 mm per quella di Monza Parco e 965 mm per quella di Agrate di Brianza; i dati della stazione di Monza, che media un periodo più lungo, sono paragonabili a quanto indicato dalle carte di Ceriani e Carelli.

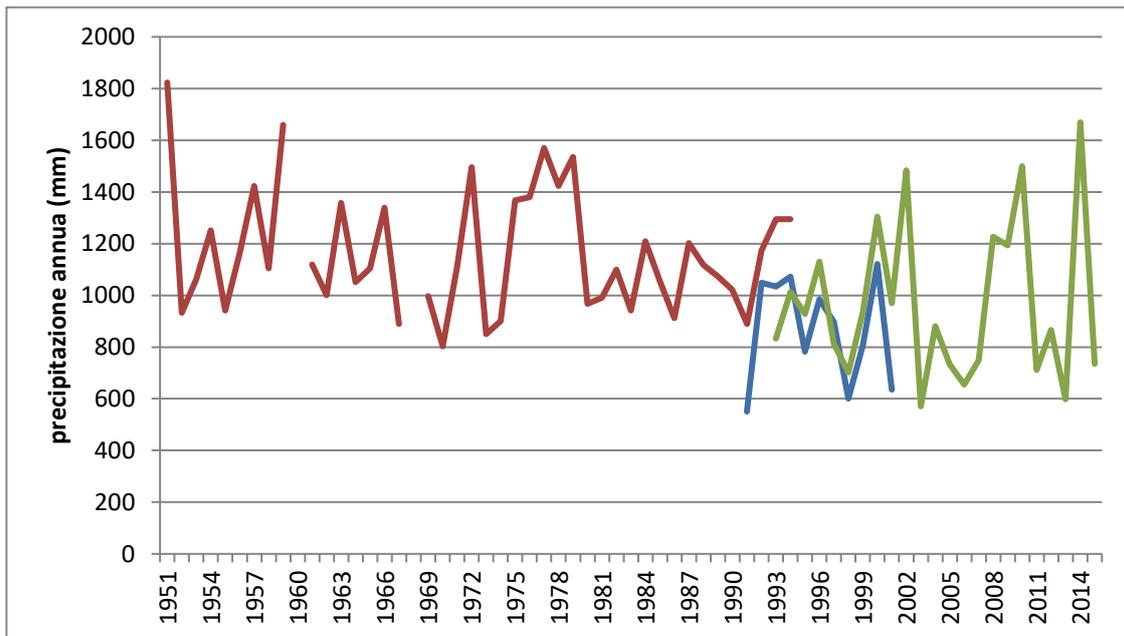
Per la stazione di Monza l'anno più piovoso è stato il 1951 con ben 1823 mm di pioggia caduta di cui 531 mm nei soli mesi di ottobre e novembre; a novembre, il mese della grande alluvione, caddero 324 mm di pioggia, il triplo della media mensile per il periodo 1951-1977. Nella stazione di Agrate, invece, l'anno più piovoso è stato il 2014 con 1669 mm, dei quali 409 mm concentrati a novembre (91 mm il 15 novembre). Al contrario, l'anno con minori precipitazioni risulta essere il 2003 con 503 mm di pioggia per la stazione di Agrate di Brianza e il 1970 (807 mm) per quella di Monza.

Stazione	Precipitazione media annua (mm)	Precipitazione minima annua (mm)	Precipitazione massima annua (mm)
Monza	1162,41	803	1823,4
Monza Parco	866,8	550	1121
Agrate di Brianza	965,3	570	1670

**Tab. 4.2.** *Precipitazioni medie annue nelle stazioni di monitoraggio Monza Parco (periodo 1991-2001), Monza (periodo 1951-1997); Agrate di Brianza (periodo: 1992-2016)*

Dalla tabella 4.2 si osserva che tendenzialmente la stazione di Monza sembra essere la stazione più piovosa; questo sembra in accordo con le carte della precipitazione media illustrate precedentemente, dalle quali si evince che la stazione di Monza risulta a cavallo della isoietta dei 1100 mm mentre quella di Agrate Brianza è più vicina a quella dei 1050 mm e dal confronto dei dati del periodo in cui le stazioni hanno funzionato contemporaneamente (1993-1997). Tuttavia deve essere considerata anche la differenza nel periodo di osservazione, molto maggiore per la stazione di Monza; il periodo di sovrapposizione, limitato a 5 anni è molto breve e quindi poco significativo. La differenza osservata potrebbe anche risiedere in variazioni a livello regionale sul lungo periodo. L'andamento delle precipitazioni nella sola stazione di Monza (fig. 4.2) mostra una progressiva diminuzione delle precipitazioni nel tempo. La differenza così marcata nella precipitazione tra le diverse stazioni potrebbe quindi essere dovuta al fatto che nella stazione di Monza si è registrato un

periodo più piovoso, precedente all'inizio delle rilevazioni delle stazioni di Monza Parco e di Agrate di Brianza, che ha influito quindi sui soli valori della stazione di Monza.



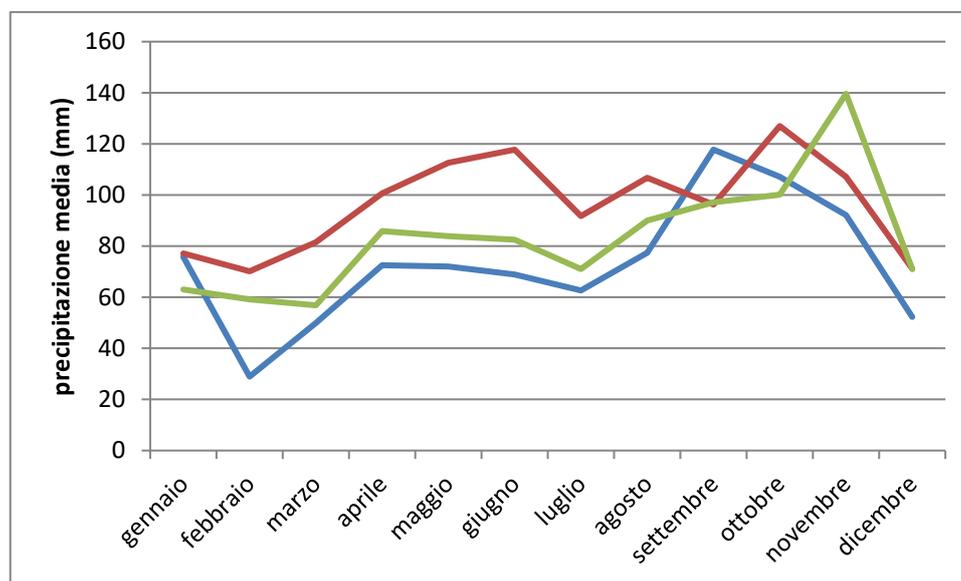
**Fig. 4.2.** Precipitazioni cumulate nelle stazioni di monitoraggio descritte nel testo. In blu Monza Parco (periodo 1991-2001), in rosso Monza (periodo 1951-1997); in verde Agrate di Brianza (periodo: 1992-2016).

L'andamento delle precipitazioni nel corso dell'anno è simile per le tre stazioni; è presente un massimo autunnale, più marcato, e un secondo massimo primaverile meno pronunciato. Il minimo delle precipitazioni si ha in inverno in cui si possono distinguere due punte a dicembre e febbraio; la modesta variazione tra i due minimi e il debole incremento di gennaio possono far considerare la curva come un unico minimo invernale.

L'andamento delle precipitazioni nel corso dell'anno e i valori delle precipitazioni medie mensili sono riportati nella tab.4.3 e nella fig. 4.3.

	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre
<b>Monza Parco</b>	75,8	28,9	49,9	72,5	72,0	68,9	62,7	77,4	117,8	107,1	92,2	52,3
<b>Monza</b>	77,2	70,1	81,5	100,7	112,6	117,8	91,8	106,7	96,2	123,0	107,0	71,2
<b>Agrate Brianza</b>	63,0	59,1	56,9	85,9	83,8	82,5	70,7	90,1	97,2	100,1	139,6	71,0

**Tab. 4.3.** Precipitazioni medie mensili nelle stazioni di monitoraggio Monza Parco (periodo 1991-2001), Monza (periodo 1951-1997); Agrate di Brianza (periodo: 1992-2016).



**Fig. 4.3.** Precipitazioni medie mensili nelle stazioni di monitoraggio In blu Monza Parco (periodo 1991-2001), in rosso Monza (periodo 1951-1997); in verde Agrate di Brianza (periodo: 1992-2016)

### 4.3 Eventi estremi

Per determinare le precipitazioni attese con diverso periodo di ritorno l'ARPA Lombardia mette a disposizione un applicativo web che permette di determinare la massima altezza delle precipitazioni attese con tempo di ritorno da 2 a 200 anni per durata variabile da 1 a 24 h.

Il territorio lombardo è stato diviso in celle entro le quali è possibile determinare la precipitazione massima attesa per diversi tempi di ritorno e diversa durata delle precipitazioni.

Il Comune di Villasanta è compreso in 8 di queste celle; tra le diverse celle la variazione di altezza di precipitazione per un determinato intervallo di tempo di ritorno e durata di precipitazione è estremamente ridotta attestandosi al massimo al 2,7%.

Nella tabella 4.4 vengono forniti i valori massimi di precipitazioni attese, per diversi tempi di ritorno e intervalli di 1, 6, 12 e 24 ore.

	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni
<b>1h</b>	29,2	39,9	47	54	63,1	70,1	77,1
<b>6h</b>	50,5	68,8	81,2	93,1	108,8	120,7	132,8
<b>12h</b>	62,4	85,1	100,4	115,2	134,5	149,2	164,1
<b>24h</b>	77,2	105,2	124,1	142,4	166,4	184,6	202,9

**Tab.4.4.** *Precipitazioni attese (in mm) con diversi tempi di ritorno (2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 anni) per precipitazioni di diversa durata (1, 6, 12, e 24 ore).*

Tra gli eventi estremi si ricorda l'occorrenza di due "trombe d'aria" avvenute in Villasanta e nell'area limitrofa agli inizi degli anni 2000. L'evento più importante, sebbene non abbia toccato direttamente il territorio comunale, si è avuto il 7 luglio 2001 quando una tromba d'aria si è abbattuta sui limitrofi comuni di Concorezzo e Arcore, provocando ingenti danni e decine di feriti. Precedentemente, il 15 aprile 2000, un evento più modesto aveva già colpito Monza e Villasanta.

Senza entrare nel merito delle particolari situazioni meteorologiche che producono il fenomeno, è comunque bene ricordare che essi sono fenomeni che, per quanto rari, possono accadere nelle normali dinamiche della circolazione atmosferica.

## 5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Da un punto di vista geologico, il territorio di Villasanta ricade nella parte di media e alta pianura che si trova appena a Sud del massimo limite raggiunto dai ghiacciai pleistocenici. L'estensione delle diverse glaciazioni non è stata sempre la medesima; le glaciazioni più antiche generalmente sono state più estese di quelle più recenti.

Allo sbocco delle grandi vallate alpine si sono quindi sviluppati, con il tempo, grandi anfiteatri morenici con le morene più antiche in posizione più esterna rispetto a quelle più recenti; dalle cerchie moreniche si dipartivano gli scaricatori glaciali che, trasportando ingenti quantità di materiale, di fatto andavano a costituire le piane fluvioglaciali. Ad ogni glaciazione il ghiacciaio, e gli scaricatori, trovavano un passaggio già formato, con una propria idrografia e orografia che condizionava lo sviluppo del ghiacciaio e degli scaricatori.

Nel processo di costruzione della pianura si sono alternate fasi di deposizione e successiva erosione ad opera di corsi d'acqua, creando quindi superfici a quote differenti, i terrazzi, separate da scarpate o valli. Durante i periodi interglaciali sui sedimenti appena depositi e su quelli precedenti si è sviluppata la pedogenesi grazie all'accumulo di materia organica e all'alterazione dei sedimenti. I sedimenti più antichi, che costituiscono le cerchie moreniche più esterne e i terrazzi di quota più elevata, sono stati esposti a più periodi interglaciali e hanno quindi un suolo più sviluppato, più profondo e con alterazione maggiore rispetto a depositi più recenti o addirittura attuali; i depositi più recenti, invece, hanno alterazione via via minore e suoli meno sviluppati.

Le scarpate dei terrazzi, procedendo dall'alta alla media - bassa pianura in genere diminuiscono la loro altezza, cosicché nelle aree di pianura spesso esse sono ridotte a poche decine di centimetri; complice il rimodellamento esercitato dall'uomo, le scarpate possono oggi essere totalmente o quasi totalmente obliterate.

È per questi motivi che le aree di pianura sono spesso molto eterogenee dal punto di vista granulometrico. A causa della natura stessa della deposizione possono trovarsi a contatto sedimenti di granulometria anche differente, disposti in letti e lenti con limitata continuità laterale e verticale e, a causa dell'originale modesto rilievo e del successivo rimaneggiamento, possono essere presenti sedimenti con diverso grado di alterazione in aree a prima vista omogenee.

In particolare, in questo settore, il territorio è stato interessato dal fronte del ghiacciaio proveniente dalla Valtellina che, superata la valle lago di Como, si espandeva nella pianura. Nelle glaciazioni più

antiche il ghiacciaio costituiva un lobo unico, continuo, di cui oggi rimangono solo lembi frammentati a causa dell'erosione successiva, mentre nelle glaciazioni più recenti, meno estese, il ghiacciaio si divideva in più lobi.

Il Comune di Villasanta si trova appena a Sud della terminazione dell'anfiteatro morenico del Lambro.

Sebbene il territorio sia, ad eccezione della Valle del Lambro, abbastanza monotono da un punto di vista morfologico e di litologia superficiale, è bene rimarcare che il Comune di Villasanta occupa una posizione di cerniera con un quadro geologico del territorio circostante abbastanza articolato. Pochi chilometri più a Nord si ha l'imponente e famosa morena di Camparada e dei relativi terrazzi fluvioglaciali, a Sud Est il terrazzo di Concorezzo, più antico dei depositi su cui sorge Villasanta e a Ovest, infine, l'incisione della Valle del Lambro che, dopo aver secato l'anfiteatro, continua a scorrere ribassato rispetto alle piane circostanti.

### **5.1. Geologia di superficie**

Il territorio di Villasanta, come accennato, è esterno alle grandi cerchie moreniche. In particolare si trova nella zona delle grandi piane alluvionali alla confluenza tra la piana proveniente da Arcore - Usmate Velate a Est e quella che comincia a formarsi all'altezza di Sovico e Biassono e al margine Nord del Comune di Monza. A Ovest, in corrispondenza del confine comunale, il territorio è solcato dall'attuale valle del Lambro che è ribassata di pochi metri rispetto alla piana sopra descritta.

Da un punto di vista più strettamente geologico il territorio di Villasanta era un tempo inquadrato in quello che era il "diluvium tardivo" (carte geologica d'Italia alla scala 1:100.000, foglio 45 MILANO) ad eccezione per lo stretto lembo della Valle del Lambro. Secondo la nuova cartografia geologica alla scala 1:50.000 (fogli 118 Milano e 096 Seregno) sul territorio di Villasanta sono presenti i depositi dell'Unità di Cadorago, appartenente al Supersistema di Besnate, mentre nella valle del Lambro sono presenti i depositi postglaciali e attuali del Sistema del Po. La geologia di superficie è illustrata nella Tavola 1 "Carta geologica e geomorfologica".

### **Unità di Cadorago (Pleistocene medio-superiore)**

Questa unità rientra nel più articolato Supersintema di Besnate che comprende i depositi coevi alla glaciazione precedente l'ultima avanzata glaciale.

Nel territorio di Villasanta sono rappresentati da depositi fluvioglaciali; le morene di questa unità si rinvengono infatti più a Nord, a Monticello Brianza.

I depositi sono costituiti per lo più da ghiaie medio grossolane, con dimensione massima dei ciottoli che può arrivare a 40 cm. Presentano in genere una organizzazione interna scarsa o assente, con una debole stratificazione e ciottoli embricati. Il supporto è generalmente clastico. Possono essere presenti anche sabbie. L'alterazione in genere è compresa nei 2 metri con il 40% dei clasti alterato; la ghiaia è poligenica, con clasti prevalentemente di litologie cristalline.

### **Sintema del Po (Pleistocene superiore – Olocene)**

Il Sintema del Po raggruppa i depositi postglaciali, ovvero quelli depositi a partire dal termine dell'ultima glaciazione. Data la natura pianeggiante del territorio, essi sono limitati all'incisione della valle del Lambro; sono costituiti in genere da sabbie e ghiaie fini e non mostrano alterazione.

## **5.2. Geologia di primo sottosuolo**

La geologia di primo sottosuolo è stata dedotta dall'analisi di precedenti indagini geologiche, comprese nel precedente Studio geologico del territorio comunale a supporto del vigente P.G.T., redatto, nel novembre 2010, dallo studio Geologico Associato Bruzzi e Corno, nonché dai dati forniti dal Comune di Villasanta e dall'analisi delle stratigrafie di pozzi per acqua, piezometri e sondaggi desunti dalle banche dati regionali e provinciali.

Questo studio riprende quanto già illustrato nello studio del 2004 in cui erano state aperte 6 trincee esplorative e a cui si era aggiunta l'osservazione di una sezione visibile in un cantiere edile.

I suoli si presentano discretamente evoluti, talora con presenza di orizzonti arrossati nel settore Nord occidentale e centrale del territorio e meno espressi nella porzione Sud Est. Questo sembra essere coerente con la vicinanza a elementi morfologici più antichi posti fuori dal confine comunale. In questi suoli la presenza di carbonati comincia a 1-1,5 m e il contenuto scheletrico è elevato. Nel settore Sud Est, invece, i carbonati sono più profondi, circa 2 m, e il contenuto scheletrico diminuisce. Presso la ex cava Colombo, al confine con Concorezzo, era stato osservato un suolo con presenza di ciottoli a 4 m di profondità.

Tendenzialmente si può dire che il primo sottosuolo, almeno per il territorio esterno all'attuale valle del Lambro, e quindi rappresentato dai depositi dall'Unità di Cadorago, sia costituito sostanzialmente da sedimenti ghiaioso sabbiosi moderatamente alterati; nella zona a Est e Sud Est, di raccordo con il territorio di Concorezzo è possibile che siano presenti, a ridotta profondità, materiali alterati appartenenti al Sintema di Binago.

A cominciare da 4-5 m di profondità soprattutto nella zona centro meridionale del territorio, sono segnalati orizzonti cementati da carbonato di calcio; tuttavia la posizione superficiale di questi depositi, inserita nel quadro geologico complessivo del sottosuolo, fa ritenere che essi siano da attribuire più a livelli a debole cementazione che ai conglomerati del "Ceppo". Discorso diverso, invece, è quello del territorio compreso nella Valle del Lambro, dove sono presenti in superficie e nel primo sottosuolo i depositi olocenici del corso d'acqua e dove si trovano le aree di espansione delle piene. Qui i sedimenti sembrano essere più eterogenei comprendendo anche frazioni meno ghiaiose e più sabbiose. In particolare, in una indagine di tomografia elettrica condotta nel 2003 da Geoinvest s.r.l. risultano presenti sedimenti fini, limosi argillosi, nel settore orientale della valle del Lambro mentre tendono a essere più grossolani in corrispondenza dell'alveo attuale.

Si evince quindi che, coerentemente anche con le stratigrafie degli altri pozzi esistenti, i livelli più superficiali sono dominati da ghiaie e sabbie in proporzioni variabili, con possibile presenza di materiale fine localmente abbondante.

Il quadro è coerente anche con quanto indicato dalla cartografia reperibile sul geoportale della Regione Lombardia (livello litologia) che indica la presenza, sul territorio di Villasanta, dell'"unità a ghiaie dominanti" e, per quanto riguarda i suoli, di ghiaie poco gradate o ghiaie gradate con sabbia.

### **5.3. Geologia di sottosuolo**

Per ricostruire la geologia di sottosuolo si è fatto principalmente riferimento ai dati desunti dalle stratigrafie di pozzi per acqua, sia pubblici che privati (cfr Allegato n. 2); in un contesto di pianura come quello in studio, in cui gli agenti deposizionali nel corso del tempo sono sempre stati gli scaricatori glaciali che divagavano nella pianura, non si è avuta una sostanziale modifica nella natura dei sedimenti trasportati. Le stratigrafie dei pozzi appaiono come monotone sequenze di ghiaie e sabbie; data la natura stessa dei depositi, che mancano in origine di una certa continuità laterale, diventa molto difficile effettuare le correlazioni. Infatti le differenze di tra i depositi di una unità o l'altra risiedono spesso nella sola alterazione che si esplica con una colorazione diversa della matrice,

l'arenizzazione o argillificazione dei ciottoli o la presenza, al tetto, di un suolo sepolto. Queste caratteristiche non sono però sempre riportate dai sondatori che si limitano spesso ai caratteri più macroscopici. Le correlazioni e la ricostruzione del sottosuolo risulta quindi necessariamente di massima e interpretativa.

Possono costituire livelli di correlazioni eventuali orizzonti di conglomerato (il “ceppo”), che spesso, ma non sempre, sono continui su grandi distanze ed eventuali livelli di sedimenti fini (limi/argille) che possono derivare da bacini lacustri o coltri loessiche legate ad antiche avanzate glaciali.

La ricostruzione delle geometrie dei corpi sepolti è stata possibile considerando non solo le informazioni riguardanti il territorio comunale ma anche le aree circostanti, in modo da avere un quadro il più definito possibile della geologia, inoltre si sono correlate le unità allostratigrafiche e litostratigrafiche riconosciute in superficie ai dati di sottosuolo, ricostruendo la geometria dei corpi sepolti e la presenza di paleovalli.

Le sezioni sono state tracciate in linea retta, proiettando i pozzi limitrofi sulla traccia della sezione. Nelle sezioni, per chiarezza di lettura sono state accorpate litologie simili, individuando graficamente le litologie maggiormente presenti nel livello considerato. Ad esempio livelli di ghiaia, ghiaia sabbiosa, ghiaietto sono rappresentate con la medesima simbologia. I dettagli delle stratigrafie dei pozzi sono riportate in allegato 2 (su supporto informatico).

Dall'analisi delle sezioni (cfr. Tavola 4 – Sezioni geologiche) si evince come a partire dalla profondità di circa 30-35 m dal piano campagna inizi una lunga sequenza di sedimenti fini data da limi e argille, talora torbosi che in profondità contengono fossili. Occasionalmente questa sequenza è intervallata da brevi spessori di sedimenti più grossolani, soprattutto nella parte Nord del territorio. Nelle sezioni più a Nord è visibile la traccia di una paleovalle che incide questi depositi al limite Est del comune, riempita prevalentemente da ghiaie e sabbie appartenenti al Supersintema di Vimercate; questa unità costituisce il riempimento del reticolo di paleovalli presente in tutto il settore orientale della Brianza.

Questa sequenza di materiale prevalentemente fine con fossili è identificabile con le Argille di Castel di Sotto, testimonianza di un ambiente marino e deltizio - lagunare.

Sopra questa sequenza la situazione è più articolata. Nella sezione 1, (a Sud) è ben individuabile uno spessore di circa 10 m di sabbie, sabbie argillose passanti verso Ovest a ghiaie sabbiose. Su queste si imposta un livello continuo di conglomerato che ha spessore variabile tra i 4 e i 7 metri nei diversi

pozzi. Superiormente a questo è presente, in sponda sinistra del Lambro, una sequenza grossolana costituita da ghiaie, ghiaie sabbiose e sabbie grossolane.

Nelle sezioni più a Nord la situazione è leggermente diversa. Infatti mentre si riesce ad individuare la sequenza più sabbiosa a tetto delle Argille di Castel di Sotto, il livello cementato perde di continuità; pur essendo presenti orizzonti cementati nei singoli pozzi, essi non mostrano una correlazione diretta come profondità e spessore.

Nella sezione 3 compare una sequenza di ghiaia e argilla che appare circoscritta e non riscontrabile nelle altre sezioni.

Verso l'alto, nella parte più superficiale, si ha una tendenza ad un generale aumento della granulometria con la presenza massiccia di ghiaie più e meno sabbiose.

La lunga sequenza, in parte cementata, potrebbe essere l'insieme dei depositi fluvioglaciali che coprono un arco di tempo che va dalla Tillite di San Salvatore (prima testimonianza di un evento glaciale) ai depositi del Sintema di Binago e/o del Supersintema di Besnate a seconda delle sezioni. In mancanza di dati stratigrafici precisi non è possibile dettagliare ulteriormente la sequenza stratigrafica.

Gli stessi orizzonti cementati, più che a un corpo di conglomerato ben definito e con una propria identità, sono più verosimilmente attribuibili agli orizzonti più profondi e cementati delle unità fluvioglaciali più antiche. La sequenza grossolana superficiale, infine, può essere interpretata come costituita dai depositi dell'Unità di Cadorago, mentre all'esterno del limite comunale, sui terrazzi più alti, possono essere presenti depositi del Sintema di Binago.

Le differenze tra le diverse sezioni può essere spiegata con il fatto che verso Nord ci si avvicina ai terrazzi fluvioglaciali più antichi, mentre nella zona a Sud si è al centro di una piana fluvioglaciale più recente.

#### **5.4. Morfologia**

Il territorio di Villasanta è sostanzialmente pianeggiante. La quota massima è di circa 182 m s.l.m. (dati carta CTR) nel settore più a Nord, degradando fino ai 167 m s.l.m. al confine meridionale. Fa eccezione la valle del Lambro che si allunga al margine occidentale del territorio comunale in direzione Nord Sud nella zona più a monte e Nord Est-Sud Ovest nella parte più meridionale. Il dislivello tra il fondovalle e la pianura è di circa 4-5 metri che si riducono man mano che si procede

verso Sud. In corrispondenza quasi dei "Molini Asciutti" il limite della valle del Lambro diventa esterno al Comune di Villasanta.

L'orlo del terrazzo della valle del Lambro è quindi l'elemento morfologico dominante nel territorio comunale; tuttavia la realizzazione di edifici avvenuta negli anni ha in parte reso difficoltosa l'identificazione di una vera e propria scarpata mentre il dislivello tra le superfici esterna e interna alla valle del Lambro è ancora evidente. Da Nord, la scarpata corre in direzione circa Nord Ovest-Sud Est quasi parallelamente alle vie Molino Sesto Giovine e Via Toti, con un dislivello di circa 4-5 m. Nel tratto tra via Baracca e via Sabotino è meno identificabile con precisione a causa della forte urbanizzazione. A Sud di via Sabotino, invece, la scarpata diventa nuovamente evidente, descrivendo un ampio arco con dislivelli compresi tra i 3,5 e i 4 m circa ed è seguibile fino a C.na Castello dove piega verso Ovest in direzione del Lambro.

La scarpata è individuabile anche lungo le vie Resega e Negri con un dislivello variabile tra i 2 e i 3 m. La monotonia della superficie pianeggiante esterna al terrazzo è rotta da cambiamenti di pendenza di modesta entità più evidenti in alcune aree del territorio comunale. Tuttavia la ridotta estensione di tali aree, unita all'estensione della superficie urbanizzata ne compromette il riconoscimento e l'esatta delimitazione.

Per questo motivo sulla carta geomorfologica non sono indicate aree o forme specifiche diverse dalla Valle del Lambro e relativi terrazzi.

Nella zona a Est si ha il raccordo con il più alto terrazzo di Concorezzo costituito da sedimenti appartenenti al Sintema di Binago. Mentre in Comune di Concorezzo la scarpata appare ben evidente con un dislivello di circa 2-2,5 m; la superficie del terrazzo a tergo della scarpata, in direzione di Villasanta, si raccorda molto dolcemente con la piana costituita dai depositi fluvioglaciali del Supersintema di Besnate.

## 6.IDROGRAFIA

Il reticolo idrografico presente sul territorio comunale è costituito dal fiume Lambro, che è l'elemento dominante e una serie di altri corsi d'acqua minori. Nel corso della sua storia, il territorio di Villasanta è stato interessato da numerose rogge, oggi per lo più scomparse. Nei paragrafi seguenti verranno dati alcuni accenni ai maggiori corsi d'acqua che interessano, o hanno interessato il comune.

### 6.1. Il fiume Lambro

Il fiume Lambro lambisce il Comune di Villasanta in corrispondenza del suo confine occidentale.

Il Lambro ha le sorgenti al Pian del Rancio nel Comune di Magreglio (CO) a quota circa 950 m s.l.m.; sfocia nel fiume Po in Comune di Orio Litta (LO) a quota 50 m s.l.m. circa, dopo aver percorso 130 km e attraversato un lago (lago di Pusiano). La sorgente del Lambro ha un andamento caratteristico, variando ciclicamente la propria portata.

Il bacino del fiume Lambro può essere diviso in 4 parti. La prima, pre lacuale è caratterizzata dalla presenza di numerosi corsi d'acqua a carattere torrentizio. La seconda dal Lago di Pusiano a Villasanta, denominata Lambro naturale, è caratterizzata, per la maggior parte, da versanti acclivi con urbanizzazione ridotta e presenza di numerosi affluenti; la terza parte (Lambro urbano) da Monza alla confluenza del Deviatore Redefossi è caratterizzata da versanti pianeggianti ed elevata urbanizzazione, mentre l'ultima, dal deviatore Redefossi al Po, è caratterizzata dalla confluenza con il Lambro meridionale e la presenza di terreni pianeggianti con un vasto reticolo irriguo.

Il Lambro scorre per buona parte del percorso in un bacino estremamente urbanizzato, dove le costruzioni hanno da un lato occupato l'alveo di piena, dall'altro snaturato completamente il reticolo naturale; per un lungo tratto (da Villasanta all'immissione del Redefossi) il Lambro non riceve apporti naturali ma solo affluenti artificiali quali scaricatori di piena e sistemi fognari comunali e consortili.

Data l'importanza del corso d'acqua e delle zone attraversate, il fiume Lambro è stato oggetto di numerosi studi volti sia alla determinazione del ciclo annuale delle portate, sia alla ricostruzione storica degli eventi alluvionali, sia allo studio idraulico/idrologico del fiume al fine di determinare i possibili interventi di messa in sicurezza. Nei paragrafi che seguono sono sintetizzate alcune caratteristiche principali del corso d'acqua (portate ed eventi di piena).

### 6.1.1. Portate

Dal 1983 presso il Ponte di S. Giorgio è presente una stazione idrometrografica, realizzata per interessamento dell'ADAL (Associazione Difesa Alto Lambro) e grazie alla collaborazione dell'ufficio idrografico del Po, del Consorzio Alto Lambro e del volontariato svolto dai membri del Rotaract.

Per l'anno idrologico 1983/84 le portate medie mensili e deflussi sono stati i seguenti (Casati, 1986)

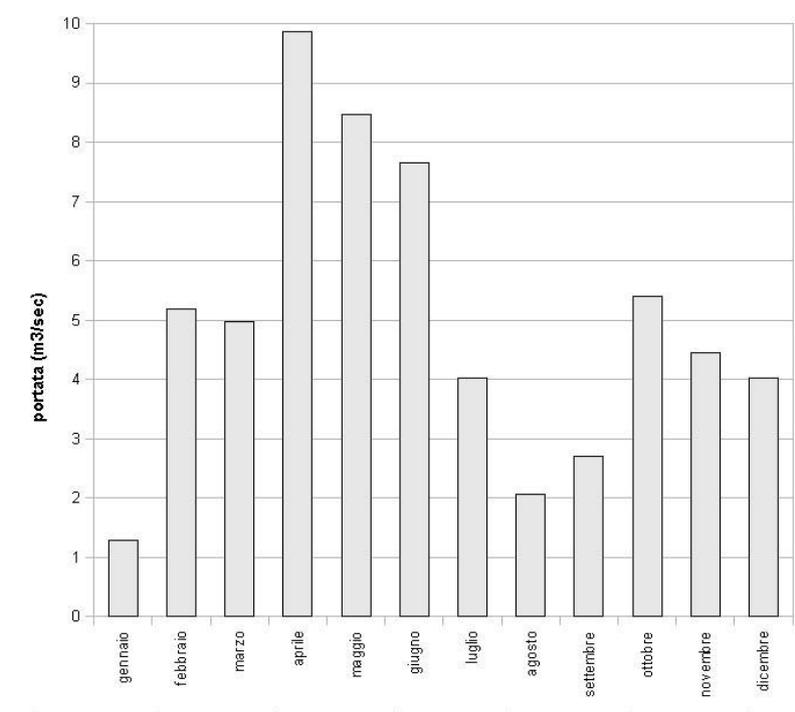
Mese	Portate (m <sup>3</sup> /sec)	Deflussi (m <sup>3</sup> )
ottobre	1,86	4.981.824
novembre	1,56	4.043.550
dicembre	3,35	8.972.640
gennaio	1,76	4.713.984
febbraio	2,59	6.489.504
marzo	4,78	12.802.752
aprile	9,14	23.690.880
maggio	19,93	53.380.512
giugno	16,34	42.353.280
luglio	3,73	9.990.432
agosto	3,64	9.749.376
settembre	2,97	7.698.240

**Tab. 6.1.** Portate medie e deflussi nel periodo ottobre 1983-settembre 1984 (dati da Casati, 1986)

I dati di portata relativi al periodo 1984-1992 sono invece riportati nella tabella e nel grafico seguente. Si può osservare come, a livello annuale, vi sia stata una profonda riduzione delle portate medie negli anni 1989-1991. Per quanto riguarda le portate medie mensili, invece, pur non essendo il periodo di osservazione molto lungo, si può vedere come siano presenti due minimi, uno invernale (minimo assoluto) e uno estivo, e due massimi, uno primaverile (massimo assoluto) e uno autunnale.

Anno	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Media
1984	1,76	2,53	4,67	9,13	20,15	16,55	3,74	3,66	3,76	6,66	7,57	6,95	7,26
1985	5,13	8,43	16,01	9,82	13,33	6,49	2,77	2,13	1,98	1,28	2,72	2,59	6,06
1986	3,97	9,91	5,91	18,57	11,57	5,34	2,66	2,05	2,06	1,53	1,85	1,61	5,58
1987	1,52	7,82	4,24	7,37	7,95	5,61	4,91	3,88	2,72	8,71	5,81	6,58	5,59
1988	9,04	9,63	3,76	6,13	8,96	11,61	3,66	1,31	1,53	8,27	2,61	2,47	5,75
1989	1,36	3,12	3,18	21,62	5,88	4,71	4,29	2,28	2,34	1,11	1,87	1,56	4,43
1990	1,77	1,91	1,31	5,61	2,46	6,84	3,41	0,91	0,67	2,81	5,13	5,46	3,17
1991	3,69	2,86	4,15	2,56	3,86	2,43	1,44	0,56	0,94	5,18	3,29	2,32	2,62
1992	1,45	1,55	1,53	8,11	2,11	9,41	11,05	1,91	8,47	13,12	3,71	7,71	5,84
media	1,29	5,19	4,97	9,87	8,47	7,66	4,03	2,07	2,71	5,39	4,45	4,02	5,14

**Tab. 6.2.** Portate medie mensili rilevate nella stazione idrometrografica di S. Giorgio nel periodo 1984-1992.



**Fig. 6.1.** Portate medie mensili del fiume Lambro misurate alla stazione idrometrografica di S. Giorgio

Le particolari caratteristiche del bacino del Lambro e, soprattutto, il fatto di scorrere per lunghi tratti in luoghi densamente urbanizzati, ha fatto sì che esso abbia dato origine a numerose alluvioni.

### 6.1.2. Eventi di piena

Nel Comune di Monza vengono riportate, per il solo periodo che parte dal 1900, alluvioni nel maggio 1917, ottobre 1928, agosto, settembre e novembre 1934, ottobre 1935, settembre, ottobre e novembre 1937, luglio 1938, settembre 1947, novembre 1951, giugno 1963, ottobre 1976. (da Casati, 1986). A queste si aggiungono ovviamente quelle del novembre 2002 e del novembre 2014.

In occasione della piena del 2002, dai dati resi disponibili dall'amministrazione comunale, risultano danni nella frazione di S. Giorgio (via Regina Margherita), nella zona tra via Baracca e via Montello e all'estremo Nord dell'abitato, in via Molino Sesto Giovane.

L'emergenza legata all'evento del 2014 è durata dal 13 al 16 novembre. I primi disagi si sono avuti in località San Giorgio, sempre in via Regina Margherita, a causa dell'esonazione di una roggia nel limitrofo Comune di Biassono. Nella giornata del 16 novembre è stata chiusa la via Molino Sesto

Giovane che risultava allagata da 40 cm di acqua proveniente da un tombino del collettore e alle ore 22 infine esondava il fiume Lambro. Il giorno 18 il livello del Lambro era sceso, mentre localmente si avevano ancora problemi di allagamenti dei locali interrati a causa dell'alto livello della falda.

## **6.2. Le rogge e i torrenti**

Un tempo il territorio di Villasanta era interessato da una fitta rete di rogge; oggi, ad eccezione della roggia Molini Ascianti, il reticolo è stato totalmente disattivato; i tracciati originari sono stati in parte riempiti e in parte utilizzati come sede di collettori fognari.

### *6.2.1. Torrente Molgorana*

Il torrente Molgorana, talora identificato anche con il nome di Roggia Molgorana, si origina nel Comune di Casatenovo, attraversa il pianalto a Nord di Villasanta e sbocca in pianura nel Comune di Usmate-Velate; da qui, dopo aver attraversato il Comune di Arcore, entrava in territorio di Villasanta lungo viale Leonardo da Vinci.

Oggi l'alveo è utilizzato come collettore fognario del consorzio alto Lambro e il percorso è totalmente tombinato. Lo scaricatore di piena si reimmette nel Lambro in prossimità della chiusa dei Bertoli.

### *6.2.2. Roggia Molini Ascianti*

La roggia, che si origina a partire dal fiume Lambro, interessa il Comune di Villasanta per un breve tratto (circa 400 m) nella parte occidentale del territorio comunale, a Sud di via Deledda e a Ovest di via Negri. La roggia oggi ha perso le sue funzionalità irrigue. Nel tratto di interesse comunale la roggia scorre a cielo aperto.

### *6.2.3. Roggia Ghiringhella*

Questa roggia attraversava il territorio comunale nel settore Ovest, quasi in corrispondenza della via Toti e viale della Vittoria per poi piegare a Est verso il Comune di Agrate Brianza. Il tracciato è stato coperto ed in parte utilizzato per percorsi ciclabili.

### *6.2.4. Roggia Gallarana*

La roggia trae origine da una chiusa presso la località Molino Sesto Giovine e proseguiva verso Sud dove entrava in Comune di Monza. Nel 1969 il consorzio Gallarana, che la gestiva, si sciolse. A seguito

di questo evento, persa ogni sua funzione. Quello che un tempo era un corso d'acqua ora è un collettore fognario, così come riportato nelle planimetrie comunali della rete fognaria.

## 7. IDROGEOLOGIA

### 7.1. Classificazione delle unità di sottosuolo

L'area di media e alta pianura milanese e i suoi dintorni sono stati oggetto, negli anni, di numerosi studi volti alla caratterizzazione del sottosuolo e della risorsa idrica, basando le ricostruzioni e le correlazioni sui dati di pozzi per acqua.

Avanzini *et al.* (1995) identificano le seguenti unità idrostratigrafiche:

**Unità ghiaioso sabbiosa:** si tratta dell'unità più superficiale che comprende i depositi dell'Olocene e quelli fluvioglaciali del Pleistocene superiore; è costituita principalmente da facies grossolane e solo localmente sono presenti lenti e livelli argillosi di limitata estensione. Nella zona di alta pianura contiene una falda libera solo occasionalmente, mentre nella media pianura l'unità corrisponde al primo acquifero di Francani e Pozzi (1981). Lo spessore medio, da letteratura, è compreso tra i 20 e i 40 m.

**Unità sabbioso ghiaiosa:** immediatamente sottostante alla precedente, questa unità corrisponde ai depositi fluvioglaciali del Pleistocene medio costituendo la base dell'acquifero tradizionale o il secondo acquifero di Francani e Pozzi (1981). L'unità è caratterizzata da una maggiore percentuale di sedimenti a granulometria più fine quali sabbia, limo e argilla. L'unità che, con la soprastante, forma il cosiddetto "Acquifero tradizionale", è separata dall'unità ghiaioso-sabbiosa da livelli di limi e argille talora estesi che portano alla formazione di falde semiconfiniate e/o confinate. L'"Acquifero tradizionale" dunque è composto da più falde che vengono assimilate a un acquifero monostrato (Avanzini *et al.*, 1995). Le granulometrie minori diventano maggiormente abbondanti, coerentemente con il quadro geologico, andando verso Sud.

**Unità a conglomerati e arenarie-"Ceppo auct. p.p.":** si tratta di una unità formata da litologie prevalentemente conglomeratiche e arenacee e, in misura minoritaria, ghiaie e sabbie che vengono solitamente correlate alla serie dei ceppi presenti lungo l'Adda. Gli studi più recenti (vedi ad esempio, le note illustrative della carta geologica d'Italia, Foglio 97 Vimercate) mostrano che in realtà i corpi conglomeratici non costituiscono una unica unità ubiquitaria ma corrispondono a più corpi di età e significato differente che risultano talora coalescenti o in sovrapposizione.

L'unità ha buone caratteristiche di accumulo e deflusso delle acque in quanto nei conglomerati e nelle arenarie è presente una elevata porosità sia primaria che secondaria.

**Unità sabbioso argillosa - facies continentale:** questa unità raggruppa la serie di depositi di ambiente continentale e di transizione depositatisi al margine del bacino marino che si era instaurato nel Pliocene. È caratterizzata da forti spessori di limi e argille, spesso associati a torbe e con marcate variazioni di colore, intercalati da lenti e livelli più grossolani costituiti da ghiaie e sabbie che possono raggiungere anche spessori considerevoli. Questi livelli sono sede di più acquiferi confinati che originano il terzo acquifero di Francani e Pozzi (1981).

L'unità è facilmente distinguibile dalla soprastante unità, a causa del marcato cambio di litologia, mentre è di più difficile identificazione rispetto a quella sottostante; infatti la granulometria simile fa sì che l'identificazione possa essere certa solo nel caso di ritrovamenti fossiliferi.

**Unità Argillosa - facies marina:** questa unità è formata principalmente da argille e limi di colore grigio azzurro e, in misura minore, livelli e lenti a granulometria maggiore. L'unità, compresa nel terzo acquifero di Francani e Pozzi (1981), è datata al Pleistocene inferiore (Avanzini et al., 1995). L'identificazione di questa unità avviene con precisione con il rinvenimento di fossili marini che possono essere sia microfossili che macrofossili, questi ultimi facilmente riconoscibili anche da parte dei sondatori e quindi di più frequente identificazione.

Regione Lombardia & ENI Divisione Agip (2002) ridefiniscono la suddivisione degli acquiferi, correlando a scala di bacino dati sismici e dati di pozzo, definendo quattro gruppi di acquiferi nella successione sedimentaria.

Come evidenziato in fig. 7.1 i limiti tra i diversi gruppi acquiferi non coincidono, se non in un caso, con i limiti tra le unità idrogeologiche e idrostratigrafiche tradizionali. In particolare il gruppo acquifero A, quello più superficiale, comprende una parte della unità ghiaioso-sabbiosa di Avanzini et al. (1995) e, di conseguenza, la parte superiore di quello che era definito il II acquifero di Francani e Pozzi (1981).

Il gruppo acquifero B, invece, ha come limite di base la marcata differenziazione litologica che già aveva permesso di distinguere l'acquifero tradizionale dagli acquiferi profondi (Martinis e Mazzarella, 1971) o il II e III acquifero di Francani e Pozzi (1981) o l'unità sabbioso argillosa (sottostante) dalle unità conglomeratiche (sovrastanti) di Avanzini et al (1995). Si noti, inoltre, la differente attribuzione di età per la superficie di base che per Regione Lombardia & ENI Divisione

Agip (2002) è compresa nel Pleistocene medio mentre per Avanzini et al. (1995) è del Pleistocene inferiore.

I gruppi acquiferi C e D corrispondono agli "acquiferi profondi" tradizionali; nel gruppo C, superiore, si riconosce una sequenza di sedimenti con predominanza di sabbie fini, silt e argille, in cui si hanno facies sia marine che transizionali e continentali organizzate in due distinti cicli regressivi intervallati da un ciclo trasgressivo, tutti compresi nel Pleistocene medio. Il gruppo D, invece, è costituito da argille e silt con intercalate sabbie e ghiaie attribuite a delta conoidi.

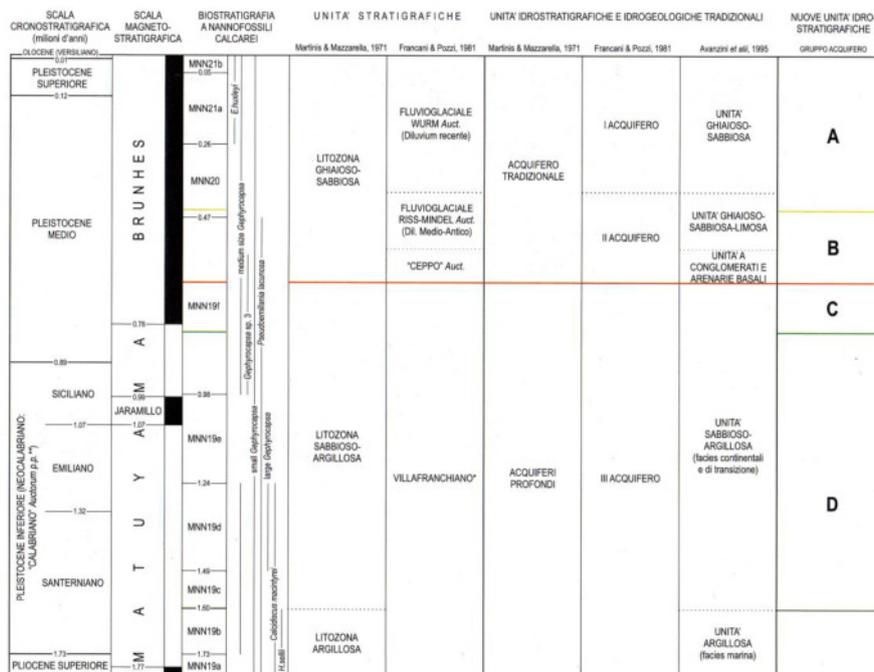


Fig. 7.1. Unità idrostratigrafiche tradizionali e gruppi acquiferi A, B, C e D (da Giudici et al., 2007).

Il territorio di Villasanta viene solo lambito da queste carte in quanto è posto al margine della pianura; nella carta 1 viene posizionato il limite della base dell'acquifero A ad una quota di circa 150 m s.l.m., mentre il limite gli acquiferi B e C (carta 3) è a quota di poco superiore ai 100 m s.l.m.

Le sezioni idrogeologiche allegate (cfr. Tav. 4 Sezioni geologiche e Tav. 2 Carta idrogeologica, per la posizione) si basano invece sulla più recente visione del sottosuolo introdotta anche dalla nuova cartografia geologica redatta con il progetto CARG (cartografia alla scala 1:50.000, fogli 096 Seregno e 097 Vimercate).

Nelle sezioni idrogeologiche sono riportati i pozzi e le superfici piezometriche relative a marzo e settembre 2009 (fonte dati: Sistema Informativo Falda della Provincia di Milano), corrispondenti agli ultimi dati disponibili per un intero anno. Nelle sezioni è individuabile con una certa sicurezza il limite che separa i gruppi acquiferi A e B dai gruppi C e D, situato intorno ai 130-140 m di profondità, al tetto della lunga sequenza di materiali fini e con la tendenza a diventare leggermente più elevato verso Nord. Non è invece riconoscibile, nella zona considerata, il limite tra i gruppi acquiferi A e B, costituenti l'"acquifero tradizionale" né quello tra gli acquiferi C e D.

Data l'estrema eterogeneità di facies non possono essere definite con precisione le caratteristiche dell'acquifero; le unità del I e II acquifero sono prevalentemente ghiaiose e sabbiose con una consistente componente conglomeratica soprattutto nel settore Est, mentre gli acquiferi più profondi hanno una prevalenza di componenti più fini come limi e argille anche se non mancano livelli di spessore variabile costituiti da elementi più grossolani quali sabbie e, talora, ghiaie.

## **7.2. Opere di captazione e di monitoraggio della falda**

L'approvvigionamento potabile del Comune di Villasanta è garantito dallo sfruttamento di un sistema di 8 pozzi pubblici. Un ulteriore pozzo (152390135), sebbene indicato come attivo, è per ora inutilizzato. Sono inoltre presenti altri 2 pozzi pubblici (152390001 e 152390005) entrambi in disuso.

Sul territorio comunale sono anche presenti altri pozzi ad uso privato e piezometri di monitoraggio della falda, questi ultimi ubicati principalmente nelle aree industriali.

I dati sui pozzi e piezometri (posizione, stratigrafia, ecc.) sono stati desunti dalle banche dati della Provincia di Monza Brianza, dal gestore del servizio idrico integrato, da gennaio 2018, BrianzAcque srl, dalla banca dati di sottosuolo della Regione Lombardia e dall'Amministrazione comunale.

Nella tabella seguente sono riportati i punti di captazione e monitoraggio presenti sul territorio; per facilitare la lettura sulla Carta Idrogeologica (cfr. Tav. 2) è riportato un numero identificativo del pozzo/piezometro con simbologia diversa a seconda della tipologia, dello stato e dell'uso. Nella tabella seguente vengono riportati il codice usato nella carta, il codice identificativo della base dati regionale (codice CASPITA), il codice identificativo provinciale, la quota del pozzo, la sua profondità, l'anno di realizzazione, la tipologia, lo stato e l'uso.

codice	Codice Caspita	Codice Provincia	Quota	Profondità	Anno	Tipo	Uso	Stato,	Stratigrafia	simbolo
36		152390036	176,1	83	1967	P	n.d.	A	si	
16		152390016	172,8	72,8	1962	P	I	A	si	
29		152390029	174,5	31	1963	P	I	A	si	
42		152390042	173	34	\	P	n.d.	A	si	
15		152390015	172	27	1956	P	I	n.d.	si	
7		152390007	173,3	112,6	1978	P	A	A	si	
0			173,5	42	1989	P	I	n.d.	si	
19		152390019	173,7	106	1968	P	I	A	si	
5		152390005	173,3	124	1960	P	n.d.	Disuso	si	
2		152390002	176,2	116	1954	P	A	A	si	
1		152390001	176,2	101,2	\	P	A	D	si	
6		152390006	176,2	105	1971	P	A	A	si	
84		152390084	177,8	153,6	\	P	A	A	si	
39		152390039	177,1	73,5	1957	P	n.d.	C	si	
38		152390038	177,1	79	1923	P	n.d.	C	si	
40		152390040	176,8	80	1963	P	n.d.	C	si	
91	B5C438001165	152390091	178	149,5	1998	PZ	n.d.	A	si	
20		152390020	172,7	31,5	1957	P	I	C	si	
0			171	42	1989	P	n.d.	n.d.	si	
13		152390013	171,2	122,5	1989	P	I	A	si	
11		152390011	171,2	124	1973	P	I	A	si	
12		152390012	171,2	118,3	1965	P	I	A	si	
78	B5C538409114	152390078	168,1	38	\	PZ	n.d.	A	si	
14		152390014	171,2	150	1958	P	I	A	si	
24		152390024	171,1	32,5	1945	P	I	A	si	
25		152390025	171,1	32	\	P	I	A	si	
43		152390043	171,3	30,3	1986	P	S	A	si	
61	B5C538879268	152390061	168,8	35	1997	PZ	Mf	A	si	
72		152390072	170,7	30	\	PZ	n.d.	A	si	

66		152390066	173	32	\	PZ	Mf	A	si	■
65		152390065	171,3	33	\	PZ	Mf	A	si	■
64	B5C539299220	152390064	167,64	37,5	\	P	n.d.	A	si	●
96	B5C539039525	152390096	170,2	30	\	PZ	n.d.	A	si	■
104	B5C539539673	152390104	170	22	2001	PZ	n.d.	A	si	■
4		152390004	176,06	106	1964	P	A	A	si	●
3		152390003	176,68	111	1965	P	A	A	si	●
9		152390009	176	110	1986	P	A	A	si	●
8		152390008	176	120	1984	P	A	A	si	●
22		152390022	177	17	1961	P	I	C	si	◆
21		152390021	177	52	1961	P	I	C	si	◆
0			176	42	1989	P	n.d.	n.d.	si	●
0			181	42	1989	P	n.d.	n.d.	si	●
23		152390023	183	65	1966	P	n.d.	C	si	●
86		152390086	179,5	50	1998	PZ	Mf	A	si	■
94		152390094	179,3	47	1999	PZ	Mf	A	si	■
135		152390135	182	126	2008	P	A	N attivo	si	●
26		152390026	171,5	77	\	P	I	D	si	◆
0			168	46	1988	P	n.d.	n.d.	si	●
34		152390034	172,5	150	1971	P	I	A	si	◆
67		152390067	171,5	31,5	\	P	S	A	si	●
60	B5D540229183	152390060	168,2	35	1997	P	n.d.	A	si	●
81	B5D540909025	152390081	167,9	30	1997	PZ	n.d.	A	si	■
62	B5D541169175	152390062	168,21	37,5	1997	P	n.d.	A	si	●
80	B5C540609418	152390080	171,7	18,1	1998	PZ	n.d.	A	si	■
87	B5D540649940	152390087	172,99	36	1998	PZ	Mf	n.d.	si	■
109	B5D542179537	152390109	171,1	22	2001	PZ	n.d.	A	si	■
110	B5D543199459	152390110	171	25	2001	PZ	n.d.	n.d.	si	■
113	B5D540429294	152390113	169,02	39	2001	PZ	n.d.	A	si	■
97	B5D540539470	152390097	170,35	40		PZ	n.d.	n.d.	si	■
98	B5D540549390	152390098	170,19	25,3	1998	PZ	n.d.	n.d.	si	■
99	B5D540799377	152390099	168,6	40		P	n.d.	n.d.	si	●
0			174	118,3	1965	PZ	n.d.	n.d.	no	■
155		1080490155	171,9	17,5	2011	PZ	Mf	A	si	■

156		1080490156	171,9	30	2011	PZ	Mf	A	si	
158		1080490158	171,9	30	2011	PZ	Mf	A	si	
18	B5C433800930	152390018	172	140	1969	P	I	A	si	
17	B5C433000990	152390017	171	82	1967	P	I	A	si	
54	B5D540659940	152390054	172	30		PZ	Mf	A	si	
106	B5D537029831	152390106	171,1	25		PZ	n.d.	A	si	
63	B5C538429306	152390063	168,1	34		P	n.d.	A	si	
107	B5D545829616	152390107	173	25		PZ	n.d.	A	si	
0	B5D545799515		207,3	60		PZ	n.d.	n.d.	si	
108	B5D547949592	152390108	170,2	24		PZ	n.d.	A	si	
82	B5C539248906	152390082	167,4	50		PZ	n.d.	A	si	
157		1080490157	171,9	18	2011	PZ	Mf	A	no	
159		1080490159	171,9	18	2011	PZ	Mf	A	no	
127		152390127	0	30		PZ	n.d.	A	no	
128		152390128	0	27		PZ	n.d.	A	no	
126		152390126	0	34		PZ	n.d.	A	no	
75		152390075	170,4	-		PZ	n.d.	A	no	
50		152390050	168,87	-		PZ	n.d.	A	no	
51		152390051	168,28	-		PZ	n.d.	A	no	
59		152390059	168,63	81		PZ	n.d.	A	no	
49		152390049	168,87	-		PZ	n.d.	A	no	
74		152390074	167,9	30		PZ	n.d.	A	no	
141		152390141	169,18	-		P	n.d.	A	no	
116		152390116	168	29		PZ	n.d.	A	no	
48		152390048	168,76	77		PZ	n.d.	A	no	
118		152390118	168	29		PZ	n.d.	A	no	
117		152390117	168	29		PZ	n.d.	A	no	
119		152390119	168	29		PZ	n.d.	A	no	
129		152390129	168,85	38		PZ	n.d.	A	no	
83		152390083	169	32		PZ	n.d.	A	no	
130		152390130	209	41		PZ	n.d.	A	no	
77		152390077	167,53	-		PZ	n.d.	A	no	
79		152390079	169,33	-		PZ	n.d.	A	no	
115		152390115	170,2	18		PZ	n.d.	A	no	
105		152390105	170	16		PZ	n.d.	A	no	

58		152390058	170,41	32		PZ	n.d.	A	no	■
93		152390093	170	170		P	I	A	si	■
73		152390073	170	-		PZ	n.d.	A	no	■
71		152390071	170	-		PZ	n.d.	A	no	■
68		152390068	169,64	-		PZ	n.d.	A	no	■
102		152390102	169	30		PZ	n.d.	A	no	■
103		152390103	169	30		PZ	n.d.	A	no	■
131		152390131	169,58	30		PZ	n.d.	A	no	■
69		152390069	169,74	-		PZ	n.d.	A	no	■
76		152390076	171,3	-		PZ	n.d.	A	no	■
191		152390191	171	-		P	n.d.	D	no	■
52		152390052	171,12	-		PZ	n.d.	A	no	■
70		152390070	171	-		PZ	n.d.	A	no	■
53		152390053	171,06	32		PZ	n.d.	A	no	■
164		1080490164	171	18	2013	PZ	n.d.	A	si	■
163		1080490163	171,9	30	2013	PZ	n.d.	A	si	■
168		1080490168	172	16,5	2015	PZ	n.d.	A	si	■
167		1080490167	172	30	2015	PZ	n.d.	A	si	■
160		1080490160	171,9	30	2012	P	S	A	si	●
162		1080490162	171,9	30	2012	P	n.d.	A	si	●
150		152390150	171,81	18		PZ	n.d.	A	no	■
161		1080490161	171,9	30	2012	P	n.d.	A	si	●
166		1080490166	172	18	2013	PZ	n.d.	A	si	■
165		1080490165	172	30	2013	PZ	n.d.	A	si	■
149		152390149	172,38	18		PZ	n.d.	A	no	■
148		152390148	172,07	18		PZ	n.d.	A	no	■
95		152390095	173	35		PZ	n.d.	A	no	■
151		152390151	171,16	18		PZ	n.d.	A	no	■
56		152390056	173	-		P	n.d.	C	no	●
90		152390090	172	-		P	n.d.	C	no	●
88		152390088	171	-		P	n.d.	D	no	●
80		152390080	173	-		P	n.d.	C	no	●
57		152390057	179	-		P	n.d.	C	no	●
92		152390092	180	-		PZ	n.d.	A	no	■
28		152390028	174	-		P	n.d.	C	no	●

134		152390134	173	45	2008	P	I	A	si	
55		152390055	174	-		P	n.d.	C	no	
125		152390125	172	-		P	I	C	no	
124		152390124	173	-		P	I	C	no	
89		152390089	172	-		P	I	D	no	
45		152390045	174	-		P	I	A	no	
46		152390046	175	40		P	I	C	no	
4			175,26	8	2003	PZ	Mf	n.d.		
5			174,7	4	2003	PZ	Mf	n.d.		
3			173,74	4,5	1994	PZ	Mf	n.d.		
8			173,9	3	2003	PZ	Mf	n.d.		
2			172,61	4,5	2003	PZ	Mf	n.d.		
7			175,82	5	2003	PZ	Mf	n.d.		
1			171,64	-	2003	PZ	Mf	n.d.		
6			172,82	4,5	2003	PZ	Mf	D		
1			172,62	-	2003	P	Mf	A		
2			172,6	-	2003	P	Mf	A		
3			173,25	-	2003	P	Mf	A		
4			173,6	-	2003	P	Mf	A		
5			172,35	-	2003	P	Mf	A		
6			170,1	-	2003	P	Mf	A		
7			170,1	-	2003	P	Mf	A		
8			170,89	-	2003	P	Mf	A		
9			172,3	-	2003	P	Mf	A		
10			170,53	-	2003	P	Mf	A		
11			171,78	-	2003	P	Mf	A		

**Tab 7.1** - Elenco dei pozzi/piezometri presenti sul territorio comunale. La quota è espressa in metri sul livello del mare, la profondità in metri. Stato: A= attivo, D = disuso, C= cementato; tipo P=pozzo, Pz=piezometro; uso: A=acquedotto, I= industriale, Mf=monitoraggio falda

### 7.3. Caratteri piezometrici locali

La quota della falda e l'ampiezza delle sue oscillazioni è stata desunta dai dati bibliografici. In particolare viene fatto riferimento alle superfici piezometriche ricostruite dalla Provincia di Milano per gli anni 2007-2009 e per marzo 2010 (cartografie disponibili on line), dai dati della provincia di Monza e Brianza e dalla bibliografia esistente e da quanto illustrato nel precedente studio geologico.

Dal punto di vista storico i dati sono scarsi. Desio e Villa (1960), nel loro censimento dei pozzi della pianura padana, riportano 4 pozzi in Villasanta (MI 259, MI 260, MI 261 e MI 262). Per tre di essi, MI 259, MI 261 e MI 262 corrispondenti rispettivamente ai pozzi 1523900002, 152390039; 152390015, viene riportato anche il livello statico; il pozzo 1523900002 (dato giugno 1954) ha il livello statico a 10 m dal p.c., il pozzo 152390039 (dato maggio 1957) ha il livello statico a 16 m dal p.c. e il pozzo 152390015 (luglio 1956) ha il livello statico a 1,5 m dal p.c.. Attualmente (dati 2004) la soggiacenza della falda è di circa 17-18 metri nell'area dei pozzi 1523900002 e 152390039 e di circa 10 metri nell'area del pozzo 152390015. Dal dato del 1962, privo di altri riscontri, si passa al 1982, quando la soggiacenza media nel territorio di Villasanta era 21,4 m dal piano campagna. (progetto Qualfalda II, rapporto quantitativo).

Nelle carte della superficie piezometrica della Provincia di Milano, contenute in Avanzini et al. (1995), si evince come in Villasanta la quota piezometrica sia compresa tra i 170 e i 145 m s.l.m., corrispondente ad una soggiacenza di circa 10-20 m dal piano campagna.

Nel 2000 (dati contenuti nell'allegato 2 alle analisi geologiche per la pianificazione comunale - rapporto tecnico, inserito nella Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio, redatto da Bruzzi e Corno, 2010 ) la falda era compresa tra poco più di 168 m s.l.m e 142 m s.l.m., con direzione di flusso tendenzialmente Nord Est-Sud Ovest che piega più marcatamente verso Sud nella parte meridionale del territorio comunale e più verso Ovest in prossimità del Lambro nella parte Nord del comune, dimostrando l'effetto drenante del Lambro sulla falda. Questa profondità corrisponde a una soggiacenza, per le diverse aree variabile tra i circa 12-16 m nella parte esterna alla valle del Lambro.

Per l'anno 2007 il rapporto quantitativo progetto Qualfalda II riporta una soggiacenza media di 19,7 m che porta ad un incremento di 1,6 m nel livello di falda rispetto al 1982.

Per valutare le oscillazioni stagionali sono state considerate le piezometrie di marzo e settembre degli anni 2007, 2009. In tutti i casi la falda è risultata più alta a settembre. Nel 2007 l'escursione è risultata di circa 1 metro, mentre nel 2009 è stata leggermente superiore.

A marzo 2010 (ultimi dati disponibili da Provincia di Milano) la quota piezometrica era compresa tra i 150 m s.l.m. e poco meno di 170 m s.l.m., corrispondenti ad una soggiacenza variabile tra i 13 m e i 19 m dal piano campagna.

Alcuni studi di dettaglio riguardanti la soggiacenza della falda sono stati condotti in particolari contesti dove la superficie della falda interferiva con l'edificato. In particolare, già nel 1977 si lamentava la necessità di ricorrere all'utilizzo di pompe per evitare l'allagamento dei piani seminterrati delle villette situate in via Montello.

Nel 1994, in corrispondenza di via F. Baracca, si riscontrava un allagamento del piano interrato dei box (posti a -3,5 m dal p.c.). L'analisi, condotta dallo "Studio geologico tecnico lecchese", portava a definire le cause dell'allagamento legate alla risalita della falda, precedentemente individuata a 7 m di profondità dal p.c.. Nella relazione la risalita veniva collegata alle intense precipitazioni di fine novembre 1993 e alla presenza di un canale interrato, che precedentemente prendeva acqua dal fiume Lambro alcune centinaia di metri più a monte, e che avrebbe potuto essere una via preferenziale di drenaggio delle acque.

Una successiva perizia condotta sempre in via Baracca, in corrispondenza del Residence Le terrazze (Studio geologico Epifani, 2004), giunge invece a una conclusione opposta ritenendo, per quest'area, abbastanza normale la presenza della falda a circa 3,5-4 m di profondità che possono ridursi a 2,5 -3 in occasione di forti precipitazioni. A riprova di questo vi è la presenza, in passato, di numerosi fontanili dedotti dalla cartografia storica e la persistenza, anche diversi mesi dopo l'evento piovoso, di valori soggiacenza estremamente ridotti.

Una successiva analisi del 2003 (Geoinvest s.r.l.) comprende l'area di raccordo tra il terrazzo della Valle del Lambro e il fiume stesso; in essa viene evidenziata, per questo settore almeno, il diverso rapporto esistente tra il Fiume Lambro e la falda; nei periodi di magra è la falda che alimenta il fiume mentre nei periodi di piena accade il contrario; basandosi sui dati relativi alle relazioni di piena del Lambro e innalzamento falda in occasione della piena del novembre 2002 e considerando la situazione idrografica attuale, viene scartata l'ipotesi che i vecchi assi di drenaggio (roggia Ghiringhella, fontanili, etc) possano fungere da vie preferenziali di scorrimento delle acque sotterranee. Infatti l'innalzamento appare generalizzato in tutta l'area analizzata senza impulsi e diversioni dovute ad apporti locali.

Data la mancanza di dati recenti riguardanti l'effettivo andamento della superficie piezometrica e della sua oscillazione stagionale si suggerisce l'effettuazione di un monitoraggio, di durata non inferiore a due anni idrologici, con cadenza mensile, utilizzando la rete di piezometri comunale ed eventualmente i piezometri privati. Detto monitoraggio consentirebbe di meglio definire l'andamento della superficie della falda e delle sue oscillazioni e, protratto negli anni, anche con cadenza inferiore, consentirebbe di costruire una nuova serie storica.

#### 7.4. Qualità delle acque di falda

La qualità delle acque di falda è stata desunta dall'esame della bibliografia esistente (rapporti del progetto Qualfalda I e QualfaldaII, relazione ed allegati P.T.U.A. e rapporti ARPA) e dai dati di chimismo messi a disposizione dal Comune di Villasanta.

Da un punto di vista normativo l'analisi della qualità delle acque sotterranee ha subito un'evoluzione nel tempo, passando dal D.Lgs 152/99 all'attuale D.Lgs 152/06 e al D.M. 30/2009.

Se l'evoluzione della normativa ha portato ad avere un maggior numero di parametri monitorati che concorrono a definire le classi di qualità, si è però ridotto il numero delle medesime classi, rendendo di fatto meno immediato il confronto con le serie storiche dei dati.

Per questo motivo, ancora oggi viene spesso mantenuto il riferimento, anche da parte di enti pubblici, alle classificazione del D.Lgs. 152/99 e s.m.i. con la divisione in 5 classi di qualità (cfr. tab. 7.2).

Questa classificazione delle acque sotterranee fa riferimento alle concentrazioni di 7 parametri di base o "macrodescrittori" (conducibilità elettrica, cloruri, solfati, nitrati, ferro, manganese, ammoniaca, cfr. tab. 7.3) e di una serie di parametri addizionali (cfr. tab. 7.4), quali inquinanti organici e inorganici le cui concentrazioni, indicate rispettivamente nelle tabelle 20 e 21 dell'all. 1 al D.Lgs. 152/99, consentono di attribuire una classe di qualità, secondo il seguente schema:

Classe 1	Impatto antropico nullo o trascurabile, con pregiate caratteristiche idrochimiche
Classe 2	Impatto antropico ridotto e sostenibile sul lungo periodo, con buone caratteristiche idrochimiche
Classe 3	Impatto antropico significativo, con caratteristiche idrochimiche generalmente buone, ma con alcuni segnali di compromissione
Classe 4	Impatto antropico rilevante, con caratteristiche idrochimiche scadenti
Classe 0*	Impatto antropico nullo o trascurabile ma con particolari facies idrochimiche naturali in concentrazioni al di sopra della classe 3

**Tab. 7.2.** Classi di qualità dell'indice SCAS.

	Unità di misura	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 0 (*)
<b>Conducibilità elettrica</b>	µS/cm (20 °C)	≤ 400	≤ 2500	≤ 2500	> 2500	> 2500
<b>Cloruri</b>	mg/L	≤ 25	≤ 250	≤ 250	> 250	> 250
<b>Manganese</b>	µg/L	≤ 20	≤ 50	≤ 50	> 50	> 50
<b>Ferro</b>	µg/L	< 50	< 200	≤ 200	> 200	> 200
<b>Nitrati</b>	mg/L di NO <sub>3</sub>	≤ 5	≤ 25	≤ 50	> 50	
<b>Solfati</b>	mg/L di SO <sub>4</sub>	≤ 25	≤ 250	≤ 250	> 250	> 250
<b>Ione ammonio</b>	mg/L di NH <sub>4</sub>	≤ 0,05	≤ 0,5	> 0,5	> 0,5	> 0,5

**Tab.7.3.** Parametri macrodescrittori dell'indice SCAS con relative concentrazioni per l'attribuzione della classe di qualità. Se la presenza delle sostanze indicate è di origine naturale, così come appurato dalle regioni o dalle province autonome, verrà automaticamente attribuita la classe 0.(\*) Per la valutazione dell'origine endogena delle specie idrochimiche presenti dovranno essere considerate anche le caratteristiche chimico-fisiche delle acque.

Inquinanti inorganici	µg/L	Inquinanti organici	µg/L
<b>Alluminio</b>	≤ 200	Composti alifatici alogenati totali	10
<b>Antimonio</b>	≤ 5	di cui:	
<b>Argento</b>	≤ 10	- 1,2-dicloroetano	3
<b>Arsenico</b>	≤ 10	Pesticidi totali [1]	0,5
<b>Bario</b>	≤ 2000	di cui:	
<b>Berillio</b>	≤ 4	- aldrin	0,03
<b>Boro</b>	≤ 1000	- dieldrin	0,03
<b>Cadmio</b>	≤ 5	- eptacloro	0,03
<b>Cianuri</b>	≤ 50	- eptacloro epossido	0,03
<b>Cromo tot</b>	≤ 50	Altri pesticidi individuali	0,1
<b>CromoVI</b>	≤ 5	Acrilamide	0,1
<b>Fluoruri</b>	≤ 1500	Benzene	1
<b>Mercurio</b>	≤ 1	Cloruro di vinile	0,5
<b>Nichel</b>	≤ 20	IPA totali [2]	0,1
<b>Nitriti</b>	≤ 500	Benzo (a) pirene	0,01
<b>Piombo</b>	≤ 10		
<b>Rame</b>	≤ 1000		
<b>Selenio</b>	≤ 10		
<b>Zinco</b>	≤ 3000		

**Tab.7.4.** Parametri aggiuntivi dell'indice SCAS con relative concentrazioni per l'attribuzione della classe di qualità. La presenza di inquinanti organici o inorganici con concentrazioni superiori a quelli del valore riportato nella tabella determina la classificazione in classe 4.

Sul territorio di Villasanta non sono presenti punti di monitoraggio specifici le cui analisi rientrano nelle elaborazioni del P.T.U.A.; pertanto in tabella 7.5 vengono riportati i risultati delle analisi in punti di monitoraggio presenti all'interno dello stesso settore (settore 9 del bacino Ticino-Adda).

Comune	Longitudine	Latitudine	Bacino idrogeologico	N° settore	Stato chimico	Stato quantitativo	Stato ambientale
Concorezzo	1525396	5047387	TicinoAdda	9	4	B	Scadente
Mezzago	1534749	5052944	TicinoAdda	9	4	B	Scadente
Monza	1524761	5048849	TicinoAdda	9	2	B	Buono
Sulbiate	1533555	5063638	TicinoAdda	9	2	B	Buono
Trezzano Rosa	1537724	5048330	TicinoAdda	9	3	B	Sufficiente
Trezzo	1540544	5051091	TicinoAdda	9	2	B	Buono

**Tab.7.5.** Estratto Tabella 4.8 - Classificazione ambientale delle acque sotterranee del PTUA -relazione generale, 2006

Da questi dati appare evidente uno stato di inquinamento del settore estremamente variabile variando da buono a scadente. In particolare i due pozzi più prossimi a Villasanta, ovverosia Monza e Concorezzo si collocano agli estremi di questa scala, mentre il settore orientale sembra avere qualità generalmente migliore (ad eccezione di Mezzago).

Nel Rapporto annuale 2013 sullo stato delle acque sotterranee Bacino Ticino-Adda a cura di ARPA Lombardia viene dettagliato per gli anni 2009-2013 lo stato di qualità per i comuni della rete di monitoraggio evidenziando le cause di attenzione e le cause di attribuzione di SCAS scarso. Considerando i due comuni più vicini si nota una sostanziale conferma dei valori sia per quanto riguarda gli acquiferi del gruppo Bc in Concorezzo. Per il Comune di Monza si ha una situazione più variegata, avendo un solo pozzo con indice SCAS 2, mentre gli altri risultano in 4. Nello stesso rapporto, inoltre, è presente anche un punto di controllo nel Comune di Arcore, confinante con Villasanta, che non è compreso nella rete individuata dal P.T.U.A. I dati relativi a questo pozzo, riferiti agli anni 2012 e 2013 mostrano un indice SCAS 4 (scarso).

COMUNE	CODICE	GW B	GRUPPO ACQUIFERO	UTILIZZO	ANNO	SCAS	CAUSE ATTENZIONE	CAUSE SCAS SCARSO
Arcore	PO108004NR0031	GW B A3A	Bc	INDUSTRIALE	2012	4		Triclorometano Tetracloroetilene Nitrati
Arcore	PO108004NR0031	GW B A3A	Bc	INDUSTRIALE	2013	4	Nitrati	Nichel Sommatomia OrganoAlogenati Tetracloroetilene Triclorometano

Monza	PO108033NR0142	GW B A3A	Bc	IRRIUGO	2009	3	Nitrati	
Monza	PO108033NR0142	GW B A3A	Bc	IRRIUGO	2010	2		
Monza	PO108033NR0142	GW B A3A	Bc	IRRIUGO	2011	2		
Monza	PO108033NR0142	GW B A3A	Bc	IRRIUGO	2012	2		
Monza	PO108033NR0142	GW B A3A	Bc	IRRIUGO	2013	n.d.		
Monza	PO108033NR0205	GW B A3A	Bc	IRRIUGO	2012	4		Triclorometano Tetracloroetilene Sommatoria Organo Alogenati
Monza	PO108033NR0205	GW B A3A	Bc	IRRIUGO	2013	4	Cromo VI Triclorometano	Nichel Sommatoria Organo Alogenati Tetracloroetilene
Monza	PO108033NU0120	GW B Cou	Bc	MONITOR AGGIO	2009	4	Tricloroetilene	Tetracloroetilene
Monza	PO108033NU0120	GW B Cou	Bc	MONITOR AGGIO	2010	4	Tricloroetilene	Oxadiazon
Monza	PO108033NU0120	GW B Cou	Bc	MONITOR AGGIO	2011	2	Tricloroetilene	
Monza	PO108033NU0120	GW B Cou	Bc	MONITOR AGGIO	2012	4		Triclorometano Triclorometilene
Monza	PO108033NU0120	GW B Cou	Bc	MONITOR AGGIO	2013	4		Nichel Tricloroetilene Triclorometano
Concorez zo	PO1080210U0002	GW B A3A	B	POTABILE	2009	4	Nitrati	Tetracloroetilene Triclorometano Composti Organo Alogenati
Concorez zo	PO1080210U0002	GW B A3A	B	POTABILE	2010	4	Nitrati Tricloroetilene	Tetracloroetilene Triclorometano Composti Organo Alogenati
Concorez zo	PO1080210U0002	GW B A3A	B	POTABILE	2011	4		Nitrati Triclorometano Tetracloroetilene Composti Organo Alogenati
Concorez zo	PO1080210U0002	GW B A3A	B	POTABILE	2012	4	Tricloroetilene Sommatoria Organo Alogenati Nitrati	Triclorometano Tetracloroetilene

Concorezzo	PO1080210U0002	GW B A3A	B	POTABILE	2013	4	Sommatoria Organo Alogenati Nitrati	Nichel Tetracloroetilene Triclorometano
------------	----------------	----------	---	----------	------	---	-------------------------------------	-----------------------------------------

**Tab. 7.6.** Dettaglio dello stato delle acque sotterranee nei punti di monitoraggio nei comuni di Concorezzo e Monza, facenti parte dello stesso settore del bacino Ticino-Adda di cui fa parte Villasanta. Dal Rapporto annuale 2013 sullo stato delle acque sotterranee Bacino Ticino-Adda (Arpa Lombardia, 2014). Sono evidenziati anche i dati per un pozzo del confinante comune di Arcore, sebbene facente parte di un altro settore.

Per quanto riguarda lo stato chimico, che prevede due sole classi di qualità, la tabella è la seguente.

COMUNE	CODICE	GW B	GRUPPO ACQUIFERO	UTILIZZO	ANNO	STATO CHIMICO	SOSTANZE
Arcore	PO108004NR0031	GW B A3A	Bc	industriale	2013	SCARSO	Nichel Sommatoria Organo Alogenati Tetracloroetilene Triclorometano
Monza	PO108033NR0142	GW B A3A	Bc	irriugo	2012	SCARSO	Nichel
Monza	PO108033NR0205	GW B A3A	Bc	irriugo	2013	SCARSO	Nichel Sommatoria Organo Alogenati Tetracloroetilene
Concorezzo	PO1080210U0002	GW B A3A	B	potabile	2013	SCARSO	Nichel Tetracloroetilene Triclorometano

**Tab. 7.7.** Stato chimico dei pozzi limitrofi al comune di Villasanta

Analisi più dettagliate, a livello comunale, si hanno invece nei rapporti finali del progetto QUAFALDA I e QUAFALDA II della Provincia di Milano, di cui il Comune di Villasanta, all'epoca, era ancora parte integrante.

Per gli anni 1995-2000 (progetto QUALFALDA I) vengono forniti i seguenti dati, risultati dalla media di analisi effettuate su pozzi pubblici ad uso idropotabile:

Parametro	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Durezza (° francesi)	29,74	27,95	27,52	27,49	26,85	27,29	24,93
Residuo fisso a 180° (mg/l)	380,68	359,6	358,71	384,33	368,53	368,21	372,67
Ferro (µg/l)	75,26	80	102	76	155,29	127,57	27,67
Conducibilità media (µS/cm a 20°C)	537,316	502,5	502,5	537,067	512,059	514,5	520,667
Totale composti organo-alogenati (µg/l)	31,19	27	131,67	403,24	52,9	17,33	9,02
Nitrati (mg/l)	29,46	28,83	25,01	27,12	24,31	21,86	26,84

**Tab 7.8.** Dati idrochimici dei pozzi pubblici nel Comune di Villasanta. Dati dal progetto Qualfalda I.

Per il solo anno 2000 venivano forniti anche i seguenti valori:

Ammoniaca: 0 mg/l	Durezza totale: 24,14°F	pH 7,63
Arsenico: 0,4µg/l	Ferro: 28,79 µg/l	Piombo 0 µg/l
Calcio: 64,93 mg/l	Fosforo 0 µg/l	Solfati 31,14 mg/l
Cadmio: 0 mg/l	Magnesio 19,29 mg/l	residuo fisso a 180°C 365,29 mg/l
Cloruri: 14,71 mg/l	Manganese: 8,93µg/l	totale composti organoalogenati 9,38 µg/l
Conducibilit a 20°C 510,36µS/cm	Nitrati: 25,43 mg/l	
Cromo totale: 0 µg/l	Nitriti: 0 mg/l	

**Tab. 7.9.** Dati idrochimici per il Comune di Villasanta nell'anno 2000 (dati dal progetto Qualfalda I)

Nel successivo rapporto conclusivo del progetto Qualfalda II i dati vengono restituiti comune per comune e distinguendo tra pozzi pescanti solo nella prima falda e pozzi pescanti nella prima e seconda falda.

Nel progetto Qualfalda II erano stati individuati, come punti di monitoraggio nel Comune di Villasanta, i pozzi indicati in tab. 7.10:

Numerazione (vecchia)	Comune	Longitudine	Latitudine	falda monitorata
0152390024	Villasanta	1523931	5049822	I
0152390025	Villasanta	1523962	5049780	I
0152390043	Villasanta	1523989	5049738	I
0152390003	Villasanta	1524433	5050356	I + II

**Tab. 7.10.** Pozzi di monitoraggio nel comune di Villasanta nel progetto Qualfalda II)

Alcuni parametri sono stati determinati da prelievi, altri (indicati in tratteggio nelle figure seguenti) sono invece definiti per interpolazione indiretta, cioè è stata fatta una interpolazione a partire dai comuni limitrofi con almeno un pozzo in cui quel determinato parametro era monitorato.

Nelle figure seguenti sono riportati i dati relativi al Comune di Villasanta.

Comune	Cloruri	Conducibilità	Ferro	Manganese	Solfati	Nitrati	Ammoniaca	Classe Finale	Parametro determinante
VILLA CORTESE	1	2	1	1	2	3	1	3	nitriti
VILLASANTA	2	2	2	1	2	3		3	nitriti
VIMERCATE	1	2	1	1	2	3		3	nitriti

Stralcio della tabella A3 "Stato qualitativo della prima falda per ogni comune" del rapporto finale sullo STATO QUALITATIVO dei corpi idrici sotterranei in Provincia di Milano (progetto QUALFALDA II)

Comune	Cloruri	Conducibilità	Ferro	Manganese	Solfati	Nitrati	Ammoniaca	Classe Finale	Parametro determinante
VILLA CORTESE	1	2	1	1	2	3	1	3	nitriti
VILLASANTA	1	2	2	2	2	2	1	2	
VIMERCATE	1	2	1	1	2	3	1	3	nitriti

Stralcio della tabella A4 "Stato qualitativo della prima+seconda falda per ogni comune" del rapporto finale sullo STATO QUALITATIVO dei corpi idrici sotterranei in Provincia di Milano (progetto QUALFALDA II)

Dalla cartografia del progetto QUALFALDA II - Rapporto sullo stato qualitativo, posso essere desunti i seguenti valori sia per i parametri macrodescrittori sia per alcuni parametri addizionali. Per questi ultimi, in particolare, erano state redatte le cartografie solo per quei parametri dei quali si era riscontrata, con una certa sistematicità, il superamento dei limiti di legge. Le carte sono state redatte per intervalli di concentrazione delle diverse sostanze a partire dall'interpolazione dei dati di pozzo. Per il Comune di Villasanta il valore di alcuni parametri (Fe, Mn e Cr totale) relativi alla prima falda sono stati calcolati per interpolazione indiretta.

Parametri macrodescrittori	Intervallo in cui ricade il comune	Classe	Parametri addizionali	Intervallo in cui ricade il comune	Classe
Conducibilità(S/cm)	500-700	2			
Cloruri (mg/l)	15-40	1,2	Cromo totale (µg/l)*	0-10	1
Ferro (µg/l)*	15 -100	1,2	Cromo VI (µg/l)	0-25***	1,4***
Manganese (µg/l)*	5-20	1	Organo alogenati (µg/l)	0-100 ****	1,4****
Solfati (mg/l)	25-50	2	Benzene (µg/l)	0-0,5	1
Nitrati (mg/l)	25-62,5 **	3,4**			

Aggiornamento e revisione allo Studio Geologico, Idrogeologico e Sismico di supporto al vigente Piano di Governo del Territorio del Comune di Villasanta (MB)

Ione ammonio (mg/l)	nd			
---------------------	----	--	--	--

\* valori da interpolazione indiretta \*\*classe 4 per una piccola porzione al confine con Concorezzo\*\*\* classe 4 limitatamente a una zona limitrofa al confine con Monza al confine SW\*\*\*\*zona a SE

**Tab. 7.11.** Parametri macrodescrittori e parametri addizionali della prima falda del comune di Villasanta come desumibili dalla cartografia del progetto Qualfalda II

Considerando i soli parametri di base, per la maggior parte del territorio la classe di qualità risulta essere 3 a causa dell'elevato tenore di nitrati, ad esclusione di una piccola porzione di territorio al limite con il Comune di Concorezzo, che ricade in classe 4. Facendo riferimento, invece, anche ai parametri addizionali, a causa del contenuto di composti organo alogenati più abbondanti nella parte meridionale del territorio comunale e del Cromo esavalente per una piccola porzione al limite del confine con Monza, alle acque di prima falda viene attribuita una classe 3 nella parte settentrionale di Villasanta e classe 4 (scarsa) in quella meridionale.

Per quanto concerne l'analisi della prima e seconda falda sul territorio di Villasanta è invece presente un pozzo utilizzato come punto di monitoraggio; i valori, dedotti dalla cartografia e illustrati nella tabella seguente, sono quindi ottenuti per interpolazione diretta ad eccezione del Benzene.

Parametri macrodescrittori	Intervallo in cui ricade il comune	Classe	Parametri addizionali	Intervallo in cui ricade il comune	Classe
Conducibilità ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	400-600	2			
Cloruri (mg/l)	15-25	1	Cromo totale ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )		
Ferro ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	50-250	2	Cromo VI ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	1-25***	1,4***
Manganese ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	20-75	2	Organo alogenati ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	0-30	1,4****
Solfati (mg/l)	25-50	2	Benzene ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )*	10-0,5	1
Nitrati (mg/l)	0-37,5**	1,2,3**	Fitofarmaci*	0-0,25	1
Ione ammonio (mg/l)	0-0,025	1			

\* valore per interpolazione indiretta; \*\* classe 3 in un'area di limitata estensione a N \*\*\* classe 4 nell'area a SW; \*\*\*\*classe 4 limitatamente a una minima porzione di territorio al confine con Monza e Concorezzo

**Tab. 7.12.** Parametri macrodescrittori e parametri addizionali per la prima e seconda falda del comune di Villasanta come desumibili dalla cartografia del progetto Qualfalda II

Considerando i soli parametri di base, per quanto concerne la prima e seconda falda, il Comune di Villasanta rientra in classe 2 ad esclusione di una piccola porzione a Nord che rientra in classe 3 a causa della presenza di nitrati. Prendendo in considerazione anche i parametri addizionali la maggior parte del territorio comunale ricade sempre in classe 2; tuttavia, oltre alla porzione in classe 3 si aggiunge il settore a Sud Ovest che rientra in classe 4 (scarsa) a causa della presenza di cromo

esavalente e, in minima parte al confine con Concorezzo, di composti organo alogenati. E' da segnalare che il valore del ferro (248,6µg/l riscontrati nel Pozzo 0152390003 di Villasanta) è quello massimo registrato nell'ambito del monitoraggio sulla prima e seconda falda e che il valore di manganese (53,6µg/l riscontrati nel Pozzo 0152390003 di Villasanta) pur non essendo quello più elevato risulta comunque sempre tra i valori definiti come "hot spot".

### **7.5. Potenziali centri di pericolo**

Nella Tav. 2 - Carta Idrogeologica, in base ai dati forniti dal Comune di Villasanta, sono stati riportati i potenziali centri di pericolo per i suoli e le acque sotterranee.

I potenziali centri di pericolo individuati sono di diverso tipo.

Nella carta sono stati censiti:

- I pozzi e piezometri in quanto essi, anche se dismessi, possono essere una via preferenziale di trasmissione di inquinanti verso la falda;
- Gli insediamenti industriali;
- I distributori di carburante;
- Le aree dismesse;
- Le aree potenzialmente contaminate

Dalla banca dati di Regione Lombardia, risultano presenti 3 siti contaminati (Lombarda petroli s.p.a., Delchi Carrier s.p.a., Ex fabbrica Tronconi).

Per completezza nella carta sono state inserite anche le aree bonificate secondo quanto presente sul geoportale di Regione Lombardia.

Nel territorio comunale non risultano presenti industrie a rischio incidente rilevante come definite dal D.Lgs 334/99 c.m. 238/05 - Art. 6/7/8 (elenco aggiornato a gennaio 2015). Il comune, inoltre, non risulta essere interessato neanche dalle aree di danno di stabilimenti presenti in comuni limitrofi.

## 7.6. Vulnerabilità intrinseca dell'acquifero superficiale

### 7.6.1. 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 idrochimiche, ad ingerire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido od idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea, nello spazio e nel tempo (Civita, 1987). La vulnerabilità di un corpo idrico sotterraneo è funzione di diversi parametri, tra i quali prevalgono la litologia, la struttura e la geometria del sistema idrogeologico, la natura del suolo e la geometria della copertura, il processo di ricarica-discarda del sistema ed i processi di interazione fisica e idrogeochimica che determinano la qualità naturale dell'acqua sotterranea e la mitigazione di eventuali inquinanti che penetrano nel sistema.

### 7.6.2. Metodo SINTACS

Nel presente lavoro si è ritenuto opportuno procedere alla valutazione della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero superficiale avvalendosi del metodo SINTACS (Civita M., 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. 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 di input per determinare la vulnerabilità dell'acquifero, dai quali deriva l'acronimo SINTACS:

- Soggiacenza;
- Infiltrazione efficace;
- Non-saturo (effetto di autodepurazione del);
- Tipologia della copertura;
- Acquifero (caratteristiche idrogeologiche del);
- Conducibilità idraulica dell'acquifero;
- Superficie topografica (acclività della).

I valori attribuiti ad ognuno dei sette parametri di input sono convertiti in punteggi mediante l'uso di abachi messi a punto dal metodo stesso; questi punteggi vengono poi esaltati mediante l'utilizzo

di vari pesi moltiplicatori che permettono di modellare la metodologia sulla situazione effettiva per ciascun elemento in cui viene discretizzato il territorio (maglia). A tal proposito il territorio di Villasanta è stato suddiviso in tre aree omogenee così denominate: valle del Lambro, settore centro-settentrionale, settore meridionale.

L'indice di vulnerabilità intrinseca (I SINTACS) viene quindi calcolato per ogni elemento della maglia:

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

Dove:

W è il peso relativo alla stringa prescelta;

S, I, N, T, A, C, S sono il punteggio di ciascuno dei sette parametri considerati dal metodo.

### 7.6.3. Parametri di input e relativi valori

Di seguito vengono descritti i singoli parametri di ingresso, previsti dal metodo SINTACS, e i relativi valori, che meglio caratterizzano il territorio di Villasanta. Ogni valore del parametro di ingresso corrispondente è stato determinato sulla base delle considerazioni fatte nei capitoli precedenti e sulla base della letteratura in materia.

#### 7.6.3.1. Soggiacenza

Questo parametro ha una notevole influenza sulla vulnerabilità degli acquiferi: dal suo valore assoluto e dalle caratteristiche idrogeologiche dell'insaturo dipende, in buona misura, il tempo di transito di un qualsiasi inquinante idroportato e la durata delle azioni autodepurative dell'insaturo, in particolare dell'azione ossidante dell'ossigeno atmosferico. Pertanto, nel selezionare i dati relativi alla soggiacenza, è stato considerato il valore minimo di soggiacenza, ciò al fine di porsi nella condizione più cautelativa possibile.

Come detto in precedenza il territorio comunale è stato suddiviso in tre aree omogenee; tale suddivisione è stata operata in considerazione sia dell'assetto geologico/geomorfológico sia dei valori di soggiacenza. Le aree omogenee sono state denominate: valle del Lambro, settore centro-settentrionale, settore meridionale. Per ogni area sono stati definiti i valori di soggiacenza più cautelativi, ricavati da studi di dettaglio e da quanto riportato nel precedente Studio Geologico, Idrogeologico e Sismico di supporto al P.G.T. comunale.

Nella tabella seguente viene riportato, per ogni area omogenea, il dato di soggiacenza, la fonte del dato e il relativo punteggio previsto dal metodo SINTACS.

Area omogenea	Soggiacenza (m p.c.)	Fonte dato	Punteggio
Valle del Lambro	2-6	<i>Analisi situazione idrogeologica area via della Resega/via Baracca in Villasanta (MB); GEOINVEST s.r.l., dicembre 2003</i>	8
Settore centro-settentrionale	12-18	<i>Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del P.G.T.; Bruzzi &amp; Corno, novembre 2010</i>	4,9
Settore meridionale	>18		3,5

### 7.6.3.2. Infiltrazione

L'infiltrazione efficace assume notevole importanza nella valutazione della vulnerabilità poiché essa regge il trascinarsi in profondità degli inquinanti, ma anche la loro diluizione, dapprima nell'insaturo e quindi nella zona di saturazione.

Il parametro, per il territorio di Villasanta, è stato calcolato dalla piovosità efficace e dalle condizioni idrogeologiche superficiali, conglobate nell'indice di infiltrazione ( $\chi$ ). Tale indice viene determinato in base alla litologia superficiale (se affiorante o sotto scarsa copertura di suolo) o alle caratteristiche idrauliche del suolo (se questo è potente).

Le informazioni di base necessarie per la valutazione dell'infiltrazione sono state ricavate dalla serie storica 2005-2015 dei dati pluviometrici e termometrici mensili misurati nella stazione di Agrate Brianza. Da questi sono stati calcolati i valori di precipitazioni medie annue (**P**) e dell'evapotraspirazione reale media annua (**Er**).

Il metodo SINTACS offre due vie di approccio per la valutazione dell'infiltrazione, nel caso di rocce nude o poco coperte e nel caso di suolo potente.

- 1) Nel primo caso viene calcolato il valore delle precipitazioni efficaci medie annue ( $Q=P-Er$ ). Il valore ottenuto viene moltiplicato per l'indice di infiltrazione ( $\chi$ ) proprio del tipo di substrato presente. Tale prodotto ( $I=Q*\chi$ ) definisce il parametro Infiltrazione (I).

Questo approccio di calcolo è stato utilizzato per determinare il valore di I nella zona omogenea della valle del Lambro, in considerazione del fatto che in tale area si ritiene scarsa o sottile la copertura di suolo.

Er (mm)	P (mm)	Q (mm)	$\chi$	I (mm)	Punteggio
74,99	967,16	892,17	0,4	357	7,9

*Er*: evapotraspirazione potenziale media annua nel periodo 2005-2015 calcolata con la formula di Thornthwaite; *P*: precipitazioni medie annue nel periodo 2005-2015; *Q*: precipitazioni efficaci medie annue nel periodo 2005-2015;  $\chi$ : coefficiente di infiltrazione potenziale (complesso alluvionale medio-fine); *I*: infiltrazione efficace.

- 2) Nel secondo approccio, caso di suoli spessi, il valore dell'infiltrazione efficace viene calcolato moltiplicando l'intero valore delle precipitazioni medie annue (P) per l'indice  $\chi$  funzione del tipo di tessitura del suolo ( $I=P \cdot \chi$ ).

Tale approccio è stato utilizzato per definire il valore di I sia per l'area omogenea centro settentrionale sia per l'area meridionale, in considerazione del fatto che per queste aree sono presenti suoli con spessore da 0,6 m a 2 m, a tessitura sabbiosa con ciottoli.

P (mm)	$\chi$	I (mm)	Punteggio
967,16	0,4	387	6,2

*P*: precipitazioni medie annue nel periodo 2005-2015;  $\chi$ : coefficiente di infiltrazione potenziale (suolo a tessitura sabbiosa con ciottoli); *I*: infiltrazione efficace.

#### 7.6.3.3. Effetto di autodepurazione del Non-saturo

La zona insatura è la parte di sottosuolo compresa tra la base del suolo e la zona satura dell'acquifero. Tale zona, per il caso in studio, è dunque limitata verso il basso dalla superficie piezometrica dell'acquifero libero.

L'insaturo rappresenta la seconda linea di difesa del sistema acquifero nei confronti degli inquinanti liquidi e/o idroveicolati; i fattori fisici e chimici operano favorendo i processi di autodepurazione. L'effetto di autodepurazione del non-saturo è stata valutata dalle condizioni litologiche dello spessore insaturo, considerate uniformi per le aree in cui è stato suddiviso il territorio comunale. Alla litologia prevalente è stato poi attribuito un punteggio come indicato nel metodo SINTACS.

Area omogenea	Litologia prevalente dell'insaturo	Punteggio
Valle del Lambro	Alluvioni medio fini	6
Settore centro-settentrionale	Alluvioni grossolane	7
Settore meridionale		

#### 7.6.3.4. Tipologia della copertura

La copertura (o suolo) costituisce la prima linea di difesa del sistema acquifero, mitigando l'impatto degli inquinanti; al suo interno infatti si esplicano importanti processi che collettivamente costituiscono il potenziale di attenuazione del suolo.

Ai caratteri tessiturali dei suoli presenti in territorio comunale, come dedotto dalla Carta dei suoli in scala 1:50.000 della pianura e collina lombarda, è stato attribuito il relativo punteggio SINTACS.

Area omogenea	Suolo	Punteggio
Valle del Lambro	<i>Franco sabbioso limoso</i>	5
Settore centro-settentrionale	<i>Franco sabbioso</i>	6
Settore meridionale		

#### 7.6.3.5. Caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero

La tipologia dell'acquifero descrive i processi che avvengono al di sotto della superficie piezometrica, quando un inquinante idroveicolato giunge a mescolarsi con l'acqua sotterranea dopo aver superato le due linee di difesa costituite dalla copertura e dall'insaturo, con abbattimento di una parte più o meno rilevante della sua concentrazione. Tali processi sono: la dispersione, la diluizione, l'assorbimento e la reattività chimica del mezzo.

Sulla base dei dati disponibili (Giudici et al., 2007) la falda libera in Comune di Villasanta è contenuta in un acquifero caratterizzato principalmente da facies grossolane ghiaioso sabbiose e/o sabbioso ghiaiose con lenti e livelli argillosi di limitata estensione (Gruppo Acquifero A). A tali caratteri dell'acquifero è stato quindi attribuito un punteggio come proposto dal metodo.

Area omogenea	Complesso idrogeologico	Punteggio
Valle del Lambro	<i>Acquifero ghiaioso sabbioso e/o sabbioso ghiaioso</i>	8
Settore centro-settentrionale		
Settore meridionale		

#### 7.6.3.6. Conducibilità idraulica dell'acquifero

La conducibilità idraulica (K) è la capacità di spostamento dell'acqua sotterranea nel mezzo saturo e, dunque, di un inquinante idroportato o con le stesse caratteristiche di densità dell'acqua sotterranea.

Non essendo disponibili, per l'area in studio, dati di conducibilità idraulica ricavati da approcci diretti (prove di pompaggio), si è provveduto ad una stima indiretta del parametro K basandosi sui principali caratteri litologici dell'acquifero, che come detto prima è costituito da facies grossolane ghiaioso sabbiose e/o sabbioso ghiaiose con lenti e livelli argillosi di limitata estensione. È pertanto plausibile attribuire un valore di conducibilità idraulica variabile tra  $10^{-3}$  m/s e  $10^{-4}$  m/s. all'intervallo si valori è poi stato assegnato il relativo punteggio previsto dal metodo SINTACS.

Area omogenea	Complesso idrogeologico	K (m/s)	Punteggio
Valle del Lambro	Acquifero ghiaioso sabbioso e/o sabbioso ghiaioso	10 <sup>-3</sup>	9
Settore centro-settentrionale		10 <sup>-4</sup>	7
Settore meridionale			

#### 7.6.3.7 Acclività della superficie topografica

L'acclività della superficie topografica influisce sulla valutazione della vulnerabilità intrinseca soprattutto da essa dipende la quantità di ruscellamento che si produce a parità di precipitazione e la velocità di spostamento dell'acqua (dunque di un inquinante fluido o idroveicolato) sulla superficie. Il metodo SINTACS propone delle classi di acclività (fra 0 e 30%), attribuendo il massimo punteggio alle aree con superficie topografica pianeggiante, dove quindi il ristagno ed il trasferimento in profondità dell'inquinante sono maggiormente favoriti.

Il territorio di Villasanta è sostanzialmente pianeggiante. La quota massima è di circa 182 m s.l.m. (dati carta CTR) nel settore più a Nord degradando fino ai 167 m s.l.m. al confine meridionale. Le pendenze, orientate verso Sud o Sud/Sud-Ovest, sono poco accentuate e variabili tra 0,3% lungo il Lambro, 0,4-0,5% nella parte centrale del territorio e 0,5-0,6% nel settore orientale.

Area omogenea	Intervallo di valori (%)	Punteggio
Valle del Lambro	0-2	10
Settore centro-settentrionale		
Settore meridionale		

#### 7.6.4. Risultati

La stima della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero superficiale è stata effettuata, come detto in precedenza, suddividendo il territorio comunale in tre aree omogenee.

I valori attribuiti ai sette parametri di input previsti dal metodo SINTACS, sono stati convertiti in punteggi, come descritto nei paragrafi precedenti. Tali punteggi vengono poi amplificati mediante stringhe di pesi moltiplicatori previsti per SINTACS R5, che meglio descrivono la situazione idrogeologica e di impatto risultante.

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. 7.13.** Stringa di pesi moltiplicatori previsti per SINTACS R5

Per il territorio di Villasanta si è optato di utilizzare la stringa di pesi moltiplicatori (tabella 7.13) relativa alle aree soggette ad impatto rilevante. Questa linea di pesi serve a modellare situazioni territoriali che favoriscono impatti importanti da fonti diffuse di inquinamento potenziale. Si tratta di territori, con insaturo costituito in prevalenza da mezzi a permeabilità matriciale, morfologicamente adatti ad antropizzazione estensiva, con colture che prevedono abbondanti trattamenti con fitofarmaci, concimi chimici, applicazioni di fert-irrigazione, spargimento di liquami; aree a discarica incontrollata, lagoni, vasche di dispersione, oleodotti, collettori fognari, ecc.; aree industriali attive e dismesse, aree urbanizzate e assimilabili.

Nella tabella seguente sono quindi riportati i punteggi assegnati ai diversi parametri, i pesi moltiplicatori scelti e i valori totali. Nella parte bassa della tabella sono inoltre indicati il valore di vulnerabilità totale ed il grado di vulnerabilità stimato:

valle del Lambro				
Parametro	Valore	Punt.	Peso	Tot.
Soggiacenza	2-6 m	8	5	40
Infiltrazione	357 mm/a	7,9	5	39,5
Non-saturo	Alluvioni medio fini	6	4	24
Tipologia copertura	Franco sabbioso limoso	5	5	25
Acquifero	Acquifero ghiaioso sabbioso e/o sabbioso ghiaioso	8	3	24
Conducibilità idraulica	$10^{-3}$ m/s	9	2	18
Superficie topografica	0-2 %	10	2	20
	<b>Vulnerabilità</b>			<b>190,5</b>
	<b>GRADO</b>			<b>E (Elevato)</b>

**Tab. 7.14.** Stima della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero, valle del Lambro.

Settore centro settentrionale				
Parametro	Valore	Punt.	Peso	Tot.
Soggiacenza	12-18	4,9	5	24,5
Infiltrazione	387 mm/a	6,2	5	31
Non-saturo	Alluvioni grossolane	7	4	28
Tipologia copertura	Franco sabbiosa	6	5	30
Acquifero	Acquifero ghiaioso sabbioso e/o sabbioso ghiaioso	8	3	24
Conducibilità idraulica	10 <sup>-4</sup> m/s	7	2	14
Superficie topografica	0-2 %	10	2	20
<b>Vulnerabilità</b>			<b>171,5</b>	
<b>GRADO</b>			<b>A (Alto)</b>	

**Tab. 7.15.** Stima della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero, settore centro settentrionale.

Settore meridionale				
Parametro	Valore	Punt.	Peso	Tot.
Soggiacenza	>18	3,5	5	17,5
Infiltrazione	387 mm/a	6,2	5	31
Non-saturo	Alluvioni grossolane	7	4	28
Tipologia copertura	Franco sabbiosa	6	5	30
Acquifero	Acquifero ghiaioso sabbioso e/o sabbioso ghiaioso	8	3	24
Conducibilità idraulica	10 <sup>-4</sup> m/s	7	2	14
Superficie topografica	0-2 %	10	2	20
<b>Vulnerabilità</b>			<b>164,5</b>	
<b>GRADO</b>			<b>A (Alto)</b>	

**Tab. 7.16.** Stima della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero, settore meridionale.

In base all'analisi eseguita con il metodo SINTACS buona parte del territorio di Villasanta presenta un grado di vulnerabilità intrinseca dell'acquifero superficiale **ALTO (A)**; il settore compreso lungo la valle del Lambro presenta invece un grado di vulnerabilità intrinseca dell'acquifero superficiale **ELEVATO (E)**.

## 8. BILANCIO IDRICO

I criteri attuativi della L.R. 12/05 definiti dalla Regione Lombardia con la DGR n. IX/2616 del 30 novembre 2011 prevedono che la relazione geologica generale contenga “un bilancio idrico ricariche/prelievi al fine di valutare la disponibilità idrica, intesa come limite allo sviluppo insediativo/produttivo del territorio comunale”.

Da un punto di vista generale, come meglio approfondito nel cap. 3.4 il comune di Villasanta rientra, nell'ambito del P.T.U.A. nel settore 9 "Monza" del bacino Adda-Ticino.

Per quanto riguarda i dati di prelievo e ricarica in allegato 3 al PTUA sono riportati i seguenti valori (tab. 8.1)

**Base acquifero tradizionale:** tra 150 e 80 m s.l.m., da 50 a 110 m dal piano campagna

**Trammissività media:**  $8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

**Piezometria:** 130-210 m s.l.m.

**Prelievo medio areale:** 7,26 l/s·km<sup>2</sup>

<b>Entrate:</b>	
Afflusso della falda da monte Settore n. 4	1,82 (m <sup>3</sup> /s)
Afflussi laterali della falda Settori n.8 e 13	0,35 (m <sup>3</sup> /s)
Infiltrazione (piogge efficaci + irrigazioni)	1,43 (m <sup>3</sup> /s)
<b>TOTALE</b>	<b>3,6 (m<sup>3</sup>/s)</b>
<b>Uscite:</b>	
Deflusso della falda verso valle Settore n. 14	1,48 (m <sup>3</sup> /s)
Deflussi laterali della falda Settori n. 8 e 13	0,14 (m <sup>3</sup> /s)
Prelievi da pozzo	1,60 (m <sup>3</sup> /s)
Drenaggio del fiume Adda	0,38 (m <sup>3</sup> /s)
<b>TOTALE</b>	<b>3,6 (m<sup>3</sup>/s)</b>

**Tab. 8.1.** Afflussi e deflussi del settore 9 "Monza" del P.T.U.A., di cui Villasanta fa parte

Il settore 9 è indicato come essere in classe quantitativa B con rapporto prelievi/ricarica 1,12 con "Equilibrio attuale fra disponibilità e consumi, con evoluzione da controllare mediante monitoraggio piezometrico; non sono prevedibili conseguenze negative nel breve periodo".

La valutazione del bilancio idrico è stata effettuata a partire dai dati di popolazione, consumo ed emungimento inseriti nella documentazione di richiesta concessione del pozzo 0152390135 da parte di 2i ReteGas, ex gestore del servizio idrico integrato (dati forniti dall'amministrazione comunale), ora (da gennaio 2018) BrianzAcque srl.

In particolare i dati sono:

- dati di consumo di acqua potabile nell'anno 2014, suddivisa per utenze;
- dati di portata dell'acqua potabile emunta dai pozzi, sia come portata teorica che quantitativi emunti nell'anno 2014;
- popolazione residente per l'anno 2014;
- popolazione residente a completamento delle previsioni di piano.

### 8.1 Fabbisogno idrico

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

Dai dati disponibili risulta che

I dati riportati nelle tabelle seguenti sono riferiti all'anno 2014.

Nella tabella 8.2 sono riassunti i dati delle utenze fornite, suddivisi in tipologia e con indicata la fonte.

popolazione residente	13.369	fonte anagrafe comunale 31/12/2014
popolazione fluttuante	1.000	stima su base comunale
numero utenze lavorative servite	850	Fonte anagrafica acquedotto
numero utenze grandi dimensioni	2	Fonte anagrafica acquedotto

**Tab. 8.2.** *Utenze di 2i ReteGas, ex gestore del servizio idrico integrato nel comune di Villasanta*

Nella tabella 8.3, invece, sono indicate i dati relativi ai consumi e i fattori correttivi (perdite e incremento fattore di punta, necessari a quantificare il fabbisogno idrico).

Utenza	Consumo	Fonte
consumo abitante residente	300 l/s	App. F Norme tecniche di attuazione PTA dgr 8/2244 del 29/3/2006
consumo abitante fluttuante	200 l/s	App. F Norme tecniche di attuazione PTA dgr 8/2244 del 29/3/2006
perdite	22%	stima gestore acquedotto
incremento fattore di punta	1,5	App. F Norme tecniche di attuazione PTA dgr 8/2244 del 29/3/2006
consumi medi utenze lavorative grandi dimensioni	186,8 m <sup>3</sup> /g	Fonte anagrafica e consumi acquedotto - dati 2014
altre utenze lavorative	340 m <sup>3</sup> /g	stima

**Tab. 8.3.** *Consumi di acqua secondo i dati di 2i ReteGas, ex gestore del servizio idrico integrato nel comune di Villasanta*

Nella tabella 8.4, infine, sono illustrati i valori medi e di picco delle portate suddivise per utenza in l/s, comprensive delle perdite dell'acquedotto, necessarie a soddisfare il bisogno idrico del Comune di Villasanta.

Utenza	portata media (l/s)	portata di picco (l/s)
utenza civile	62	94
necessità idrica per consumi delle utenze lavorative grandi dimensioni	2,8	8,3
necessità idrica per consumi altre utenze lavorative	5,0	7,6
TOTALE	70	110

**Tab. 8.4.** Consumi medi e di picco espressi in l/s nel comune di Villasanta divisi per utenze

L'attuale fornitura di acqua potabile si basa sostanzialmente su 7 degli 8 pozzi disponibili in quanto il pozzo 0152390084 viene usato solo saltuariamente a causa della presenza di sostanze a "impatto odorigeno significativo".

La portata teorica e i valori effettivi relativi all'anno 2014, suddivisi per singoli pozzi, è illustrata in tabella 8.5.

codice pozzo	portata teorica (l/s)	portata media anno 2014 (l/s)
0152390003	10	9
0152390004	10	9
0152390006	15	18
0152390002	15	18
0152390007	10	0,5
0152390008	15	22,1
0152390009	15	22,1
0152390084	15	0*
<b>totale fonti approvvigionamento</b>	<b>105</b>	<b>98</b>
<b>totale fonti approvvigionamento continuativamente attive</b>	<b>90</b>	

\*pozzo con utilizzo saltuario/limitato per problematiche di sostanze ad impatto odorigeno significativo

**Tab. 8.5.** Portata teorica e valori medi del 2014 dei singoli pozzi pubblici

Dal confronto dei dati si osserva che il fabbisogno ordinario (70 l/s) riesce a essere coperto mentre il sistema di approvvigionamento risulta deficitario nei periodi di picco. Tali dati concordano con

quanto fornito dall'amministrazione comunale che ha indicato come la distribuzione dell'acqua mostri sofferenza durante i mesi più caldi, con cali di pressione e mancanza d'acqua.

## **8.2 Fabbisogno idrico futuro**

Le previsioni di piano prevedono un incremento di 834 abitanti teorici complessivi. L'ulteriore fabbisogno per questi nuovi abitanti, sempre considerando il consumo medio di 300 l/giorno e le perdite dell'acquedotto pari al 22%, risulta essere 3,5 l/s in media e 5,2 l/s nei periodi di picco.

Tale incremento porterebbe a 73,5 l/s il fabbisogno medio e 115,2 l/s il fabbisogno nei momenti di picco. L'attuale sistema di captazione sembrerebbe garantire l'approvvigionamento ordinario (90 l/s continuativamente attivi) mentre si andrebbe a incrementare la sofferenza nei momenti di maggiore consumo.

Tuttavia, per ovviare alla situazione esistente, è già stato realizzato un nuovo pozzo (codice SIF pozzo 152390135) per ora non ancora attivo. La messa in funzione di tale pozzo potrebbe sopperire alle mancanze attuali della rete.

## **9. PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO TECNICA**

La classificazione del territorio su base geologico-tecnica ha seguito le indicazioni della d.g.r. n. IX/2616 del 2011, che raccomanda l'effettuazione di una prima caratterizzazione geotecnica sulla base dei dati disponibili e delle osservazioni dirette.

A tale scopo si sono considerati i dati derivanti da indagini geognostiche documentate effettuate da altri Autori, vedi tav. 5 (Carta di prima caratterizzazione geotecnica) resi disponibili dall'Amministrazione comunale, riguardanti prove penetrometriche e sondaggi elettrici verticali.

### **9.1. Sintesi delle indagini geognostiche disponibili**

Nel presente paragrafo si descrivono in sintesi le indagini geognostiche effettuate da terzi a supporto di specifici progetti.

In Allegato 1 (su supporto informatico) si riporta la documentazione relativa a tali indagini.

Le prove mostrano una estrema eterogeneità nel comportamento; in tutte è comunque presente un livello superficiale con basse resistenze all'avanzamento di spessore variabile e, inferiormente, un progressivo aumento della resistenza che porta ad avere buone consistenze intorno ai 6 m di profondità.

In questo quadro eterogeneo occasionalmente possono essere presenti terreni con elevate resistenza anche a profondità ridotta (3-4 metri).

Al contrario, lungo la fascia limitrofa al fiume Lambro e nella zona a Est del comune, le caratteristiche geotecniche dei terreni appaiono più scadenti, con terreni con bassa resistenza fino a 6-7 m di profondità e occasionalmente maggiori.

È comunque ovvio che, essendo l'intero comune costituito da depositi fluvio-glaciali, che contengono al proprio interno una estrema eterogeneità, sono possibili variazioni delle caratteristiche geotecniche anche su breve distanza.

## 9.2. Cave

La Provincia di Monza e Brianza con delibera di Consiglio Provinciale n. 16 del 10/09/2015 ha adottato il proprio piano cave.

Dai documenti componenti il piano cave, scaricabili sul sito della Provincia di Monza e Brianza, il territorio del Comune di Villasanta non risulta essere interessato né da Ambiti territoriali estrattivi (Allegato A al piano cave), né da cave di recupero, (Allegato B al piano cave), né, infine, da Giacimenti sfruttabili (Allegato C al piano cave).

Da quanto emerge dalla cartografia esistente, nonché dagli shape resi disponibili sul geoportale di Regione Lombardia, sono tuttavia presenti almeno 3 cave cessate, tutte concentrate nella zona a Nord dell'abitato.

In particolare esse sono (con indicazione della nomenclatura regionale):

**R436/g/MI** - Situata nella porzione Nord del territorio comunale, tra la ferrovia Monza -Molteno-Oggiono e il terrazzo del Lambro. Questa cava era impostata lungo il bordo del terrazzo della valle del Lambro

**R437/g/MI** -Situata all'estremo Nord del territorio comunale, nei pressi di cascina Bianca. Di questa cava è nota la sola posizione indicativa.

**R66/g/MI** - Situata nel settore Nord Est del territorio comunale, al confine con il comune di Arcore, a Est della linea ferroviaria Milano-Lecco. Di questa cava è nota la sola posizione indicativa.

Tutte le cave risultano essere cave di sabbia e ghiaia, a cielo aperto e con metodo di coltivazione a fossa e a secco.

Dalla cartografia allegata al precedente studio geologico di Villasanta (redatto da Studio Geologico Associato Buzzi & Corno, gennaio 2004, aggiornamento anno 2010), risultano presenti sul territorio

comunale numerosi altri siti di ridotte dimensioni in cui si è avuta estrazione di materiale. I siti sono stati poi colmati di materiali di varia natura e in parte sono oggi sede di nuove costruzioni. Nella stessa cartografia vengono inoltre meglio dettagliate le aree di cava corrispondenti alle cave R436/g/MI e R437/g/MI.

### 9.3. Gli “occhi pollini”

Il territorio del Comune di Villasanta è potenzialmente interessato dalla presenza di "occhi pollini"; con tale termine si intendono cavità che si formano in materiali anche non consolidati tipici delle zone di media e alta pianura. Il fenomeno, noto da tempo, non ha avuto particolare rilevanza scientifica anche se, tuttavia, riveste una certa importanza da un punto di vista applicativo in quanto la presenza e l'evoluzione delle cavità nel sottosuolo può portare sia a cedimenti, sia a veri e propri crolli portano all'apertura di voragini. Il fenomeno condiziona anche pesantemente la filtrazione di acqua ed eventuali inquinanti nel sottosuolo, con possibilità di veicolazione verso la falda.

Con il termine “occhi pollini” si intendono in realtà principalmente 4 fenomeni diversi; vere e proprie cavità carsiche all'interno di livelli di conglomerato, cavità di dimensione variabile in genere situate in ghiaie alterate, piccole condotte di sviluppo metrico e larghezza decimetrica in corrispondenza di scarpate e, infine, zone con spessori talora metrici di materiale con proprietà geotecniche estremamente scadenti che si rinvengono a partire dalla superficie per molti metri di profondità. La genesi è leggermente diversa per le diverse tipologie. Se le cavità nel conglomerato (Ceppo *sensu latu*) possono ascrivere abbastanza facilmente a cavità di tipo carsico, essendo i conglomerati in questione a forte componente carbonatica, le cavità in materiale non cementato e le condotte orizzontali sono da imputarsi a fenomeni di *piping*, cioè all'asportazione granulo a granulo di materiale da parte delle acque circolanti nel sottosuolo. L'ultima categoria può essere spiegata, in prima approssimazione, con l'evoluzione delle cavità in materiale non cementato. Poiché le cavità evolvono per successivi crolli della volta, il cui materiale si accumula sul fondo, di fatto con il tempo si ha una risalita della cavità che lascia ai suoi piedi una "colonna" di materiale rimaneggiato e poco consolidato.

Lo sviluppo degli occhi pollini è fortemente condizionato dalla circolazione delle acque nel sottosuolo sia di origine naturale che di origine antropica in quanto l'acqua è l'agente che erode le singole particelle e le rimuove, creando di fatto le cavità; un fattore molto importante, anche se non è l'unico, è la presenza di conglomerato nel sottosuolo. I conglomerati dell'area a Nord di Milano, infatti, sono

spesso fratturati e/o carsificati; questo, di fatto, condiziona fortemente la circolazione idrica sotterranea a livello puntuale e il conglomerato può scatenare la formazione di piccole cavità che si evolvono nel tempo. L'evoluzione della cavità, e il suo progredire verso l'alto, è condizionata dal materiale presente, dalla sua coesione, che determina la possibilità di mantenere una cavità all'interno senza che questi crolli immediatamente, e, ovviamente, dalla circolazione idrica nel sottosuolo.

Spesso gli occhi pollini si manifestano nella loro fase finale, cioè il crollo, proprio in concomitanza di forti temporali a causa sia della circolazione d'acqua che si instaura, sia per l'appesantimento del suolo sopra la cavità. Inoltre il loro sviluppo può essere fortemente accelerato dalla dispersione concentrata di acque nel sottosuolo, come ad esempio pozzi perdenti, in quanto l'immissione di acque genera localmente dei punti in cui il materiale fine può essere facilmente asportato.

Una caratteristica degli occhi pollini è il fatto di manifestarsi quasi improvvisamente, non essendoci segni premonitori né evidenze in superficie che possano lasciare intuire la presenza di una cavità o di un reticolo di cavità nel sottosuolo.

Il P.T.P.C. della Provincia di Monza e Brianza individua fasce di territorio con diversa suscettività al fenomeno degli occhi pollini, in base alle condizioni geologiche locali. Dalla Tavola 8 allegata al P.T.C.P. (Assetto idrogeologico) risulta che il comune ricade nelle fasce a suscettività molto bassa o nulla nella zona al di sotto del terrazzo della Valle del Lambro, mentre per il resto ricade in zona con bassa suscettività. La fascia a suscettività più bassa interessa, in pratica, la porzione di territorio in cui sono presenti in superficie i depositi più recenti (postglaciali), mentre quella a suscettività moderata comprende i territori interessati dall'Unità di Cadorago.

Si ribadisce, comunque, che lo sviluppo degli occhi pollini è un fenomeno estremamente locale, in quanto l'insieme delle cause predisponenti e scatenanti, non ancora del tutto chiarite, comprende una gran numero di fattori; quindi anche nelle aree a suscettività molto bassa non è detto che, puntualmente, tale fenomeno possa verificarsi. Data l'estrema aleatorietà del fenomeno, però, non è possibile a priori determinare dove e quando le cavità possano generarsi o aprirsi.

La presenza di consistenti spessori di conglomerato nel sottosuolo, di fatto è coerente con il quadro di potenziale suscettività al fenomeno, in quanto, come detto, il conglomerato può essere uno dei fattori che modificano la circolazione idrica sotterranea generando gli "occhi pollini".

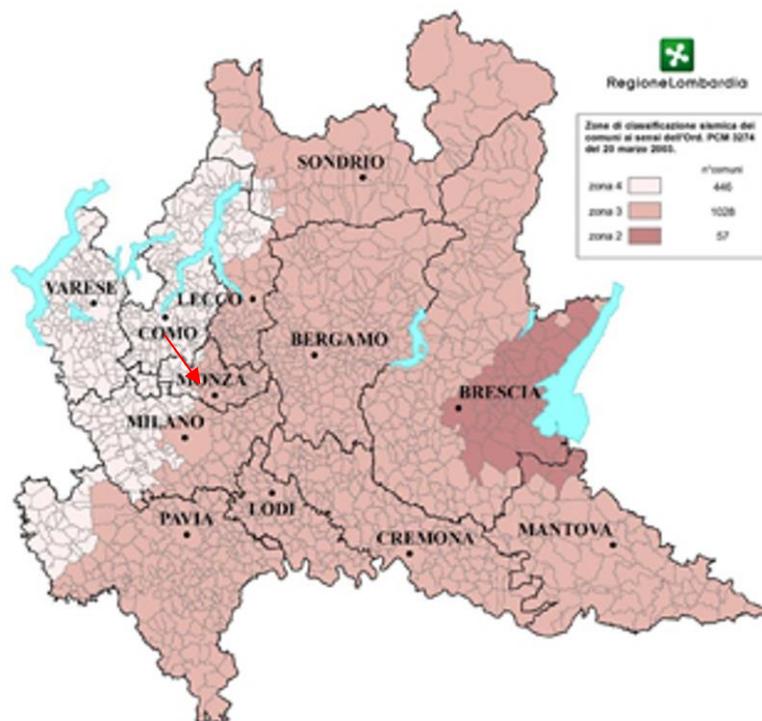
Inoltre la presenza di perdite di acqua da condotte o immissione concentrata di acqua nel sottosuolo può portare alla formazione di fenomeni analoghi, in quanto la filtrazione dell'acqua può favorire l'asportazione delle particelle più fini del terreno diminuendone le caratteristiche geotecniche.

## 10. ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

### 10.1. Aspetti normativi e metodologici

Il Comune di Villasanta, secondo la riclassificazione sismica del territorio nazionale (O.P.C.M. 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*”, adottata con d.g.r. n.14964 del 7 novembre 2003), ricadeva in zona sismica 4 (bassa sismicità).

Tale classificazione è poi variata a seguito dell'entrata in vigore della d.g.r. 11 luglio 2014 n. X/2129 “*Aggiornamento delle zone sismiche in Lombardia*”, con la quale il territorio di Villasanta è ora in zona sismica 3.



**Fig. 10.1.** Classificazione sismica del territorio lombardo  
(Comune di Villasanta indicato dalla freccia)

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

La metodologia per l'approfondimento e la valutazione dell'amplificazione sismica locale, riportata in Allegato 5 alla d.g.r. 30 novembre 2011 – n. IX/2616 “*Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei P.G.T.*”, in adempimento a quanto previsto dal d.m. 14 gennaio 2008 “Norme tecniche per le costruzioni”, dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 e della d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003 e del d.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003, prevede 3 livelli di analisi da applicarsi in funzione della zonazione sismica di appartenenza e degli scenari di pericolosità sismica locale.

I livelli di approfondimento sono di seguito sinteticamente definiti:

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

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

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

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

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

## 10.2. Approfondimento di I livello

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

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

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	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche

Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

#### 10.2.1. Zonazione sismica preliminare

Sulla base di quanto detto nel paragrafo precedente è stata redatta una analisi di I livello che ha portato alla perimetrazione, per l'intero territorio comunale, di aree omogenee per ambiti di pericolosità sismica (cfr Tavola n. 6 – Carta della pericolosità sismica locale).

L'analisi si è avvalsa delle considerazioni di carattere geologico, geomorfologico e idrogeologico, nonché dell'elaborazione di dati stratigrafici e geotecnici realizzati in passato sul territorio comunale, ampiamente e dettagliatamente descritti nei capitoli precedenti.

Questo ha portato all'identificazione di una situazione tipo, corrispondente a uno scenario di pericolosità sismica ed effetti di amplificazione prevedibili, che interessa tutto il territorio. In particolare il Comune di Villasanta è stato classificato in zona **Z4a** – *Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi*.

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

Da quanto deducibile dall'esame della cartografia allegata al precedente studio geologico di Villasanta (redatto da Studio Geologico Associato Buzzi & Corno, gennaio 2004, aggiornamento anno 2010), in territorio comunale erano presenti numerosi ambiti di escavazione. L'apertura delle maggiori cave risale agli anni '30 e '40 del secolo scorso, per rimanere aperte, alcune di esse, fino agli anni '90.

Numerose altre cave di piccole dimensioni e minor durata di attività sono state aperte nei decenni successivi per essere poi colmate con materiali di varia natura una volta cessata l'attività.

Per queste aree si è deciso di attribuire, stante la natura fortemente eterogenea dei materiali probabilmente utilizzati per il rinterro e in continuità anche con la scelta effettuata nel precedente studio geologico, uno scenario **Z2a** (*Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc)*) di pericolosità sismica locale. In caso di evento sismico gli effetti attesi sono riconducibili a cedimenti. Lo scenario Z2a non si sostituisce allo scenario Z4a ma si sovrappone ad esso.

Si precisa che tale classificazione di pericolosità sismica locale, attribuita alle aree colmate, non esclude la necessità di effettuare adeguate verifiche e analisi ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i., costituendo potenziali fonti di contaminazione per il sottosuolo e le acque sotterranee, non avendo informazioni precise sui materiali utilizzati per il riempimento; segnalazioni infatti indicano che sono stati utilizzati materiali inerti, R.S.U e altri rifiuti.

### **10.3. Approfondimento di II livello**

#### *10.3.1. Introduzione*

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

Ricadendo in zona sismica 3 (secondo la nuova classificazione sismica regionale) per il Comune di Villasanta è obbligatorio l'approfondimento di II livello nelle aree suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (Za4) interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree ad espansione urbanistica.

L'approfondimento sismico di II livello è stato eseguito mediante indagine sismica di tipo M.A.S.W., integrata con dati stratigrafici e geotecnici disponibili. Inoltre l'analisi ha tenuto in considerazione i risultati di un precedente approfondimento sismico effettuato con metodologia Re.Mi.

L'indagine sismica, oggetto del presente studio, è stata eseguita individuando quattro aree campione rappresentative e distribuite nella porzione urbanizzata del territorio comunale.

Tali aree, come illustrato nella Tavola 6 (Carta delle pericolosità sismica locale di I e II livello), sono:  
**Area 1:** a Nord della linea ferroviaria Monza Molteno-Oggiono, nell'area a prato di Via Buonarroti;

**Area 2:** nella zona a Sud, nei prati prospicienti i capannoni lungo la SP 217;

**Area 3:** nella zona a Est, lungo la via Cristina Trivulzio di Belgioioso;

**Area 4:** nella zona centrale, nel parco tra la via Alessandro Volta e la Via XXIV maggio.

Il II livello di approfondimento non è stato eseguito per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da cedimenti (Z2a), in quanto la normativa prevede direttamente il passaggio all'analisi di III livello da applicarsi in fase progettuale.

*Si ricorda che quanto esposto nei paragrafi seguenti è da intendersi come una prima stima del fattore di amplificazione sismica e che le analisi qui eseguite non sostituiscono le indagini sito specifiche relative al progetto definitivo delle opere (es. calcolo delle  $V_{s30}$  a partire dal piano di posa delle fondazioni etc.).*

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

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

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

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

In tutti gli approfondimenti del presente lavoro, i profili di velocità delle onde sismiche nel sottosuolo sono stati eseguiti mediante la metodologia M.A.S.W., ottenuti durante un'apposita campagna di indagine effettuata nel mese di maggio 2016.

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

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

- litologia limoso sabbiosa tipo 1
- litologia limoso sabbiosa tipo 2
- litologia sabbiosa

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

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

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

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

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

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

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

Per tutte le aree indagate la categoria di suolo è stata determinata sia valutando i dati bibliografici esistenti riguardanti la litologia e le caratteristiche geotecniche dei terreni sia mediante il calcolo delle  $V_{s_{30}}$  utilizzando i dati raccolti durante la campagna di indagine sismica effettuata per l'analisi di II livello.

Le  $V_{s,30}$  sono determinate, secondo quanto indicato dal d.m. 14/01/2008 “Norme tecniche sulle costruzioni” e così definita:

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

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

Per il Comune di Villasanta i valori soglia calcolati, scaricabili dal sito della Regione Lombardia, sono:

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

### 10.3.3. Metodologia di indagine: Multichannel Analysis of Surfaces Waves (MASW)

La prova MASW, utilizzata nel presente studio, permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh, che rappresentano più di due terzi dell'energia sismica generata nel corso di una prova.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

1. acquisizione dei dati di campo rappresentati dalle onde superficiali;
2. costruzione della curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
3. inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale che descrive la variazione di  $V_s$  con la profondità.

Per ottenere un profilo della velocità delle onde sismiche di taglio ( $V_s$ ) bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Le onde di superficie sono state generate tramite una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico posta ad una distanza compresa tra 5 e 10 metri dai geofoni esterni dello stendimento effettuando più energizzazioni; per

la registrazione sono stati utilizzati geofoni da 4,5 Hz collegati ad un sismografo ECHO12-24/2010 a 24 canali della AMBRO-GEO.

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da 24 geofoni con spaziatura pari a 2,0 m.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Per ottenere il profilo verticale della Vs dalla curva di dispersione viene stimato un valore di densità del terreno sulla base della tipologia dei materiali attraversati.

#### 10.3.4. Area 1

L'area 1 si trova a ridosso di via Buonarroti, a Nord della linea ferroviaria Monza Molteno-Oggiono; l'area si presenta pianeggiante e ad uso prato (seminativi semplici, fonte: DUSAF IV).

A circa 150 metri a Sud dell'area sono presenti un pozzo dell'acquedotto (0152390084) e un piezometro (0152390091) di cui sono disponibili le stratigrafie.

Le due perforazioni, pur essendo a una distanza di poche decine di metri hanno una sequenza stratigrafica abbastanza differente nei primi metri dal piano campagna.

In 0152390091, dopo uno spessore di 50 cm di terreno di coltivato, si hanno limi sabbiosi argillosi fino a 3,5 m. Da 3,50 a 11,45 si ha ghiaia eterometrica e ciottoli in matrice sabbiosa. Da 11,45 a 14,30 conglomerato e arenaria e al di sotto una lunga sequenza di argille limi e sabbie fino a 60 m.

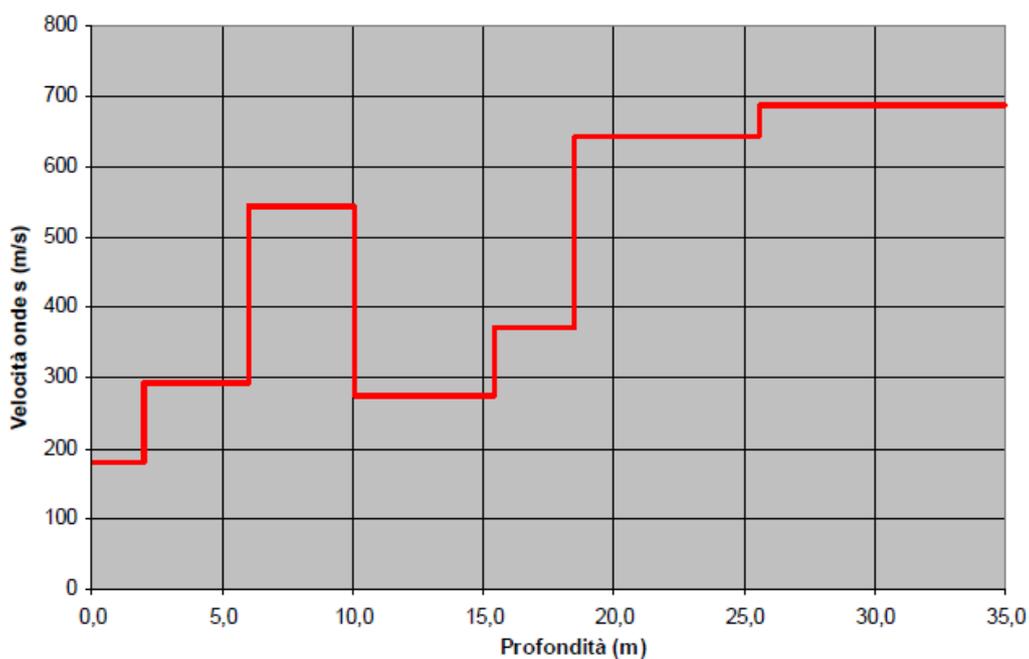
Nel pozzo 0152390084, invece, al di sotto del terreno di coltivato (0,5 m) si hanno argille fino a 2,5 m; a questa segue un'alternanza di ghiaie e conglomerato fino a 13,5 m. Al di sotto, fino a 17 m, si hanno delle argille a cui seguono arenarie fino a 20 m; poi lunga sequenza di argille e limi con rari livelli di sabbie e occasionali ghiaie fino a 60 m.

Sono anche disponibili, poco ad Est, dati riferibili ad una prova penetrometrica dinamica; i risultati della prova riconoscono terreni con discrete caratteristiche geotecniche, con numero di colpi compreso tra 10 e 40 nell'intervallo di profondità che va da 0,3 m a circa 2 m; dai circa 2 m a 4 m circa il numero di colpi rimane su 40.

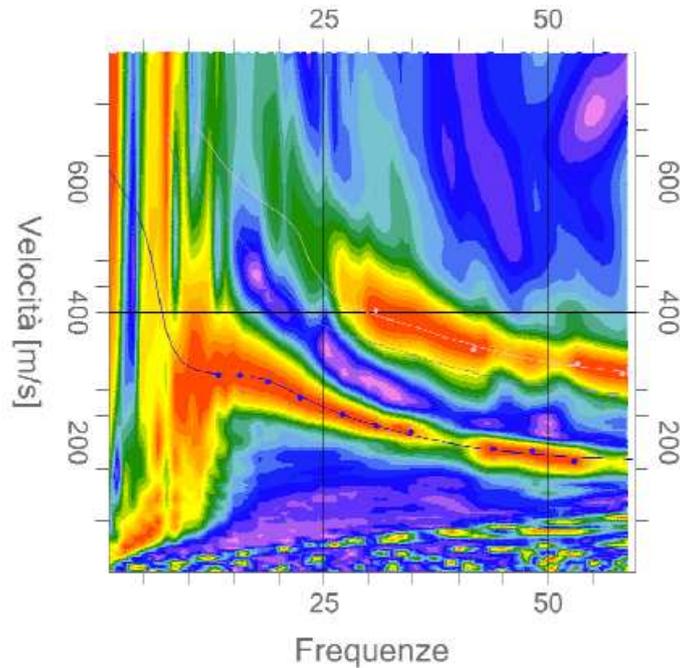
L'analisi sismica ha permesso poi la costruzione di un modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità. Dall'inversione delle curve di dispersione ricavate dallo stendimento sismico si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Strato	Profondità (m)		Spessore (m)	Vs (m/s)
	da	a		
1	0,0	2,0	2,0	180
2	2,0	6,0	4,0	292
3	6,0	10,1	4,1	545
4	10,1	15,4	5,4	274
5	15,4	18,5	3,1	371
6	18,5	25,6	7,1	642
7	25,6	35,0	9,4	689

**Tab. 10.1.** Profilo di velocità delle onde S.



**Fig. 10.2.** Grafico del profilo di velocità delle onde S.



**Fig. 10.3.** Curva di inversione e dispersione

Non avendo raggiunto il bedrock sismico ( $V_s \geq 800$  m/s) è stato elaborato un opportuno gradiente di  $V_s$  con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da permettere il raggiungimento di 800 m/s.

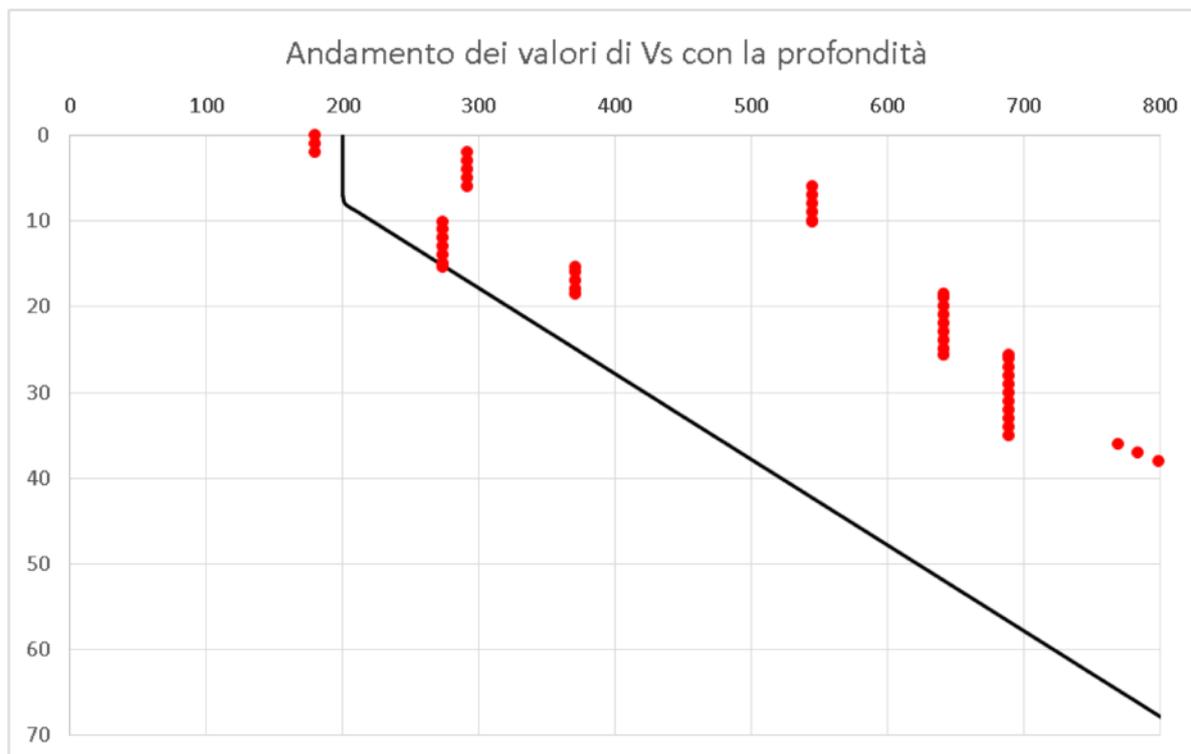
Il bedrock sismico è stato raggiunto quindi alla profondità di 39,0 m, delimitando uno strato di 4,0 m di spessore e una  $V_s$  pari a 792 m/s (calcolata come media pesata dei valori di  $V_s$  dello strato).

Per l'area 1 è stato calcolato un valore di  $V_{s30}$  pari a 385 m/s, a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo **B** (tabella 3.2 II, d.m. 14/01/2008).

#### 10.3.4.1. Scheda di valutazione di riferimento

Come già in precedenza richiamato, la Regione Lombardia propone una procedura semplificata per la valutazione dei fattori di amplificazione per lo scenario Z4. La normativa propone infatti una serie di schede di valutazione che correlano il Fattore di amplificazione con il periodo proprio del sito T, calcolato sulla base dei dati geofisici ottenuti dalle analisi sismiche.

Esaminando l'andamento delle Vs, come previsto dalla normativa vigente (Allegato 5 alla d.g.r. IX/2616 del 30 novembre 2011) la scelta per l'area 1 è caduta sulla *Scheda Limoso Sabbiosa Tipo 2*, per la quale la curva Vs-z sperimentale è compresa nel campo di validità.



**Fig. 10.4.** Andamento dei valori di Vs con la profondità: confronto tra misurazione in sito (rosso) e Scheda Limoso Sabbiosa Tipo 2 (nero)

#### 10.3.4.2. Curva T-Fa

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

Come strato superficiale è stato considerato lo spessore di 6 metri di materiali presenti subito al di sotto del piano campagna, a cui corrisponde una velocità media pari a 255 m/s; con questi valori la scelta è ricaduta sulla curva 3 (blu) del grafico T-Fa.

Profondità primo strato (m)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25	30	35	40	50	60	
200				1	1	1	1	1	1	1													
250				2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1								
300				3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2								
350				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3							
400				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3						
450				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
500				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3				
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Velocità primo strato (m/s)

**Fig. 10.5.** Matrice per la scelta della curva più appropriata per il calcolo del Fattore di Amplificazione per la Scheda Limoso Sabbiosa Tipo 2.

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

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

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

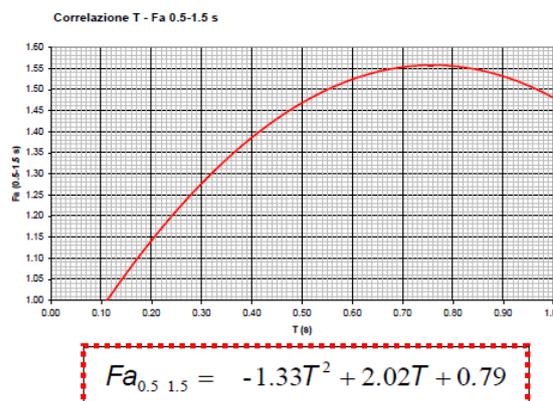
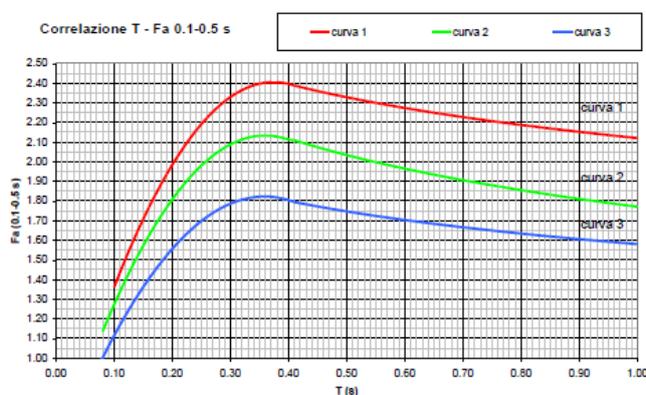
L'indagine sismica non ha raggiunto velocità comparabili con quelle del substrato sismico ( $V_s > 800$  m/s), pertanto è stato elaborato un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da permettere il raggiungimento di 800 m/s.

Il bedrock sismico è stato raggiunto quindi alla profondità di 39,0 m, delimitando uno strato di 4,0 m di spessore e una Vs pari a 792 m/s (calcolata come media pesata dei valori di Vs dello strato).

Sulla base della stratigrafia sismica completa è stato calcolato un valore del *periodo proprio del sito* pari a 0,3 s.

#### 10.3.4.4. Fattore di Amplificazione (Fa)

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



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	0.10 < T ≤ 0.40 $Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	0.40 < T ≤ 1.00 $Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	0.08 < T ≤ 0.40 $Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	0.40 < T ≤ 1.00 $Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38LnT$
3	0.05 < T ≤ 0.40 $Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	0.40 < T ≤ 1.00 $Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24LnT$

**Fa (0,1-0,5 s)                    1,9**

**Fa (0,5-1,5 s)                    1,4**

Il valore di Fa ottenuto tiene in considerazione una variabilità di +0,1, così come indicato nell'Allegato 5 alla d.g.r. IX/2616 del 30 novembre 2011.

#### 10.3.5. Area 2

L'area 2 si trova in prossimità del confine comunale meridionale, lungo la SP 217 nel tratto compreso tra viale Monza e viale Risorgimento; l'area si presenta pianeggiante e ad uso prato (seminativi semplici, fonte: DUSAF IV).

A circa 50-100 metri a Sud e a Est dell'area sono presenti due piezometri di modesta profondità (0152390109, 0152390110) di cui sono disponibili le stratigrafie.

La stratigrafia del piezometro 0152390109 presenta un livello superficiale di 2 metri costituito da limi ghiaiosi; al di sotto, fino a 16,5 metri sono presenti alternanze di limi ghiaiosi e ghiaie limose. Più in profondità sono poi presenti limi argillosi fino a 20,4 metri e poi sabbie limose fino alla profondità raggiunta dal piezometro pari a 22 metri.

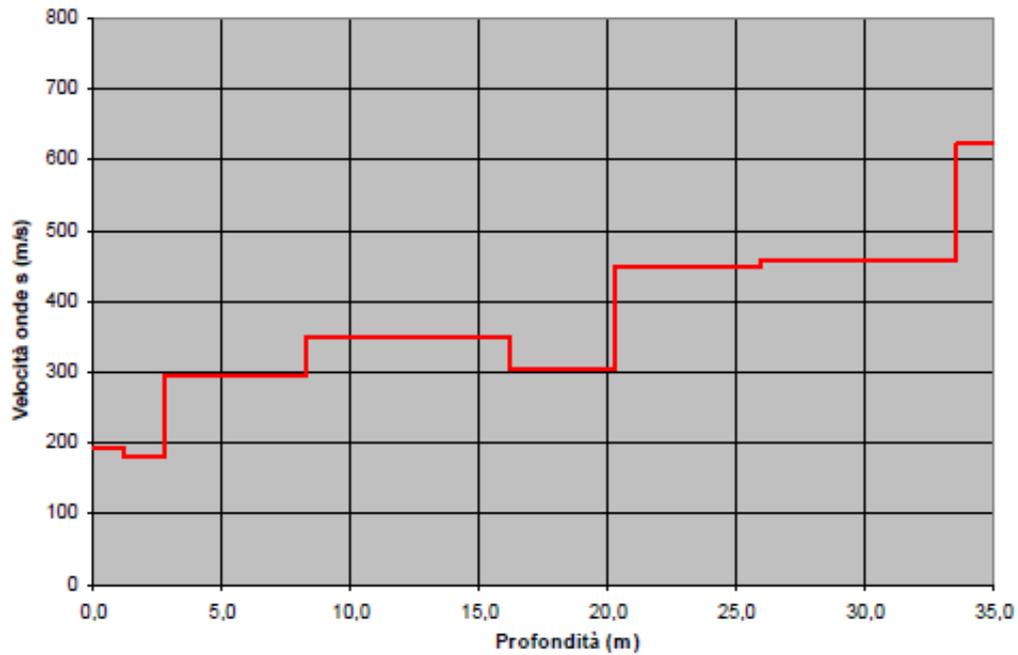
La stratigrafia del piezometro 0152390110 presenta una sequenza in cui si alternano, fino a 25 metri, ghiaie e ghiaie sabbioso limose, con un unico livello di limi compreso tra 2,2-2,4 metri.

Sono anche disponibili, poco a SudEst, dati riferibili ad una prova penetrometrica dinamica; i risultati della prova riconoscono terreni con discrete caratteristiche geotecniche, con numero di colpi inferiore a 10 fino alla profondità di circa 3 metri. Da 3 a circa 5 metri il numero di colpi registrato aumenta drasticamente fino ai 40 colpi.

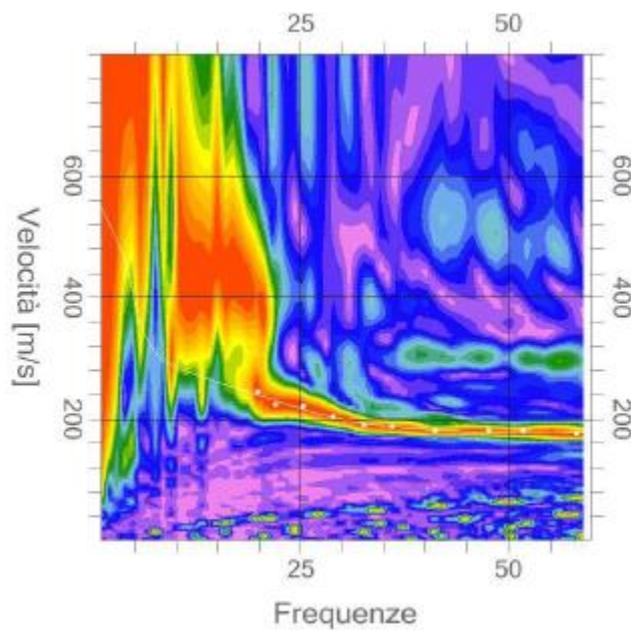
L'analisi sismica ha permesso poi la costruzione di un modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità. Dall'inversione delle curve di dispersione ricavate dallo stendimento sismico si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Strato	Profondità (m)		Spessore (m)	Vs (m/s)
	da	a		
1	0,0	1,2	1,2	194
2	1,2	2,8	1,6	181
3	2,8	8,3	5,5	295
4	8,3	16,2	7,9	350
5	16,2	20,3	4,1	304
6	20,3	25,9	5,7	448
7	25,9	33,6	7,6	459
8	33,6	35,0	1,4	622

**Tab. 10.2.** Profilo di velocità delle onde S.



**Fig. 10.6.** Grafico del profilo di velocità delle onde S.



**Fig. 10.7.** Curva di inversione e dispersione

Non avendo raggiunto il bedrock sismico ( $V_s \geq 800$  m/s) è stato elaborato un opportuno gradiente di  $V_s$  con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da permettere il raggiungimento di 800 m/s.

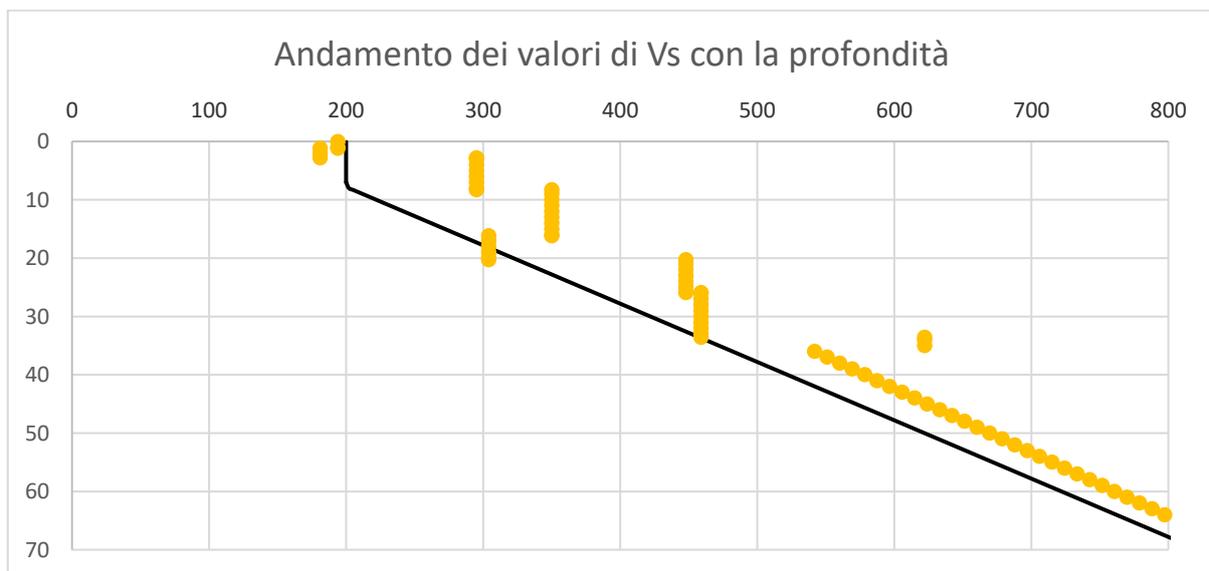
Il bedrock sismico è stato raggiunto quindi alla profondità di 65,0 m, delimitando uno strato di 30,0 m di spessore e una  $V_s$  pari a 688 m/s (calcolata come media pesata dei valori di  $V_s$  dello strato).

Per l'area 2 è stato calcolato un valore di  $V_{s30}$  pari a 328 m/s, a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo C (tabella 3.2 II, d.m. 14/01/2008).

#### 10.3.5.1. Scheda di valutazione di riferimento

Come già in precedenza richiamato, la Regione Lombardia propone una procedura semplificata per la valutazione dei fattori di amplificazione per lo scenario Z4. La normativa propone infatti una serie di schede di valutazione che correlano il Fattore di amplificazione con il periodo proprio del sito T, calcolato sulla base dei dati geofisici ottenuti dalle analisi sismiche.

Esaminando l'andamento delle  $V_s$ , come previsto dalla normativa vigente (Allegato 5 alla d.g.r. IX/2616 del 30 novembre 2011) la scelta per l'area 2 è caduta sulla *Scheda Limoso Sabbiosa Tipo 2*, per la quale la curva  $V_s$ -z sperimentale è compresa nel campo di validità.



**Fig. 10.8.** Andamento dei valori di  $V_s$  con la profondità: confronto tra misurazione in sito (arancione) e Scheda Limoso Sabbiosa Tipo 2 (nero)

### 10.3.5.2. Curva T-Fa

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

Come strato superficiale è stato considerato lo spessore di 8,3 metri di materiali presenti subito al di sotto del piano campagna, a cui corrisponde una velocità media pari a 258 m/s; con questi valori la scelta è ricaduta sulla curva 3 (blu) del grafico T-Fa.

Profondità primo strato (m)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25	30	35	40	50	60	
200				1	1	1	1	1	1	1													
250				2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1								
300				3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2								
350				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3							
400				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3						
450				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
500				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3				
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		

Velocità primo strato (m/s)

**Fig. 10.9.** Matrice per la scelta della curva più appropriata per il calcolo del Fattore di Amplificazione per la Scheda Limoso Sabbiosa Tipo 2.

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

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

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

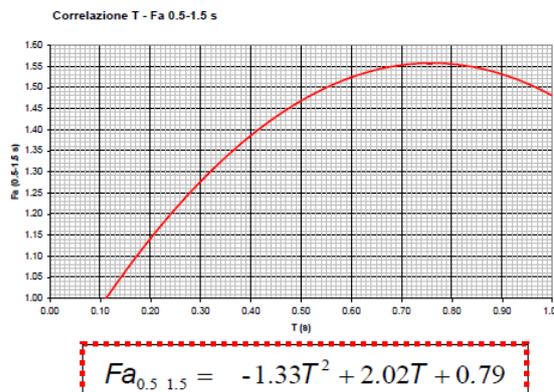
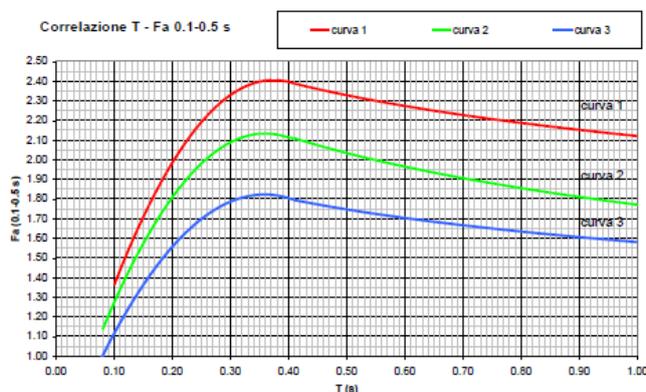
L'indagine sismica non ha raggiunto velocità comparabili con quelle del substrato sismico ( $V_s > 800$  m/s), pertanto è stato elaborato un opportuno gradiente di  $V_s$  con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da permettere il raggiungimento di 800 m/s.

Il bedrock sismico è stato raggiunto quindi alla profondità di 65,0 m, delimitando uno strato di 30,0 m di spessore e una  $V_s$  pari a 688 m/s (calcolata come media pesata dei valori di  $V_s$  dello strato).

Sulla base della stratigrafia sismica completa è stato calcolato un valore del *periodo proprio del sito* pari a 0,5 s.

#### 10.3.5.4. Fattore di Amplificazione (Fa)

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



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.08 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24LnT$

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

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

Il valore di Fa ottenuto tiene in considerazione una variabilità di +0,1, così come indicato nell'Allegato 5 alla d.g.r. IX/2616 del 30 novembre 2011.

### 10.3.6. Area 3

L'area 3 si trova in prossimità del confine comunale orientale, lungo la via Cristina Trivulzio di Belgioioso; l'area si presenta pianeggiante ma sopraelevata rispetto al piano stradale di via Cristina Trivulzio. Probabilmente l'area è stata rimodellata in passate attività di riqualificazione e anche per la realizzazione di una pista ciclo pedonale.

Adiacente all'area è presente un piezometro per il monitoraggio della falda (0152390086) di cui è disponibile la stratigrafia.

La stratigrafia del piezometro mostra fino a 1,5 m terreno di riporto; al di sotto è presente fino a 4,5 m un livello di ghiaie seguito da un livello di conglomerato che arriva alla profondità di 10,5 m; seguono sabbie limose fino a 19,4 m e ghiaie sabbiose fino a 31 m. Da 31 m a 41 m si hanno alternanze di sabbie e conglomerato cui seguono sabbie fino a 48 m e argilla fino a 50 m.

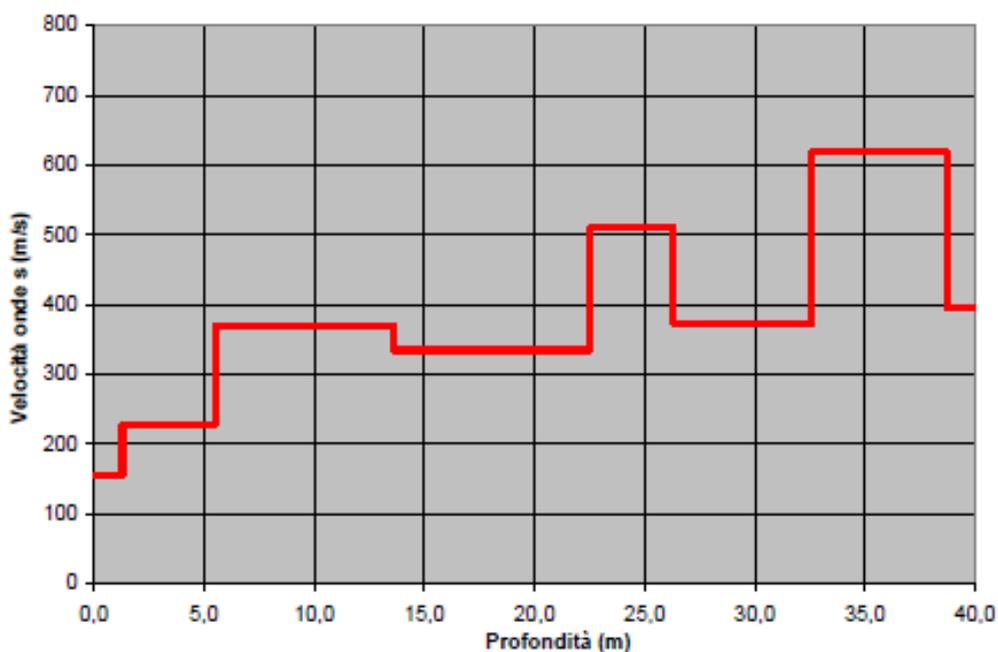
A circa 300 m ad Est dell'area 3 è presente un altro piezometro (0152390094) la cui stratigrafia mostra, sotto pochi centimetri di materiale di riporto, delle ghiaie e ciottoli scarsamente sabbiosi fino a 5 m; dopo di che segue un'alternanza di sabbie limose e conglomerato che si spinge fino a 21 m di profondità. Dai 21 m ai 31,5 m si hanno granulometrie ghiaiose in matrice sabbiosa a cui si intercala un livello di 3 metri di spessore di conglomerato. Segue, fino circa 47 m di profondità, una sequenza di sabbie limose.

Sono anche disponibili, nelle vicinanze, dati riferibili a due prove penetrometriche dinamiche; i risultati delle prove riconoscono terreni con discrete caratteristiche geotecniche, con numero di colpi mediamente compresi tra 5 e 15 fino alla profondità di 6-8 metri. Dopo di che si ha un progressivo aumento del numero di colpi, arrivando a 40 alla profondità massima di 10 metri.

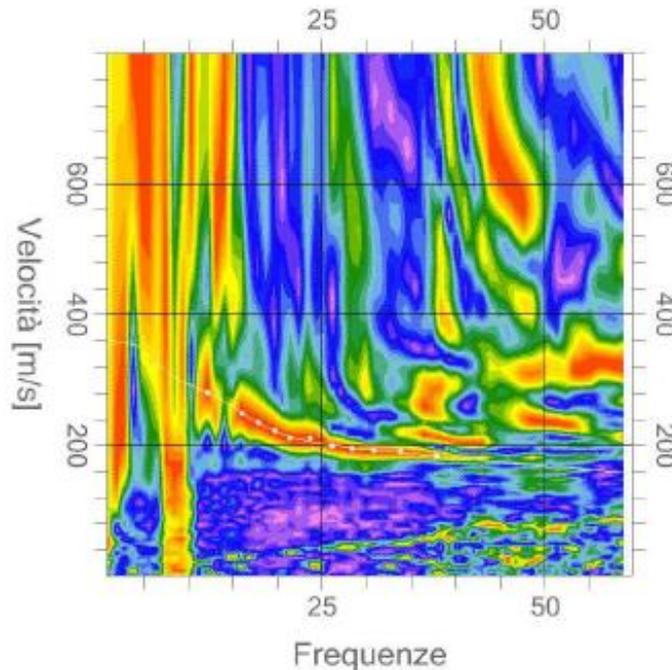
L'analisi sismica ha permesso poi la costruzione di un modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità. Dall'inversione delle curve di dispersione ricavate dallo stendimento sismico si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Strato	Profondità (m)		Spessore (m)	Vs (m/s)
	da	a		
1	0,0	1,3	1,3	155
2	1,3	5,5	4,2	228
3	5,5	13,6	8,1	370
4	13,6	22,5	8,9	334
5	22,5	26,3	3,8	510
6	26,3	32,6	6,3	372
7	32,6	38,7	6,1	619
8	38,7	40,0	1,3	395

**Tab. 10.3.** Profilo di velocità delle onde S.



**Fig. 10.10.** Grafico del profilo di velocità delle onde S.



**Fig. 10.11.** Curva di inversione e dispersione

Non avendo raggiunto il bedrock sismico ( $V_s \geq 800$  m/s) è stato elaborato un opportuno gradiente di  $V_s$  con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da permettere il raggiungimento di 800 m/s.

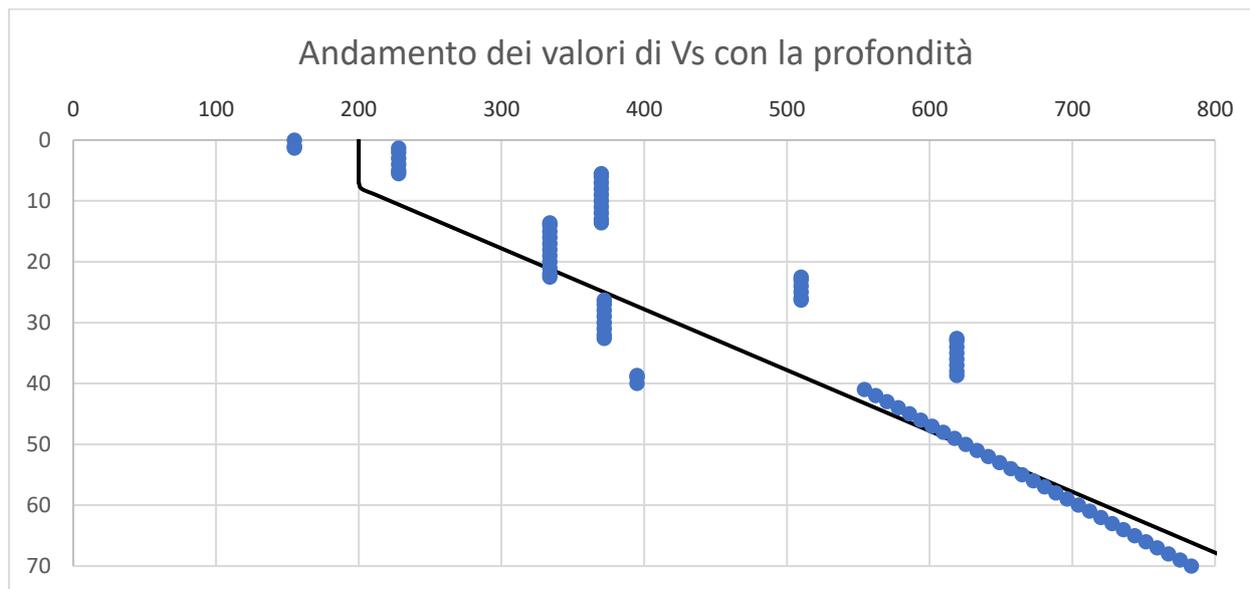
Il bedrock sismico è stato raggiunto quindi alla profondità di 73,0 m, delimitando uno strato di 33,0 m di spessore e una  $V_s$  pari a 693 m/s (calcolata come media pesata dei valori di  $V_s$  dello strato).

Per l'area 3 è stato calcolato un valore di  $V_{s30}$  pari a 323 m/s, a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo **C** (tabella 3.2 II, d.m. 14/01/2008).

#### 10.3.6.1. Scheda di valutazione di riferimento

Come già in precedenza richiamato, la Regione Lombardia propone una procedura semplificata per la valutazione dei fattori di amplificazione per lo scenario Z4. La normativa propone infatti una serie di schede di valutazione che correlano il fattore di amplificazione con il periodo proprio del sito T, calcolato sulla base dei dati geofisici ottenuti dalle analisi sismiche.

Esaminando l'andamento delle Vs, come previsto dalla normativa vigente (Allegato 5 alla d.g.r. IX/2616 del 30 novembre 2011) la scelta per l'area 3 è caduta sulla *Scheda Limoso Sabbiosa Tipo 2*, per la quale la curva Vs-z sperimentale è simile a quella proposta.



**Fig. 10.12.** Andamento dei valori di Vs con la profondità: confronto tra misurazione in sito (blu) e Scheda Limoso Sabbiosa Tipo 2 (nero)

#### 10.3.6.2. Curva T-Fa

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

Come strato superficiale è stato considerato lo spessore di 5,5 metri di materiali presenti subito al di sotto del piano campagna, a cui corrisponde una velocità media pari a 211 m/s; con questi valori la scelta è ricaduta sulla curva 2 (verde) del grafico T-Fa.

Profondità primo strato (m)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25	30	35	40	50	60	
200				1	1	1	1	1	1	1													
250				2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1								
300				3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2								
350				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3							
400				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3						
450				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
500				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3				
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Velocità primo strato (m/s)

**Fig. 10.13.** Matrice per la scelta della curva più appropriata per il calcolo del Fattore di Amplificazione per la Scheda Limoso Sabbiosa Tipo 2.

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

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

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

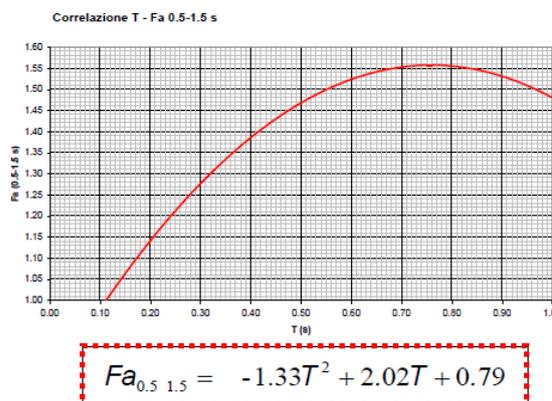
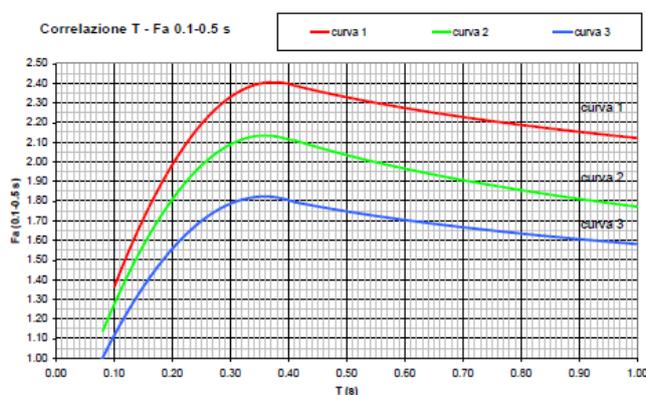
L'indagine sismica non ha raggiunto velocità comparabili con quelle del substrato sismico ( $V_s > 800$  m/s), pertanto è stato elaborato un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da permettere il raggiungimento di 800 m/s.

Il bedrock sismico è stato raggiunto quindi alla profondità di 73,0 m, delimitando uno strato di 33,0 m di spessore e una Vs pari a 693 m/s (calcolata come media pesata dei valori di Vs dello strato).

Sulla base della stratigrafia sismica completa è stato calcolato un valore del *periodo proprio del sito* pari a 0,55 s.

#### 10.3.6.4. Fattore di Amplificazione (Fa)

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



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.08 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24LnT$

**Fa (0,1-0,5 s)                    2,1**

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

Il valore di Fa ottenuto tiene in considerazione una variabilità di +0,1, così come indicato nell'Allegato 5 alla d.g.r. IX/2616 del 30 novembre 2011.

### 10.3.7. Area 4

L'area 4 si trova nella parte centrale del territorio comunale, tra la via Alessandro Volta e la via XXIV Maggio; l'area si presenta pianeggiante e ad uso parco pubblico (parchi e giardini, fonte: DUSAF IV). Nell'area di indagine è presente un pozzo (0152390040), attualmente cementato, di cui si ha a disposizione la stratigrafia.

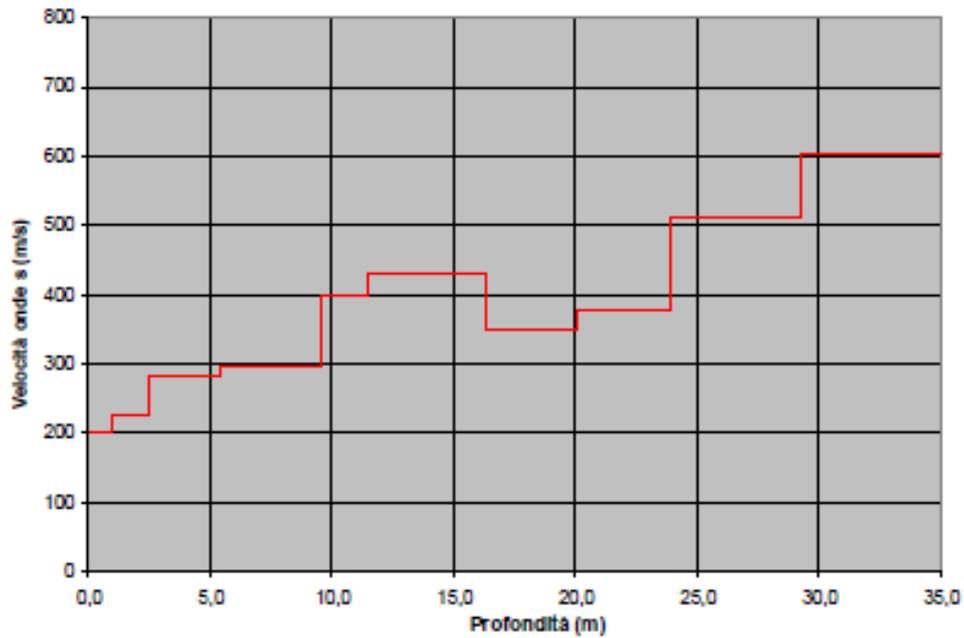
La stratigrafia mostra un livello superficiale costituito da 2 m di terreno vegetale. Al di sotto sono presenti ghiaie fino a 14 m dal p.c., seguite da un livello di argille di 3 m di spessore. Fino a 21 m si ha una sequenza di conglomerato e arenaria, seguita da alternanze di ghiaie e sabbie fino alla profondità di 27 m. Oltre sono presenti 19 m di sabbie argillose e argille che raggiungono la profondità di 46 m, oltre la quale vi sono alternanze di argille, conglomerato e arenaria fino a 74 m. Il pozzo si chiude con 3 m di sabbie e ghiaie e 2 m di argille fino a 80 m.

Sono anche disponibili, poco ad Est, dati riferibili a una prova penetrometrica dinamica; i risultati della prova riconoscono terreni con discrete caratteristiche geotecniche, con numero di colpi medio pari a 5 fino alla profondità di 4 metri. Dopo di che si ha un repentino aumento del numero di colpi, arrivando a 40 alla profondità massima di circa 5 metri.

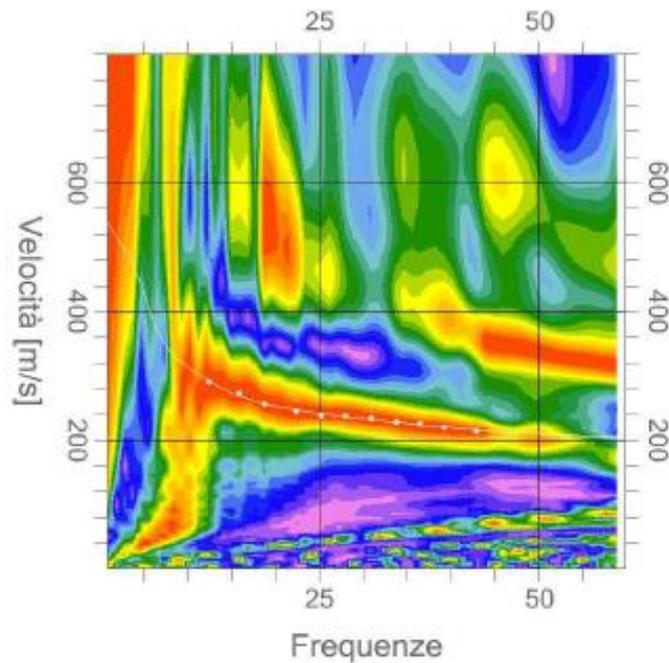
L'analisi sismica ha permesso poi la costruzione di un modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità. Dall'inversione delle curve di dispersione ricavate dallo stendimento sismico si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Strato	Profondità (m)		Spessore (m)	Vs (m/s)
	da	a		
1	0,0	1,0	1,0	203
2	1,0	2,5	1,5	225
3	2,5	5,4	2,9	282
4	5,4	9,6	4,3	297
5	9,6	11,5	1,9	398
6	11,5	16,3	4,8	431
7	16,3	20,1	3,8	350
8	20,1	23,9	3,7	379
9	23,9	29,3	5,5	510
10	29,3	35,0	5,7	604

**Tab. 10.4.** Profilo di velocità delle onde S



**Fig. 10.14.** Grafico del profilo di velocità delle onde S.



**Fig. 10.15.** Curva di inversione e dispersione.

Non avendo raggiunto il bedrock sismico ( $V_s \geq 800$  m/s) è stato elaborato un opportuno gradiente di  $V_s$  con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da permettere il raggiungimento di 800 m/s.

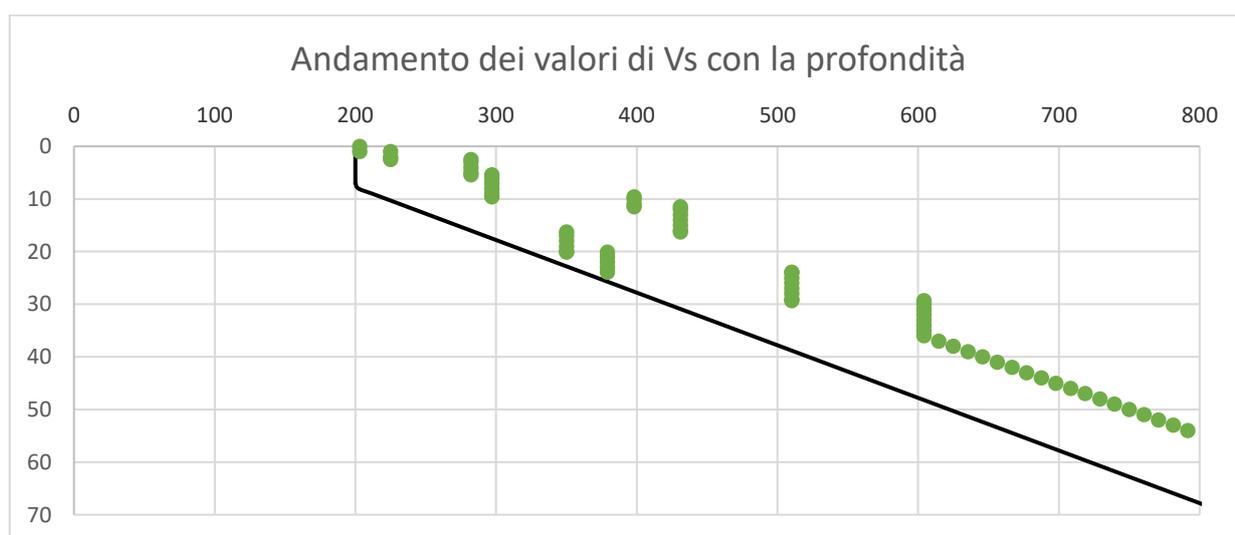
Il bedrock sismico è stato raggiunto quindi alla profondità di 55,0 m, delimitando uno strato di 20,0 m di spessore e una  $V_s$  pari a 711 m/s (calcolata come media pesata dei valori di  $V_s$  dello strato).

Per l'area 3 è stato calcolato un valore di  $V_{s30}$  pari a 353 m/s, a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo C (tabella 3.2 II, d.m. 14/01/2008).

#### 10.3.7.1. Scheda di valutazione di riferimento

Come già in precedenza richiamato, la Regione Lombardia propone una procedura semplificata per la valutazione dei fattori di amplificazione per lo scenario Z4. La normativa propone infatti una serie di schede di valutazione che correlano il Fattore di amplificazione con il periodo proprio del sito T, calcolato sulla base dei dati geofisici ottenuti dalle analisi sismiche.

Esaminando l'andamento delle  $V_s$ , come previsto dalla normativa vigente (Allegato 5 alla D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011) la scelta per l'area 4 è caduta sulla *Scheda Limoso Sabbiosa Tipo 2*, per la quale la curva  $V_s$ -z è compresa nel campo di validità.



**Fig. 10.16.** Andamento dei valori di  $V_s$  con la profondità: confronto tra misurazione in sito (verde) e Scheda Limoso Sabbiosa Tipo 2 (nero)

### 10.3.7.2. Curva T-Fa

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

Come strato superficiale è stato considerato lo spessore di 5,4 metri di materiali presenti subito al di sotto del piano campagna, a cui corrisponde una velocità media pari a 252 m/s; con questi valori la scelta è ricaduta sulla curva 3 (blu) del grafico T-Fa.

Profondità primo strato (m)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25	30	35	40	50	60	
200				1	1	1	1	1	1	1													
250				2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1								
300				3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2								
350				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3							
400				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3						
450				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
500				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3				
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		

Velocità primo strato (m/s)

**Fig. 10.17.** Matrice per la scelta della curva più appropriata per il calcolo del Fattore di Amplificazione per la Scheda Limoso Sabbiosa Tipo 2.

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

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

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

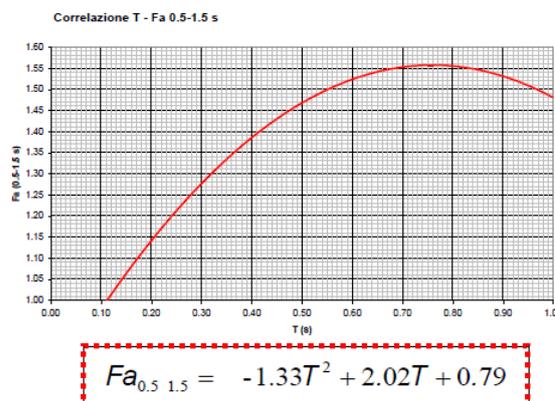
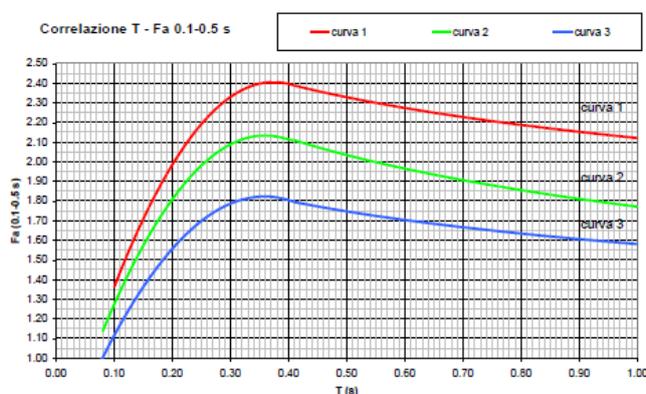
L'indagine sismica non ha raggiunto velocità comparabili con quelle del substrato sismico ( $V_s > 800$  m/s), pertanto è stato elaborato un opportuno gradiente di  $V_s$  con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da permettere il raggiungimento di 800 m/s.

Il bedrock sismico è stato raggiunto quindi alla profondità di 55,0 m, delimitando uno strato di 20,0 m di spessore e una  $V_s$  pari a 711 m/s (calcolata come media pesata dei valori di  $V_s$  dello strato).

Sulla base della stratigrafia sismica completa è stato calcolato un valore del *periodo proprio del sito* pari a 0,42 s.

#### 10.3.7.4. Fattore di Amplificazione (Fa)

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



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.08 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24LnT$

**Fa (0,1-0,5 s)                    1,9**

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

Il valore di Fa ottenuto tiene in considerazione una variabilità di +0,1, così come indicato nell'Allegato 5 alla d.g.r. IX/2616 del 30 novembre 2011.

### 10.3.8. Valutazione del grado di protezione

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

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

I valori soglia calcolati da Regione Lombardia per il Comune di Villasanta sono riportati nella tabella seguente:

Categoria di Suolo	Valori soglia			
	B	C	D	E
Periodo 0,1-0,5	1,4	1,8	2,2	2,0
Periodo 0,5-1,5	1,7	2,4	4,2	3,1

Nella tabella seguente vengono confrontati i valori di Fa calcolati con i valori soglia definiti da Regione Lombardia per il Comune di Villasanta, evidenziando in rosso il valore che supera la soglia corrispondente.

Area 1	Valori soglia	Fa calcolati	Area 2	Valori soglia	Fa calcolati
<b>Categoria di Suolo</b>	<b>B</b>		<b>Categoria di Suolo</b>	<b>C</b>	
Periodo 0,1-0,5	1,4	<b>1,9</b>	Periodo 0,1-0,5	1,8	<b>1,8</b>
Periodo 0,5-1,5	1,7	<b>1,4</b>	Periodo 0,5-1,5	2,4	<b>1,6</b>

Area 3	Valori soglia	Fa calcolati	Area 4	Valori soglia	Fa calcolati
<b>Categoria di Suolo</b>	<b>C</b>		<b>Categoria di Suolo</b>	<b>C</b>	
Periodo 0,1-0,5	1,8	<b>2,1</b>	Periodo 0,1-0,5	1,8	<b>1,9</b>
Periodo 0,5-1,5	2,4	<b>1,6</b>	Periodo 0,5-1,5	2,4	<b>1,5</b>

### 10.3.9. Analisi dei risultati

L'analisi di II livello ha permesso di definire, per ciascuna area campione, il valore del Fattore di amplificazione Fa per gli intervalli di periodo 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s, riferiti rispettivamente a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide e a strutture più alte e più flessibili. Dal confronto con il corrispondente valore soglia regionale emerge quanto segue:

1. Per lo scenario Z4a, interferente con l'urbanizzato e/o con le aree ad espansione urbanistica, per l'intervallo di periodo 0,1-0,5 s, il valore di Fa calcolato risulta **superiore o uguale** al valore soglia regionale sia per la categoria di suolo B sia per la categoria di suolo C. Pertanto la normativa nazionale **non è sufficiente** a tenere in considerazione i possibili effetti litologici di amplificazione locale. In fase di progettazione edilizia quindi si dovranno effettuare analisi più approfondite (III livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, cioè D.
2. Per lo scenario Z4a, interferente con l'urbanizzato e/o con le aree ad espansione urbanistica, per l'intervallo di periodo 0,5-1,5 s, il valore di Fa calcolato risulta **inferiore** al valore soglia regionale sia per la categoria di suolo B sia per la categoria di suolo C. pertanto la normativa nazionale è **sufficiente** a tenere in considerazioni i possibili effetti litologici di amplificazione locale.

I risultati ottenuti dalla presente analisi di approfondimento sono paragonabili a quanto ottenuto da un precedente approfondimento sismico di II livello effettuato in due specifiche aree, di aggiornamento alla componente geologica, idrogeologica e sismica di supporto al P.G.T. comunale (Buzzi & Corno Studio Geologico Associato, anno 2010).

Per le due aree esaminate, denominate RO1 e RO2, la categoria di suolo risulta essere la B con valori di  $V_{s30}$  rispettivamente di 470 m/s e 375 m/s.

Il Fattore di amplificazione calcolato risulta essere (considerando una variabilità di +0,1 come indicato nella normativa) superiore o uguale al valore soglia regionale per la categoria di suolo B per l'intervallo di periodo 0,1-0,5 s. Risulta invece essere inferiore al valore soglia regionale per la categoria di suolo B per l'intervallo di periodo 0,5-1,5 s.

## **11. PERICOLOSITA' E RISCHIO DA ESONDAZIONI**

Il Comune di Villasanta, come già descritto nei capitoli precedenti, è interessato dalle fasce fluviali PAI e da una mappatura di pericolosità e rischio da esondazioni, derivanti dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) che si estende lungo la valle del fiume Lambro.

In tale contesto l'Amministrazione comunale ha ritenuto opportuno approfondire gli aspetti relativi alle esondazioni del Lambro, affidando un incarico per la redazione di uno studio idraulico di dettaglio delle piene del fiume Lambro.

Lo studio idraulico, redatto da ALTENE Ingegneri Associati e integralmente riportato come allegato alla presente relazione, ha come oggetto la verifica delle dinamiche di piena del reticolo idrico all'interno del territorio di Villasanta mediante la predisposizione di un accurato modello idraulico lungo circa 3900 m, che va dalla sezione LA101.5 (da Studio di Fattibilità AdBPo, 2003) a monte (traversa in alveo), alla sezione LA97.3 a valle (ponte via Cavriga a Monza).

Lo studio è stato redatto conformemente alle metodologie definite nell'Allegato 4 alla D.G.R. n. IX/2616 del novembre 2011 e nella direttiva contenete i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico, approvate dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con deliberazione n. 2/99 del 11 maggio 1999 e n. 10/06 del 5 aprile 2006.

Per la redazione dello studio idraulico sono state analizzate criticamente le risultanze dei diversi studi idrologici-idraulici effettuati nel tratto di fiume Lambro in oggetto desumendo dallo studio AdBPo le portate di piena di riferimento utilizzate nelle verifiche. Inoltre sono state analizzate e verificate le informazioni geometriche disponibili relative a tali studi pregressi, inclusi i recenti rilievi LIDAR curati dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare con celle 1x1 m. Al fine di caratterizzare la geometria dell'alveo e delle strutture interferenti, tali informazioni sono state verificate sul campo ed opportunamente integrate laddove necessario al fine di caratterizzare nel miglior modo possibile lo stato di fatto.

Il modello del tratto di Lambro analizzato, costruito mediante il software HEC-RAS in modalità bidimensionale, ha confermato la criticità idraulica, già evidenziata dallo studio AdBPo, costituita dai ponti e dal restringimento di sezione con diffusi allagamenti.

Il modello ha inoltre permesso di caratterizzare gli allagamenti e determinarne non solo l'estensione ma anche le classi di effettivo rischio sulla base della ricostruzione delle massime velocità e tiranti nella zona esaminata.

Lo studio idraulico ha quindi permesso di definire dettagliatamente diversi scenari di pericolosità (e rischio attuale) da esondazione, utili poi alla definizione degli ambiti di fattibilità geologica nella parte del territorio lungo la valle del Lambro in comune di Villasanta.

I contenuti dello studio idraulico sono integralmente riportati come allegato (Allegato 4) alla presente relazione; le aree derivate di pericolosità e rischio sono state anche integrate alle tavole di corredo alla presente relazione geologica generale, quale ulteriore elemento di analisi utile alla definizione delle classi di sintesi e fattibilità geologica.

## SECONDA PARTE

### FASE DI SINTESI/VALUTAZIONE

#### 12. QUADRO DEI VINCOLI NORMATIVI PRESENTI SUL TERRITORIO

Nella cartografia dei vincoli (cfr. Tavola n. 8 – Carta dei vincoli geologici sovraordinati) si individuano, per tutto il territorio comunale, quelle aree soggette a limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore di contenuto prettamente geologico, con particolare riferimento a:

- Vincoli derivati dalla pianificazione di bacino ai sensi della Legge 183/89;
- Vincoli di polizia idraulica;
- Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile;
- Vincoli derivanti dal P.T.R.;
- Geositi;
- Altro: vincoli derivati dalla pianificazione provinciale.

Il territorio di Villasanta è soggetto a vincoli derivati dalla pianificazione di bacino, di polizia idraulica, di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile e vincoli derivanti dal P.T.C.P. di Monza Brianza.

##### 12.1. Vincoli derivati dalla pianificazione di bacino ai sensi della Legge 183/89

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po (P.A.I.), entrato in vigore l'8 agosto 2001, attraverso le sue disposizioni *“persegue l'obiettivo di garantire al territorio del bacino del fiume Po un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico, attraverso il ripristino degli equilibri idrogeologici e ambientali, il recupero degli ambiti fluviali e del sistema delle acque, la programmazione degli usi del suolo ai fini della difesa, della stabilizzazione e del consolidamento dei terreni, il recupero delle aree fluviali, con particolare attenzione a quelle degradate, anche attraverso usi ricreativi”*.

Esso “ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo, tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d’uso riguardanti l’assetto idraulico e idrogeologico del bacino idrografico”.

In base a questa considerazione ed alle modalità indicate nella Parte 2 dei Criteri di cui alla d.g.r. 30 novembre 2011 – n. IX/2616 (Raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata) sono stati riportati i vincoli riportati nella cartografia P.A.I.; in particolare sul territorio di Villasanta sono presenti:

- fasce fluviali lungo il corso del fiume Lambro (TAVOLA 118040 LAMBRO 07 - I e TAVOLA 096160 LAMBRO 08 - II), in particolare:
  - fascia di deflusso della piena (**Fascia A**), costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente del deflusso della corrente per la piena di riferimento, come definita nell’Allegato 3 “Metodo di delimitazione delle fasce fluviali” al Titolo II delle Nda del P.A.I., ovvero che è costituita dall’insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena;
  - fascia di esondazione (**Fascia B**), esterna alla precedente, costituita dalla porzione di territorio interessata da inondazione al verificarsi della piena di riferimento come definita nell’Allegato 3 al Titolo II sopra richiamato. Il limite di tale fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento, ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento). Il Piano indica con apposito segno grafico, denominato “**limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C**”, le opere idrauliche programmate per la difesa del territorio. Allorchè dette opere saranno realizzate, i confini della Fascia B si intenderanno definiti in conformità al tracciato dell’opera idraulica eseguita e la delibera del Comitato Istituzionale dell’Autorità di bacino di presa d’atto del collaudo dell’opera varrà come variante automatica di Piano.

In Comune di Villasanta in alcuni tratti la Fascia C è delimitata da "un segno grafico indicato come limite di progetto tra la fascia B e la fascia C.

- area di inondazione per piena catastrofica (**Fascia C**), costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quella di riferimento, come definita nell'Allegato 3 al Titolo II sopra richiamato.
- area ad elevato rischio idrogeologico (Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici. All. 4.1 Perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato tav. 073 LOMI), in particolare:
  - Zona B-Pr: aree potenzialmente interessate da inondazioni per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o uguale a 50 anni.

In tale ambito rientra una limitata porzione del territorio comunale, presso la località San Giorgio.

## **12.2. Vincoli di Polizia Idraulica**

Il Comune di Villasanta è dotato di uno studio per l'individuazione del reticolo idrico minore e delle relative fasce di rispetto, redatto, da Bruzzi & Corno Studio Geologico Associato, ai sensi della D.G.R. n. 7/7868 del 25/01/02 e successiva D.G.R. n. 7/13950 del 01/08/2003.

Con determinazione del Responsabile del Settore Urbanistica Edilizia Privata SUAP e Patrimonio n. 564 del 29/12/2015 è stato affidato, a geoSferA, l'incarico di redigere un aggiornamento del predetto studio in adeguamento alla D.G.R. n. X/7581 del 18 dicembre 2017 di aggiornamento alla D.G.R. n. X/4229 del 23/10/2015. Il Documento di Polizia Idraulica è stato valutato favorevolmente da parte dell'UTR competente.

Si ricorda che all'Amministrazione comunale di Villasanta spetta il ruolo di Autorità Idraulica, a cui competono le attività e funzioni di controllo da effettuare, nel rispetto delle Norme di Polizia Idraulica, sugli interventi di gestione e trasformazione del demanio idrico e del suolo in fregio al corpo idrico ai fini della tutela della prevenzione del corso d'acqua stesso e delle sue pertinenze.

La Polizia Idraulica si applica mediante:

- La vigilanza;
- L'accertamento e la contestazione delle violazioni previste in materia;
- Il rilascio di concessioni relative all'utilizzo e all'occupazione dei beni demaniali;
- Il rilascio di nulla-osta idraulico relativo ad opere nella fascia di rispetto.

Il Lambro, come riportato nell'Allegato A alla D.G.R. n. X/7581 del 18 dicembre 2017, appartiene al reticolo idrico principale. Il Lambro rientra anche nell'elenco di cui all'Allegato B (individuazione del reticolo idrico di competenza dell'Agenzia Interregionale del fiume Po, AIPO) della succitata normativa; pertanto AIPO esercita, sul Lambro, il ruolo di Autorità Idraulica ai sensi del R.D. 523/1904 per le sole attività di polizia idraulica di accertamento e contestazione delle violazioni previste in materia, rilascio di nulla-osta idraulici relativi ad opere della fascia di rispetto e pareri di compatibilità idraulica per interventi in aree demaniali. Per le attività di Polizia Idraulica relative al rilascio di concessioni riferite all'utilizzo e all'occupazione dei beni demaniali l'Autorità Idraulica di riferimento è rappresentata da Regione, Consorzi di Bonifica e Comuni in ragione dell'appartenenza del corso d'acqua al proprio reticolo.

### **12.3. Salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile**

Nel territorio comunale sono presenti attualmente otto pozzi utilizzati per l'approvvigionamento idrico potabile (cfr. schede pozzi allegate). Un ulteriore pozzo (152390135), sebbene risulti attivo dai dati del Sistema informativo falda della Provincia di Monza e Brianza, da quanto riferito dall'Amministrazione comunale, risulta ancora inutilizzato all'atto della redazione del presente studio.

Relativamente a questo sistema di pozzi comunali sono state perimetrare delle fasce di protezione ai sensi della D.G.R. 27/06/1996 n. 6/15137.

Zona di tutela assoluta: costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni; ha un'estensione di dieci metri di raggio dal punto di captazione.

Zona di rispetto: costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta; è stata definita con criterio geometrico, estendendosi su una superficie di 200 metri di raggio intorno alla captazione.

Non sono invece state perimetrare le fasce di rispetto di altri 2 pozzi pubblici (152390001 e 152390005) in quanto entrambi in disuso.

#### **12.4. Vincoli derivati dal P.T.R.**

Per quanto riguarda il comune di Villasanta, nel P.T.R. non sono presenti "Obiettivi infrastrutturali prioritari di interesse regionale" legati a infrastrutture per la difesa del suolo.

#### **12.5. Vincoli derivati dalla pianificazione provinciale**

La Tavola 9 del P.T.C.P. di Monza-Brianza individua i principali elementi geomorfologici presenti sul territorio provinciale e i geositi di rilevanza provinciale e regionale. Gli elementi geomorfologici sono distinti in ambiti vallivi dei corsi d'acqua, orli di terrazzo e creste di morena. In tali ambiti gli obiettivi del P.T.C.P. sono di valorizzare i caratteri che connotano il territorio dal punto di vista morfologico, attraverso la conservazione e tutela degli elementi geomorfologici quali parti integranti del paesaggio naturale, concorrendo altresì alla stabilizzazione di potenziali fenomeni di instabilità idrogeologica. Individuare geositi di interesse provinciale o locale.

Nel Comune di Villasanta il P.T.C.P., tra gli elementi geomorfologici, riporta un orlo di terrazzo nella porzione Ovest del territorio comunale, in corrispondenza del limite della valle del Lambro che taglia praticamente da Nord a Sud gran parte del territorio comunale, e l'ambito vallivo del fiume Lambro.

L'andamento di tale terrazzo è stato meglio dettagliato, rispetto a quanto riportato nella Tavola 9 P.T.C.P., mediante specifico rilevamento di terreno alla scala dello strumento urbanistico comunale. Il rilevamento di terreno ha permesso non solo di definire il ciglio del terrazzo ma anche il piede della scarpata verso il fiume Lambro.

In accordo alle disposizioni dell'art. 11 comma 4.b delle Norme di Attuazione del P.T.C.P. è stata definita una fascia di profondità pari a 10 metri a partire dall'orlo di terrazzo verso il ripiano superiore e dal piede della scarpata verso il ripiano inferiore.

La migliore definizione del terrazzo, ciglio e scarpata, ha di conseguenza permesso di delimitare in modo più accurato l'ambito vallivo cartografato nella Tavola 9 del P.T.C.P.

### **13. SINTESI DEGLI ELEMENTI CONOSCITIVI**

La carta di sintesi (cfr. Tavola n. 9 – Carta di sintesi degli elementi conoscitivi) è stata redatta attraverso l’elaborazione di tutti gli elementi individuati nelle precedenti fasi di analisi. L’obiettivo è quello di fornire un quadro riassuntivo dello stato del territorio al fine di procedere a valutazioni diagnostiche ed in particolare, citando i **“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”- d.g.r. 30 novembre 2011 – n. IX/2616**, *“la carta di sintesi deve rappresentare le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che la genera”* e come tale *“deve essere costituita da una serie di poligoni che definiscono porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geologico-geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica omogenee”*.

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 e rappresentativo dello stato del territorio.

Per l’individuazione delle aree omogenee si è inizialmente tenuto conto degli ambiti di pericolosità e vulnerabilità elencati al par. 2.2 della su indicata delibera, adattandoli poi agli specifici ambiti di pericolosità/vulnerabilità riscontrati sul territorio comunale.

Il comune di Villasanta si caratterizza per ambiti di vulnerabilità legati alla dinamica idraulica del Lambro, agli aspetti idrogeologici e ai caratteri geotecnici dei terreni. I diversi ambiti riscontrati risultano sovrapposti, determinando quindi la concomitanza di più fattori limitanti per una stessa porzione di territorio.

#### **13.1. Ambiti di pericolosità e vulnerabilità rinvenuti sul territorio**

In base agli elementi rinvenuti, descritti e cartografati nella fase di analisi, per il territorio di Villasanta sono stati individuati i seguenti ambiti omogenei di pericolosità e vulnerabilità.

##### *13.1.1. Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico*

- Aree ad alta vulnerabilità dell’acquifero superficiale (sigla VA);
- Aree ad elevata vulnerabilità dell’acquifero superficiale (sigla VE);
- Aree a bassa soggiacenza della falda (sigla FAB).

La fascia di territorio lungo il Lambro è caratterizzata, per l'ambito in oggetto, da bassa soggiacenza della falda che porta di conseguenza (unitamente ad altri fattori descritti nella prima parte di analisi) ad una elevata vulnerabilità dell'acquifero superficiale.

La restante porzione del territorio comunale è invece caratterizzato, sempre per l'ambito in oggetto, da una alta vulnerabilità dell'acquifero.

### 13.1.2. Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

La suddivisione delle classi di sintesi di vulnerabilità idraulica ha tenuto conto degli scenari di pericolosità da esondazione, individuati dallo studio idraulico di dettaglio svolto da ALTENE Ingegneri Associati (aprile 2018), relazionati alla specifica fascia fluviale PAI, tenuto conto anche di quanto indicato nella tabella 1bis della D.G.R. IX/2616 del novembre 2011.

- Aree in fascia A PAI, all'esterno dei centri edificati (sigla A);
- Aree a pericolosità molto elevata da esondazione, in fascia A PAI, all'interno dei centri edificati (sigla A\*H4);
- Aree a pericolosità elevata da esondazione, in fascia A PAI, all'interno dei centri edificati (sigla A\*H3);
- Aree in fascia B PAI, all'esterno dei centri edificati (sigla B);
- Aree a pericolosità molto elevata da esondazione, in fascia B PAI, all'esterno dei centri edificati (sigla BH4);
- Aree a pericolosità molto elevata da esondazione, in fascia B PAI, all'interno dei centri edificati (sigla B\*H4);
- Aree a pericolosità elevata da esondazione, in fascia B PAI, all'interno dei centri edificati (sigla B\*H3);
- Aree a pericolosità moderata da esondazione, in fascia B PAI, all'interno dei centri edificati (sigla (B\*H2);
- Aree a pericolosità molto elevata da esondazione, in fascia C PAI (sigla CH4);
- Aree a pericolosità elevata da esondazione, in fascia C PAI (sigla CH3);
- Aree a pericolosità media-moderata da esondazione, in fascia C PAI (sigla CH1H2);
- Aree a pericolosità molto elevata da esondazione, esterne alla fascia C PAI (H4);
- Aree a pericolosità elevata da esondazione, esterne alla fascia C PAI (sigla H3);

- Aree a pericolosità media-moderata da esondazione, esterne alla fascia C PAI (sigla H1H2);
- Aree a pericolosità molto elevata da esondazione, in aree a Rischio Idrogeologico Molto Elevato-Zona B-Pr (sigla RMEH4).

Si precisa che i centri edificati a cui ci si riferisce derivano dalla perimetrazione effettuata nello studio idraulico di dettaglio per la definizione del rischio da esondazione.

Agli ambiti di vulnerabilità idraulica si sovrappongono altri scenari di vulnerabilità, sia idrogeologica sia di natura geotecnica.

### *13.1.3. Aree vulnerabili dal punto di vista geotecnico*

In tale categoria si sintesi sono riportati gli ambiti di vulnerabilità riferiti alle caratteristiche geotecniche dei terreni e a peculiari valutazioni di carattere geologico quali gli occhi pollini.

- Aree a limitate caratteristiche geotecniche (sigla LG);
- Aree a discrete caratteristiche geotecniche (sigla MG);
- Aree con riporti di materiale, aree colmate (sigla AC);
- Aree a molto bassa-nulla suscettività al fenomeno degli occhi pollini (sigla MBS);
- Aree a bassa suscettività al fenomeno degli occhi pollini (sigla BS).

Limitate caratteristiche geotecniche si hanno lungo l'ambito vallivo del Lambro, complici i depositi presenti e la bassa soggiacenza della falda; per la restante parte del territorio comunale le caratteristiche geotecniche risultano invece discrete anche se localmente vengono identificate delle aree per le quali le informazioni reperite indicano la presenza di aree colmate.

A questi ambiti si sovrappongono poi aree a diversa pericolosità (suscettività) al fenomeno degli occhi pollini, così come definite nell'ambito del P.T.C.P. Nell'ambito vallivo del Lambro la suscettività è molto bassa-nulla, mentre nella restante parte del territorio comunale la suscettività è bassa.

## TERZA PARTE

### FASE DI PROPOSTA

#### 14. FATTIBILITA' GEOLOGICA

La Carta di Fattibilità geologica delle azioni di piano (cfr. Tavola n. 10) è l'elaborato che viene desunto dalla Carta di Sintesi e dalle considerazioni tecniche svolte nella fase di analisi, essendo di fatto una carta che fornisce indicazioni circa le limitazioni e destinazioni d'uso del territorio, le prescrizioni per gli interventi urbanistici, gli studi e le indagini necessarie per gli approfondimenti richiesti e gli interventi di ripristino e di mitigazione del rischio reale o potenziale.

Tutte le analisi condotte permettono la definizione di questo elaborato, redatto alla scala 1:5.000, che mediante la valutazione incrociata degli elementi cartografati, individua e formula una proposta di suddivisione dell'ambito territoriale d'interesse in differenti aree, che rappresentano una serie di "classi di fattibilità geologica".

Nella D.G.R. IX/2616 del novembre 2011 viene proposta una classificazione costituita da quattro differenti classi, in ordine alle possibili destinazioni d'uso del territorio; sono zone per le quali sono indicate sia informazioni e cautele generali da adottare per gli interventi, sia gli studi e le indagini di approfondimento eventuali.

In base alle valutazioni effettuate, considerando gli elementi geologici, geomorfologici, idrogeologici ed idraulici riconosciuti, nel territorio di Villasanta sono state individuate le seguenti classi di idoneità all'utilizzazione urbanistica:

<b>Classe 2</b>	Fattibilità con modeste limitazioni
<b>Classe 3</b>	Fattibilità con consistenti limitazioni
<b>Classe 4</b>	Fattibilità con gravi limitazioni

**Si sottolinea che in presenza contemporanea di più fenomeni di pericolosità/vulnerabilità è stato attribuito il valore maggiormente cautelativo di classe di fattibilità; la normativa da applicare allo specifico ambito territoriale dovrà quindi far riferimento alla sussistenza di tutti i fenomeni evidenziati.**

**Si sottolinea inoltre che la suddivisione territoriale in classi di fattibilità, trattandosi di una pianificazione generale, non sopperisce alla necessità di attuare le prescrizioni operative previste da leggi e decreti vigenti, così come l'individuazione di una zona di possibile edificazione deve rispettare la necessità di redigere un progetto rispettoso delle norme di attuazione.**

Alle classi di fattibilità individuate devono essere inoltre sovrapposti gli ambiti soggetti ad amplificazione sismica locale, che non concorrono a definire la classe di fattibilità, ma ai quali è associata una specifica normativa che si concretizza nelle fasi attuative delle previsioni del P.G.T.

#### **14.1. Classe di fattibilità geologica 4 – fattibilità con gravi limitazioni**

In questa classe sono individuati i territori ove l'alto rischio geologico comporta gravi limitazioni per la modifica alla destinazione d'uso del territorio.

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

Appartengono alla classe di fattibilità geologica 4 i seguenti ambiti di pericolosità/vulnerabilità idraulica:

- Aree in fascia A PAI, all'esterno dei centri edificati (sigla A);
- Aree a pericolosità molto elevata da esondazione, in fascia A PAI, all'interno dei centri edificati (sigla A\*H4);
- Aree a pericolosità molto elevata da esondazione, in fascia B PAI, all'esterno dei centri edificati (sigla BH4);
- Aree a pericolosità molto elevata da esondazione, in fascia B PAI, all'interno dei centri edificati (sigla B\*H4);
- Aree a pericolosità molto elevata da esondazione, in fascia C PAI (sigla CH4);
- Aree a pericolosità molto elevata da esondazione, esterne alla fascia C PAI (H4);
- Aree a pericolosità molto elevata da esondazione, in aree a Rischio Idrogeologico Molto Elevato-Zona B-Pr (sigla RMEH4).

#### **14.2. Classe di fattibilità geologica 3 – fattibilità con consistenti limitazioni**

Appartengono alla classe di fattibilità geologica 3 i seguenti ambiti di pericolosità/vulnerabilità idrogeologica, idraulica e geotecnica così come definiti nella sintesi:

- Aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero superficiale (sigla VE);
- Aree a bassa soggiacenza della falda (sigla FAB);
- Aree a limitate caratteristiche geotecniche (sigla LG);
- Aree con riporti di materiale, aree colmate (sigla AC);
- Aree a pericolosità elevata da esondazione, in fascia A PAI, all'interno dei centri edificati (sigla A\*H3);
- Aree in fascia B PAI, all'esterno dei centri edificati (sigla B);
- Aree a pericolosità elevata da esondazione, in fascia B PAI, all'interno dei centri edificati (sigla B\*H3);
- Aree a pericolosità elevata da esondazione, in fascia C PAI (sigla CH3);
- Aree a pericolosità elevata da esondazione, esterne alla fascia C PAI (sigla H3);

#### **14.3. Classe di fattibilità geologica 2 – fattibilità con modeste limitazioni**

Appartengono alla classe di fattibilità geologica 2 i seguenti ambiti di pericolosità/vulnerabilità idrogeologica, idraulica e geotecnica così come definiti nella sintesi:

- Aree ad alta vulnerabilità dell'acquifero superficiale (sigla VA);
- Aree a discrete caratteristiche geotecniche (sigla MG);
- Aree a molto bassa-nulla suscettività al fenomeno degli occhi pollini (sigla MBS);
- Aree a bassa suscettività al fenomeno degli occhi pollini (sigla BS);
- Aree a pericolosità moderata da esondazione, in fascia B PAI, all'interno dei centri edificati (sigla B\*H2);
- Aree a pericolosità media-moderata da esondazione, in fascia C PAI (sigla CH1H2);
- Aree a pericolosità media-moderata da esondazione, esterne alla fascia C PAI (sigla H1H2);

La carta della “fattibilità geologica” rappresenta lo strumento tecnico su cui compiere le scelte progettuali di gestione e destinazione d’uso del territorio, giacché esprime le principali limitazioni alle azioni antropiche. Essa dovrà essere attentamente analizzata, unitamente a tutti gli elaborati di analisi, dal Tecnico estensore del Piano di Governo del Territorio in quanto contiene una rappresentazione della pericolosità del territorio comunale, che assieme alla “normativa geologica” è da inserire nel Documento di Piano e nel Piano delle Regole del P.G.T.

Nell’ambito della scala di classificazione definita nei criteri regionali, il territorio di Villasanta si presenta principalmente caratterizzato da *fattibilità con modeste limitazioni* prettamente di natura geotecnica e idrogeologica che non richiedono indagini o interventi particolari se non la considerazione di eventuali problematiche locali.

Buona parte del territorio lungo l’ambito vallivo del Lambro è invece caratterizzato da *fattibilità con consistenti limitazioni* di natura idrogeologica, idraulica da esondazione del Lambro e geotecnica, che richiedono indagini o interventi particolari.

Problematiche legate alla pericolosità molto elevata da esondazione del Lambro hanno portato anche all’identificazione di aree a *fattibilità gravi limitazioni*.

Si sottolinea e ribadisce che in presenza contemporanea di più fenomeni di pericolosità/vulnerabilità è stato attribuito e cartografato il valore più alto e maggiormente cautelativo di classe di fattibilità geologica; la normativa associata contiene le prescrizioni che considerano la sussistenza di tutti i fenomeni evidenziati.

## 15. CARTA PAI-PGRA

A seguito dell'entrata in vigore della D.G.R. n. X/6738 del 19 giugno 2017, relativa alle “disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza [...]”, si è reso necessario predisporre una carta nella quale sono stati tracciati tutti gli elementi che derivano dal recepimento dei contenuti del PAI e del PGRA, includendo la proposta di modifica a quest'ultimo a seguito dei risultati ottenuti dallo studio idraulico eseguito *ad hoc*, per il tratto di fiume Lambro in Comune di Villasanta.

Gli ambiti riportati nella carta PAI-PGRA del Comune di Villasanta (cfr. Tavola 11) riguardano in particolare:

- Fasce fluviali PAI;
- Aree a rischio idrogeologico molto elevato;
- Aree allagabili sui corsi d'acqua principali (proposta di modifica);
- Aree allagabili sul reticolo di pianura (reticolo naturale);

Gaggiano, febbraio 2019

**GeoSferA**  
Studio Associato di Geologia

Dott. Geol.  
Ferruccio Tomasi

Dott. Geol.  
Andrea Strini