



**COMUNE DI PAVIA**

**DOCUMENTO SEMPLIFICATO DEL RISCHIO IDRAULICO  
COMUNALE**

*Legge Regionale n. 4/2016 e Regolamento Regionale 7/2017 e ss.mm.ii.*

**RELAZIONE TECNICA**

Milano, dicembre 2020



**STUDIO IDROGEOTECNICO S.r.l.  
SOCIETÀ DI INGEGNERIA**

Bastioni di Porta Volta 7 - 20121 Milano  
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40  
e-mail: [stid@fastwebnet.it](mailto:stid@fastwebnet.it)  
[www.stuididrogeotecnico.com](http://www.stuididrogeotecnico.com)



## COMUNE DI PAVIA

# DOCUMENTO SEMPLIFICATO DEL RISCHIO IDRAULICO COMUNALE

*Legge Regionale n. 4/2016 e Regolamento Regionale 7/2017 e ss.mm.ii.*

## RELAZIONE TECNICA

### SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
1.1	CONTENUTI DEL DOCUMENTO SEMPLIFICATO DEL RISCHIO IDRAULICO COMUNALE (REGOLAMENTO REGIONALE N. 7/2017 E SS.MM.II.: ART.14, COMMA 8) .....	3
<b>2</b>	<b>CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE ED IDRAULICHE ALLA SCALA COMUNALE</b>	<b>5</b>
2.1	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO E PEDOLOGICO .....	5
2.2	IDROGEOLOGIA .....	15
2.2.1	Caratteri piezometrici locali .....	21
2.3	DESCRIZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO .....	22
<b>3</b>	<b>STATO ATTUALE DEL RISCHIO IDRAULICO E IDROLOGICO</b>	<b>26</b>
3.1	INQUADRAMENTO IDROLOGICO .....	26
3.2	AMBITO TERRITORIALE .....	28
3.3	RISCHIO IDRAULICO .....	30
3.4	STUDI IDRAULICI SULLA RETE IDROGRAFICA .....	36
3.4.1	Risultati delle simulazioni e individuazione delle aree esondabili .....	37
3.4.2	Zonazione della pericolosità e del rischio .....	41
3.5	RETICOLO FOGNARIO .....	42

3.6	ANALISI DELLE PROBLEMATICHE IDRAULICHE A SCALA COMUNALE .....	43
3.6.1	Criticità del reticolo fognario .....	43
3.6.2	Allagamenti segnalati .....	43
3.6.3	Descrizione delle criticità .....	49
3.6.4	Valutazioni in merito al rispetto del principio di invarianza idraulica .....	49
3.6.4.1	Misure di invarianza idraulica per i piani attuativi.....	52
<b>4</b>	<b>INDIVIDUAZIONE DELLE MISURE STRUTTURALI DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA</b>	<b>55</b>
4.1	CRITERI DI DEFINIZIONE DELLE MISURE.....	55
<b>5</b>	<b>INDIVIDUAZIONE DELLE MISURE NON STRUTTURALI</b>	<b>59</b>
5.1	PRINCIPALI TIPOLOGIE DI INTERVENTI NON STRUTTURALI .....	59
5.1.1	Comunicazione del rischio ai cittadini e pratiche di autoprotezione .....	59
5.1.2	Coinvolgimento delle comunità locali: iniziative di Citizen Science.....	60
5.1.3	Sistemi di monitoraggio ed allerta .....	62
5.1.4	Piani e studi di approfondimento .....	62
5.1.5	Indicazioni e prescrizioni da inserire nel PGT o nel Regolamento Edilizio .....	63
5.1.6	Difese temporanee.....	63
<b>5.1.7</b>	<b>Segnaletica e pannelli a messaggio variabile .....</b>	<b>67</b>
5.2	MISURE NON STRUTTURALI INDIVIDUATE.....	68

#### ALLEGATI

Allegato 1: Estratto Schede della Banca Dati Suoli LOSAN di ERSAF Regione Lombardia

#### TAVOLE

Tav. 1 - Sintesi delle caratteristiche idrogeologiche e di vulnerabilità del territorio – scala 1:5.000

Tav. 2 - Criticità rilevate ed interventi proposti - scala 1:5.000

Con la collaborazione di



ENGINEERING Srl

## 1 PREMESSA

L'Amministrazione Comunale di Pavia (PV) ha affidato allo Studio Idrogeotecnico Srl - Società di Ingegneria, l'incarico per la redazione del "Documento semplificato del rischio idraulico comunale" ai sensi della L.R. n. 4 del 15.03.2016 "*Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua*" e dell'art. 14 comma 1 del R.R. n. 7 del 23.11.2017 "*Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)*" e ss.mm.ii. (R.R. 29 giugno 2018, n. 7 e R.R. 19 aprile 2019, n. 8).

Il "Documento semplificato del rischio idraulico comunale", nelle more della redazione dello "Studio comunale di gestione del rischio idraulico" per i comuni ricadenti nelle aree ad alta (area A) e media (area B, quale il comune di Pavia) criticità idraulica, ai sensi dell'art. 14, comma 1 del r.r. n. 7/2017 e ss.mm.ii. deve essere approvato con atto del consiglio comunale.

### 1.1 CONTENUTI DEL DOCUMENTO SEMPLIFICATO DEL RISCHIO IDRAULICO COMUNALE (REGOLAMENTO REGIONALE N. 7/2017 E SS.MM.II.: ART.14, COMMA 8)

L'articolo 14 del R.R. n. 7 del 23 novembre 2017 - Modalità di integrazione tra pianificazione urbanistica comunale e previsioni del piano d'ambito, al fine del conseguimento degli obiettivi di invarianza idraulica e idrologica, prevede che:

*"Il documento semplificato del rischio idraulico comunale contiene la determinazione semplificata delle condizioni di pericolosità idraulica che, associata a vulnerabilità ed esposizione al rischio, individua le situazioni di rischio, sulle quali individuare le misure strutturali e non strutturali. In particolare:*

*a) il documento semplificato contiene:*

- 1 la delimitazione delle aree a pericolosità idraulica del territorio comunale, di cui al comma 7, lettera a), numeri 3 e 4, definibili in base agli atti pianificatori esistenti, alle documentazioni storiche e alle conoscenze locali anche del gestore del servizio idrico integrato;*
- 2 l'indicazione, comprensiva di definizione delle dimensioni di massima, delle misure strutturali di invarianza idraulica e idrologica, sia per la parte già urbanizzata del territorio che per gli ambiti di nuova trasformazione, e l'individuazione delle aree da riservare per le stesse;*
- 3 l'indicazione delle misure non strutturali ai fini dell'attuazione delle politiche di invarianza idraulica e idrologica a scala comunale, quale l'incentivazione dell'estensione delle misure di invarianza idraulica e idrologica anche sul tessuto edilizio esistente, nonché delle misure non strutturali atte al controllo e possibilmente alla riduzione delle condizioni di rischio, quali le misure di protezione civile e le difese passive attivabili in tempo reale;*

*3bis) l'individuazione delle porzioni del territorio comunale non adatte o poco adatte all'infiltrazione delle acque pluviali nel suolo e negli strati superficiali del sottosuolo, quali aree caratterizzate da falda subaffiorante, aree con terreni a bassa permeabilità, zone instabili o potenzialmente instabili, zone suscettibili alla formazione, all'ampliamento o al collasso di cavità sotterranee, quali gli occhi pollini, aree caratterizzate da alta vulnerabilità della falda acquifera, aree con terreni contaminati;*

*b) le misure strutturali di cui alla lettera a), numero 2, sono individuate dal comune con l'eventuale collaborazione del gestore del servizio idrico integrato;*

*c) le misure non strutturali di cui alla lettera a), numero 3, sono individuate dal comune e devono essere recepite negli strumenti comunali di competenza, quali i piani di emergenza comunale.*

## **2 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE ED IDRAULICHE ALLA SCALA COMUNALE**

### **2.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO E PEDOLOGICO**

Il territorio comunale di Pavia si posiziona nel contesto morfologico della bassa pianura a meandri, a fisionomia piatta e monotona, interrotta a sud, attraverso un sistema di terrazzi fluviali che contribuiscono complessivamente a rendere la morfologia più articolata, dalle piane alluvionali dei grandi corsi d'acqua, il Fiume Ticino e il Fiume Po, con caratteristiche geologiche e geomorfologiche ben distinte.

Di estensione pari a circa 62,8 km<sup>2</sup>, esso confina a Nord con i comuni di Marcignago, Certosa di Pavia, Borgarello, San Genesio ed Uniti, Sant'Alessio con Vialone, a sud con San Martino Siccomario e Travacò Siccomario, a Ovest con Torre d'Isola Carbonara al Ticino e a est con Cura Carpignano e Valle Salimbene. Il nucleo urbanizzato è situato nella porzione centro-meridionale del territorio comunale.

L'ambito della pianura (noto anche come "Livello Fondamentale della Pianura", termine ora superato), su cui insiste gran parte della città di Pavia, occupa il ripiano superiore ed è caratterizzato da una superficie topografica prevalentemente pianeggiante di età pleistocenica-olocenica, nata dall'aggradazione di più superfici minori costituite dalle porzioni distali delle alluvioni fluvioglaciali e delle conoidi fluviali. I sedimenti sono prevalentemente sabbiosi con intercalazioni di livelli fini limosi e limoso-sabbiosi.

L'ambito dei grandi corsi d'acqua è caratterizzato dalla presenza dei Fiumi Ticino e Po che scorrono in due grandi valli fluviali a "U" con fondo piatto e largo, le cui dimensioni sono variabili in funzione dell'andamento meandriforme maturo assunto dai citati fiumi, delimitate da vari ordini di scarpate/terrazzi di erosione fluviale di età olocenica. I sedimenti sono in genere più grossolani, variando da ghiaie grossolane a sabbie medie e a limi, talvolta torbe, nelle aree di meandro abbandonato.

In territorio di Pavia, l'alveo del F. Ticino scorre da NW verso SE ai piedi dei terrazzi sui quali sorge la città, in un solco vallivo a fondo piatto, come precedentemente riportato (tipica "valle a cassetta"), di larghezza di circa 7 km, lateralmente delimitata da due ordini di scarpate con dislivello complessivo di oltre 20 m, che, spesso, presentano andamento planimetrico "falcato", conseguenza del tracciato meandriforme che caratterizzava il Ticino nel momento in cui, abbassando il proprio alveo, le incideva.

Sull'ampio e piatto fondo della valle del Ticino sono ben visibili le tracce dei più recenti fenomeni di divagazione del fiume, che trovano il loro più diretto riscontro nell'andamento meandreggiante del corso d'acqua.

Entro il territorio comunale di Pavia ricade il solo versante settentrionale (ovvero sinistro) della valle del F. Ticino con una morfologia relativamente complessa; esso infatti risulta caratterizzato dalla presenza di un ripiano intermedio, localizzato tra quello superiore e il fondovalle vero e proprio. Questi tre ripiani risultano separati (in sinistra Ticino) da due nette ed alte scarpate, generate dalla naturale azione morfogenetica connessa alla dinamica fluviale ticinese.

Queste scarpate (e i tratti di ripiani immediatamente retrostanti) risultano a loro volta interessate dalla presenza di vallecole minori, scavate dagli affluenti del Ticino: le più

significative tra tali vallecicole sono quelle che fanno capo alla Roggia Vernavola e al Navigliaccio.

A sud dell'alveo attivo del F. Ticino, l'area in esame non comprende la scarpata opposta (Cava Manara) in quanto esterna al limite comunale, ma si limita al fondo della valle, per buona parte protetto dalle piene del Ticino mediante un relativamente imponente sistema di arginature artificiali (argine maestro, argine golenale).

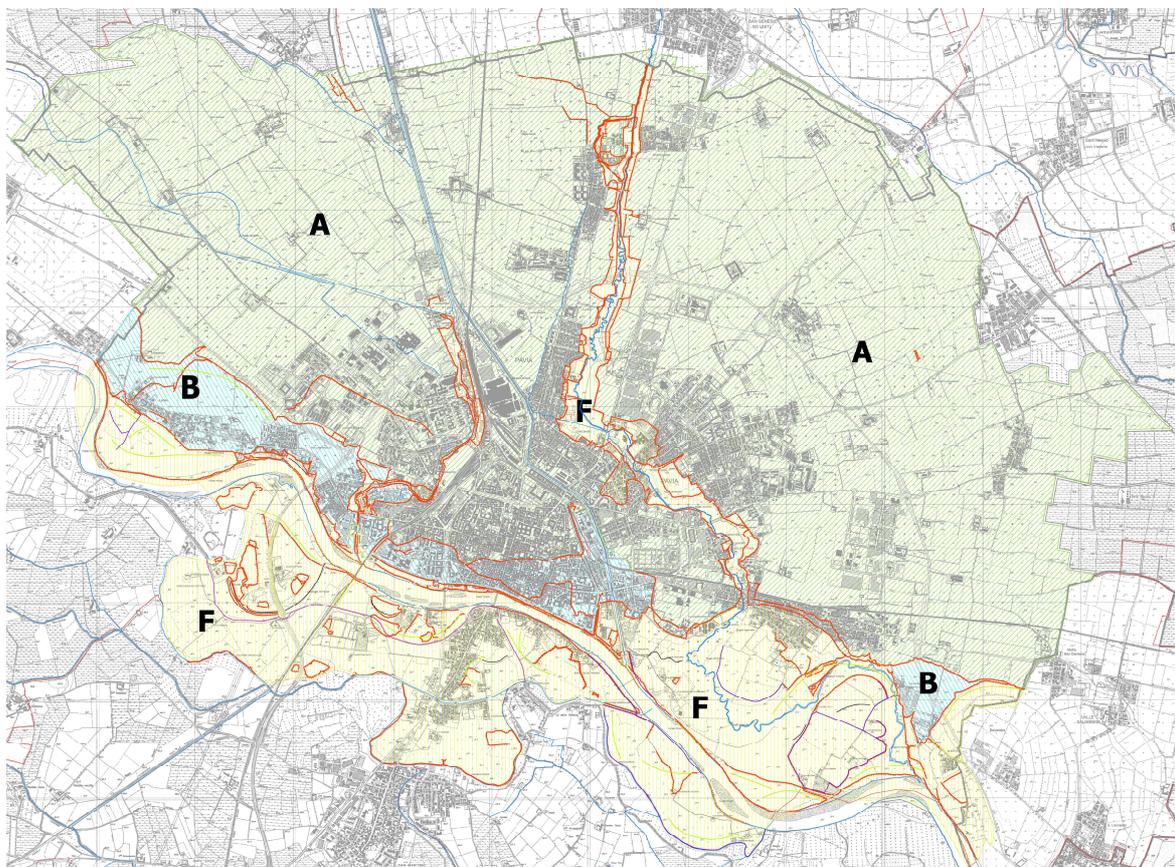
Numerosi affioramenti areali della locale falda idrica sotterranea, sia naturali (lanche), sia artificiali (vecchie fosse di cava), caratterizzano il ripiano inferiore della "valle", dove la falda stessa è idrogeologicamente e direttamente collegata alle acque di alveo e di subalveo del fiume. Numerose sorgenti sono dislocate lungo le scarpate delimitanti la "valle" stessa, alimentate da falde idriche "sospese" rispetto al fondovalle e collocate all'interno di acquiferi contenuti nei ripiani superiori.

Sia i ripiani superiori che quello inferiore, a prescindere dalle aree urbanizzate, sono intensamente coltivati a seminativi irrigui (riso, mais, ecc.) e pioppeti; il ripiano intermedio era interessato nel recente passato dalla presenza di alcune marcite, oramai residue.

Dal punto di vista geologico, il territorio di Pavia è costituito dalla presenza delle seguenti tre unità geomorfologiche e geolitologiche, elencate dalla più antica alla più recente:

- **Terrazzo superiore** (*Pleistocene Superiore* - Fluvioglaciale e Fluviale Würm);
- **Terrazzo inferiore** (*Olocene* – Alluvium Antico);
- **Ambiti Fluviali** (*Olocene Superiore*).

In Figura 2.1 è riportato un estratto della Tavola 1 di inquadramento geologico e geomorfologico della componente geologica.



	UNITA' GEOMORFOLOGICHE	CARATTERI LITOLOGICI
<b>A</b>	<p><b>Terrazzo superiore</b> (Elstazione Superiore - Fluvio-glaciale e Fluviale Würm)</p> <p>Depositi alluvionali antichi costituenti l'ambito di pianura, sovraneato di circa 10-24 m rispetto al fondovalle del F. Ticino, interessato da un fitto reticolo idrografico artificiale (canali, fosse e rogge)</p>	<p>Sabbie, con sporadiche intercalazioni di ghiaietto e con orizzonti limoso-argillosi. La successione risulta parzialmente alterata (ferrettizzata) nella porzione superiore. Sono ricoperti da suoli alluvionali limosi e limoso-sabbiosi, localmente dotati di abbondante schlieri sabbiose e talora ghiaioso, generalmente superiori ai 50 cm.</p>
<b>B</b>	<p><b>Terrazzo inferiore</b> (Clocene - Alluvium Antico)</p> <p>Depositi alluvionali antichi costituenti l'ambito terrazzato intermedio a morfologia pianeggiante o ondulata, in posizione intermedia tra il fondovalle del F. Ticino e l'ambito di pianura e separato da essi da evidenti orli di terrazzo morfologico con dislivelli rispettivamente di 8-16 m e 2-8 m</p>	<p>Sabbie e ghiaie con locale presenza di lenti torbose, ricoperta da suoli alluvionali limosi e limoso-sabbiosi, idromorfi, di spessore generalmente ridotto (50 cm ca.).</p>
<b>F</b>	<p><b>Ambiti fluviali</b> (Clocene)</p> <p>Depositi alluvionali recenti ed attuali del F. Ticino e dei corsi d'acqua secondari (Navigliaccio e Roggia Verre vola). Rane fluviali a dinamica prevalentemente deposizionale, in parte inondabili (aree golenali). In ambito Ticino morfologie legate a fenomeni di digassazione del fiume (lanche, zone umide).</p>	<p>Sabbie e ghiaie con locale presenza di lenti torbose, ricoperta da suoli alluvionali limosi e limoso-sabbiosi, idromorfi, di spessore generalmente ridotto (50 cm ca.).</p>

-  Idrografia
-  Alveo abbandonato
-  Argine golenale
-  Scarpata principale
-  Lanche
-  Sponda in erosione
-  Rilevato stradale

Figura 2.1 - Inquadramento geologico e geomorfologico

Di ciascuna unità geomorfologica, di seguito si riporta una scheda con la descrizione delle caratteristiche litologiche, pedologiche, di drenaggio e di vulnerabilità dell'acquifero, mentre in Tavola 1 del presente documento vengono indicate le principali caratteristiche idrogeologiche e di vulnerabilità del territorio.

### **UNITA' DEL TERRAZZO SUPERIORE (A)**

*(Pleistocene superiore - Fluvioglaciale e Fluviale Würm)*

#### **LITOLOGIA, RAPPORTI STRATIGRAFICI E AREA DI AFFIORAMENTO**

Ambito di pianura, sopraelevato di circa 10-25 m rispetto al fondovalle del fiume Ticino, interessato da un fitto reticolo artificiale (canali, fosse e rogge). Sono presenti depositi di natura alluvionale/fluvioglaciale antichi ("Livello Fondamentale della Pianura"), litologicamente caratterizzati da sabbie, con sporadiche intercalazioni di ghiaietto e con orizzonti limoso-argillosi. La successione risulta parzialmente alterata (ferrettizzata) nella porzione superiore. Sono ricoperti da suoli alluvionali limosi e limoso-sabbiosi, localmente dotati di abbondante scheletro sabbioso e talora ghiaioso, generalmente superiori ai 50 cm.

#### **PEDOLOGIA**

Dal punto di vista pedologico (fonte dati: Carta pedologica 50K della Regione Lombardia, disponibile nel Geoportale della Regione Lombardia), il territorio di Pavia è interessato dalla presenza dei seguenti sistemi:

- Sistema L: piana proglaciale würmiana ("Livello Fondamentale della Pianura"), esterna alle cerche costruite dalle morene frontali;
- Sistema V: Valli fluviali corrispondenti ai piani di divagazione, attivi o fossili, dei corsi d'acqua dell'attuale reticolo idrografico (Olocene).

All'interno di tali sistemi, per la zona di Pavia in corrispondenza delle aree del terrazzo superiore, si individua il seguente sottosistema, che a sua volta comprende diverse unità di paesaggio:

- Sottosistema LS: settore distale della piana proglaciale, inciso da un reticolo idrografico permanente di tipo meandriforme. Presenta superfici stabili, costituite da sedimenti di origine fluviale a granulometria medio-fine. Costituisce il tratto più meridionale della piana würmiana, detta anche bassa pianura sabbiosa.

- ✓ Unità di paesaggio LS1: superfici stabili, a morfologia pianeggiante o leggermente ondulata. Costituiscono il piano di base (superficie modale) della bassa pianura sabbiosa e sono situate in posizione intermedia tra le superfici in rilievo (dossi) e le aree depresse (conche e paleoalvei). Comprendono anche le superfici pianeggianti, marginali e lievemente ribassate rispetto al piano di base, ubicate in posizione limitrofe ai principali solchi vallivi che si suppone siano state create da antiche divagazioni fluviali.

All'interno di questa unità di paesaggio, in territorio di Pavia sono presenti l'unità cartografica "445 AGO2", l'unità cartografica "436 ISS1" e l'unità cartografica "439 VAC1" i cui suoli caratteristici sono descritti nelle schede della Banca Dati Suoli

LOSAN di ERSAF - Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste - Regione Lombardia, riportate in Allegato 1. In Figura 2.2 è visibile la loro distribuzione areale.

- ✓ Unità di paesaggio LS2: Superfici in rilievo sul piano di base, comprendono: 1) Dossi isolati a debole convessità ed ampio raggio di curvatura, ubicati al centro della pianura e dolcemente raccordati con il piano di base; 2) Dossi allungati ubicati al bordo delle scarpate che delimitano le principali incisioni fluviali, sia attive che fossili.

All'interno di questa unità di paesaggio, in territorio di Pavia è presente l'unità cartografica "450 PES1" (cfr. Allegato 1).

- ✓ Unità di paesaggio LS3: Aree morfologicamente depresse rispetto al piano di base, al quale sono raccordate a volte mediante lievi scarpate; comprendono: 1) depressioni chiuse di forma subcircolare a drenaggio mediocre o lento, con problemi di smaltimento esterno delle acque, talora con evidenze di fossi scolanti e baulature dei campi; 2) paleoalvei (talvolta sovradimensionati rispetto all'attività dei corsi d'acqua attuali). Individuano superfici situate a quota minore rispetto al piano di base.

All'interno di questa unità di paesaggio, in territorio di Pavia sono presenti le unità cartografiche "452 VAT1" e "457 PCH1" (cfr. Allegato 1).



Figura 2.2 – Unità tipologiche di suolo

## PERMEABILITÀ E DRENAGGIO

Drenaggio delle acque mediocri, talvolta moderatamente rapido in superficie (settore occidentale dell'ambito del terrazzo superiore nella zona di passaggio con l'ambito del terrazzo inferiore), buono in profondità. Possibile presenza di orizzonti saturi nel primo sottosuolo.

Permeabilità moderata, localmente moderatamente elevata.

## INDAGINI GEOGNOSTICHE

ID	Argomento indagine	Data	Committente	Località	Autore	Indagini geognostiche (numeri/tipo)	Stratigrafia	
							prof. (m)	Litologia
N105	Realizzazione di nuovo impianto di cogenerazione	nov-17	Comune di Pavia	Via Emilia 21	ABC Studio di geologia associato Gamalero (AL)	2 prove penetrometriche dinamiche, 1 MASW	0.0-0.5	Riporto costituito da materiale grossolano rimaneggiato, con caratteristiche non omogenee
							0.5-5.0	Terreni di natura sabbiosa (da fine a media), debolmente limosi, mediamente addensati. Nspt compreso tra 6 e 13, con un sub-orizzonte tra 1.1 e 1.5 m da p.c. costituito da sabbie medio fini debolmente limose sciolte (3<Nspt<4)
N106	Allestimento laboratori per prove strutturali dinamiche	set-13	Eucentre	Via Ferrata	Ecogis studio geologico associato San Martino Siccomario (PV)	1 sismica cross-hole	0-7.0/8.0	Sabbia medio grossolana debolmente limosa
							7.0/8.0-11.0	Alternanza di livelli limoso argillosi e limoso sabbiosi
							11.0-15.0	Sabbia medio grossolana debolmente limosa
							15.0-25.0	Sabbia medio grossolana con locali livelli limoso argillosi tra 15-16 e tra 19.5-20.5 m
N111	Installazione impianto di cogenerazione	nov-17	Istituti clinici scientifici Maugeri	Via Maugeri	Dott. Gianluca Nascimben e San Martino Siccomario (PV)	1 MASW	0.6-8.0/10.0	Sabbia limosa localmente ghiaiosa a medio-basso grado di addensamento
							8.0/10.0-10.0/12.0	Sabbie fini localmente molto sciolte
							10.0/12.0-13.5/15.8	Limo localmente argilloso
							13.5/15.8 a oltre 25.0	Sabbia
N112	Progetto di housing sociale	lug-16	Seminario vescovile di Pavia	Via Montesanto 2	Dott. Filippo Rizzo Pavia (PV)	2 prove penetrometriche e 1 MASW	0.0-3.0/4.0	Sabbia da poco a mediamente compatta anche debolmente limosa
							3.0/4.0-9.0	Sabbia da mediamente a ben addensata anche con ghiaia
N113	Costruzione di nuovi edifici residenziali	dic-16	Filedil srl	Via Moruzzi	Dott. Filippo Rizzo Pavia (PV)	9 prove penetrometriche statiche e 1 MASW	0.0-3.0/4.5	Sabbia mediamente compatta con rara ghiaia
							3.0/4.5-5.5/6.5	Limo sabbioso passante a sabbia limosa
							5.5/6.5-10.0/12.0	Sabbia da mediamente a ben addensata anche con ghiaia

N115	Realizzazione di nuove strutture	mar-17	Riso Scotti	Viale Lodi	Geolambda	4 prove penetrometriche statiche e 1 MASW	0.0-2.0/2.2	Riporto costituito da terreno granulare a matrice sabbiosa piuttosto disomogeneo, da poco a mediamente addensato
							2.0/2.2-4.0	Deposito a geometria lenticolare di natura sabbioso-limoso
							4.0-8.0/12.0	Deposito sabbioso poco addensato con orizzonti limosi. Tra 7.5 e 10.5 m locale presenza di un deposito limoso-sabbioso
							Oltre 8.0/12.0	Deposito sabbioso mediamente addensato
N117	Realizzazione di nuovo edificio terziario commerciale	lug-18	Seavision srl	Via Treves 11 - B	Dott. Michele Suardi Lardirago (PV)	3 sondaggi, 5 prove penetrometriche, 1 HVSR	0.0-4.0/7.0	Livello ghiaioso con ciottoli (depositi fluvioglaciali sabbiosi), con basso grado di addensamento
							4.0/7.0-11.0	Depositi fluvioglaciali costituiti da sabbie medio grossolane, sature da 8/8.5 m di profondità
N118	Realizzazione di un capannone commerciale	feb-17	Mondobrico srl	Via Vigentina	Dott. Filippo Rizzo Pavia (PV)	6 prove penetrometriche dinamiche e 1 MASW	0.0-0.5/1.0	Terreno eterogeneo di risulta
							0.5/1.0-5.0/6.0	Terreno sabbioso, localmente limoso, da poco a mediamente addensato
							5.0/6.0-10.0	Terreno sabbioso, localmente limoso-ghiaioso, da mediamente a ben addensato
							10.0-13.0	Terreno sabbioso, con ghiaia, ben addensato

### **VULNERABILITÀ DELL'ACQUIFERO**

Acquifero multistrato in corrispondenza dei depositi alluvionali antichi del ripiano terrazzato intermedio e dell'ambito di pianura, con carattere localmente sospeso ("falda superficiale"), sostenuto da depositi limoso-argillosi superficiali discontinui. Soggiacenza da <5 m a 17-20 m e grado di vulnerabilità elevato.

### **UNITA' DEL TERRAZZO INFERIORE (B)**

(Olocene – Alluvium Antico)

### **LITOLOGIA, RAPPORTI STRATIGRAFICI E AREA DI AFFIORAMENTO**

Ambito terrazzato a morfologia pianeggiante o ondulata, in posizione intermedia tra il fondovalle del F. Ticino e l'ambito di pianura e separato da essi da evidenti orli di terrazzo morfologico con dislivelli rispettivamente di 2-8 m e 8-16 m. Sono presenti depositi di natura alluvionale/fluvioglaciale antichi ("Livello Fondamentale della Pianura"), litologicamente caratterizzati da sabbie, con sporadiche intercalazioni di ghiaietto e con orizzonti limoso-argillosi. La successione risulta parzialmente alterata (ferrettizzata) nella porzione superiore. Sono ricoperti da suoli alluvionali limosi e limoso-sabbiosi, localmente dotati di abbondante scheletro sabbioso e talora ghiaioso, generalmente superiori ai 50 cm.

## PEDOLOGIA

Dal punto di vista pedologico (fonte dati: Carta pedologica 50K della Regione Lombardia, disponibile nel Geoportale della Regione Lombardia), in corrispondenza delle aree del terrazzo superiore, si individuano il Sistema V e il sottosistema VN: superfici terrazzate delimitate da scarpate d'erosione e variamente rilevate sulle piane fluviali attuali. Testimoniano antiche piane fluviali riconducibili a precedenti cicli di erosione e sedimentazione.

Il sottosistema VN a sua volta comprende l'unità di paesaggio VN1: terrazzi fluviali a morfologia pianeggiante o ondulata, delimitati da scarpate, talvolta lievemente incisi da conche e paleoalvei. Rispetto al corso d'acqua attuale occupano posizioni la cui altimetria è proporzionale all'età; generalmente non mostrano consistenti problemi di idromorfia ma il loro drenaggio naturale può essere condizionato, nei terrazzi bassi o intermedi, dal deflusso di acque provenienti da superfici più rilevate. Comprendono le superfici di raccordo al sovrastante LFdP e alla sottostante piana inondabile e le scarpate di terrazzi, sovente modellate dall'intervento antropico.

All'interno di questa unità di paesaggio, in territorio di Pavia sono presenti l'unità cartografica "100 CFV1" e l'unità cartografica "102 BLL1", i cui suoli caratteristici sono descritti nelle schede della Banca Dati Suoli LOSAN di ERSAF - Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste - Regione Lombardia, riportate in Allegato 1. In Figura 2.2 è visibile la loro distribuzione areale.

## PERMEABILITÀ E DRENAGGIO

Drenaggio delle acque buono sia in superficie che in profondità.

Permeabilità moderatamente elevata.

## INDAGINI GEOGNOSTICHE

ID	Argomento indagine	Data	Committente	Località	Autore	Indagini geognostiche (numeri/tipo)	Stratigrafia	
							prof. (m)	litologia
N108	Realizzazione di sei ville unifamiliari	giu-16	Immobiliare Zuma srl	Via Grandi Chiozzo	Dott. Filippo Pezzotti geologo Breno (BS)	4 penetrometriche dinamiche, 1 MASW	0.0-10.2	Litologie sabbiose a comportamento reologico prevalentemente di tipo incoerente
N110	Realizzazione di palazzina civile	mar-17	Sig. Davide Milanese	Via Labriola	Dott. Gazzaniga a Massimiliano Voghera (PV)	2 penetrometriche dinamiche	0.0-0.2	Terreno vegetale
							0.2-fine prova	Intervalli di sabbie compatte e ghiaie fini
N114	Consolidamento della scuola dell'infanzia	set-16	Comune di Pavia	Via san Giovanni	Geosertecnica	1 prova penetrometrica statica, un	0.0-6.8	Riporto costituito da sabbia media e fine, localmente ghiaioso-limosa con presenza di laterizi a partire da 3.7

	Santa Teresa		Bosco	ambientale Pavia (PV)	sondaggio carotaggio continuo, 5 spt in foro, posa di un piezometro, 1 MASW	6.8-11.70	Sabbie medie e fini limose con locali intervalli limoso sabbiosi. Intercalati livelli fini tra 6.8 e 7.2 e tra 8.55 e 9.45 (torba)
						11.7-15.0	Orizzonte con migliori caratteristiche geotecniche rispetto ai precedenti

### **VULNERABILITÀ DELL'ACQUIFERO**

Acquifero di tipo libero ("falda principale") in materiale alluvionale privo di copertura superficiale o con locale copertura limosa di ridotto spessore, in diretta connessione con le acque di alveo e subalveo del F. Ticino, in corrispondenza dei depositi recenti ed attuali dell'ambito fluviale. Soggiacenza prossima al piano campagna e grado di vulnerabilità estremamente elevato.

### **UNITA' DEGLI AMBITI FLUVIALI (F)**

(*Olocene superiore*)

### **LITOLOGIA, RAPPORTI STRATIGRAFICI E AREA DI AFFIORAMENTO**

Ambiti fluviali del F. Ticino e dei corsi d'acqua secondari (Navigliaccio e Roggia Vernavola), comprensivi degli alvei attivi e delle piane fluviali ad essi direttamente correlate in parte inondabili (aree golenali). Morfologia legata alla dinamica fluviale con presenza di meandri abbandonati, lanche, zone umide. Sono presenti depositi recenti ed attuali, litologicamente costituiti da sabbie e ghiaie con locale presenza di lenti torbose, ricoperte da suoli alluvionali limosi e limoso-sabbiosi, idromorfi, di spessore generalmente ridotto (50 cm circa).

### **PEDOLOGIA**

Dal punto di vista pedologico (fonte dati: Carta pedologica 50K della Regione Lombardia, disponibile nel Geoportale della Regione Lombardia), in corrispondenza delle aree degli ambiti fluviali, si individuano il Sistema V e il sottosistema VI: Piane fluviali a dinamica prevalentemente deposizionale, in parte inondabili, costituite da sedimenti recenti o attuali.

Il sottosistema VI a sua volta comprende le seguenti unità di paesaggio:

- ✓ VI1: superfici costituite dai depositi di migrazione laterale, tracimazione e rotta fluviale degli argini naturali prossimali, attivi e abbandonati. Hanno morfologia a festone o semicerchio (migrazione laterale), di dosso allungato (tracimazione) o di ventaglio (rotte) e sono poco rilevati e dolcemente raccordati alle superfici adiacenti.

All'interno di questa unità di paesaggio, in territorio di Pavia è presente l'unità cartografica "50 VRR1", i cui suoli caratteristici sono descritti nelle schede della Banca Dati Suoli LOSAN di ERSAF - Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste - Regione Lombardia, riportate in Allegato 1. In Figura 2.2 è visibile la loro distribuzione areale.

- ✓ VI2: superfici subpianeggianti costituite dai depositi di argine naturale distale, ubicate in posizione intermedia tra gli argini prossimali ("dossi fluviali") e i bacini

interfluviali (depressioni o "valli"). Rappresentano le aree in cui le acque di esondazione delle piene fluviali depositano il carico di fondo più fine e quello sospeso più grossolano.

All'interno di questa unità di paesaggio, in territorio di Pavia è presente l'unità cartografica "52 LEM1", i cui suoli caratteristici sono descritti nelle schede della Banca Dati Suoli LOSAN di ERSAF - Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste - Regione Lombardia, riportate in Allegato 1.

- ✓ VI4: superfici adiacenti ai corsi d'acqua, inondabili durante gli eventi di piena ordinaria (r.i. da moderato a più elevato) a meno di protezioni (argini) artificiali. Comprendono il letto di piena dei corsi d'acqua a canali intrecciati ed intravallivi, isole fluviali ed aree golenali

All'interno di questa unità di paesaggio, in territorio di Pavia sono presenti le unità cartografiche "109 BSG1" e "58 ISN17GER1", i cui suoli caratteristici sono descritti nelle schede della Banca Dati Suoli LOSAN di ERSAF - Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste - Regione Lombardia, riportate in Allegato 1.

- ✓ VI6: superfici a morfologia pianeggiante, situate alla stessa quota del corso d'acqua o poco in rilievo, inondabili durante le piene di maggiore consistenza (r.i. assente o lieve). Sono presenti nel tratto medio-superiore dei corsi d'acqua e nelle piane montane, in posizione intermedia fra la piana fluviale terrazzata e le aree più inondabili limitrofe ai corsi d'acqua.

All'interno di questa unità di paesaggio, in territorio di Pavia sono presenti le unità cartografiche "114 SLD1", "116 MDE1", "117 MAD1" e "467 VIL1", i cui suoli caratteristici sono descritti nelle schede della Banca Dati Suoli LOSAN di ERSAF - Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste - Regione Lombardia, riportate in Allegato 1.

### PERMEABILITÀ E DRENAGGIO

Drenaggio delle acque generalmente buono, localmente rapido in corrispondenza delle aree dei corsi d'acqua e nelle aree ad essi limitrofe. Drenaggio mediocre o lento nelle aree distali di deposizione dei materiali alluvionali più fini. Presenza di orizzonti saturi nel primo sottosuolo.

Permeabilità da moderata a moderatamente elevata, localmente elevata.

### INDAGINI GEOGNOSTICHE

ID	Argomento indagine	Data	Committente	Località	Autore	Indagini geognostiche (numeri/tipo)	Stratigrafia	
							prof. (m)	Litologia
N102	Recupero di edifici esistenti da destinare ad agriturismo	nov-14	Cascina Acquanegra di Flacio Rivka e Dominik	Acquanegra	Dott. Geol Zorzoli Francesco	2 penetrometriche dinamiche dpsh	0.0-4.6/4.8	sabbie fini debolmente limose a media consistenza, con intercalazioni di sabbie e limi a bassa consistenza, originati da depositi fluviali a bassa energia
							4.6/4.8-5.6	Sabbia a grana media a buona consistenza
							5.6-f.p.	Orizzonte ghiaioso ad alta consistenza

N103	Caratterizzazione geotecnica terreni area ex Landini	ott-08	CACIP srl	Via dei Mille	Studio di geologia Dott. Guglielmo Confortola Bormio (SO)	10 prove penetrometriche dinamiche dphs	0.0-0.9/1.5	Materiali di riporto, più o meno addensati
							0.9/1.5-10.0	Sabbie fini localmente limose con presenza di ghiaia oltre gli 8-10 m di profondità. Localmente sono presenti lenti discontinue di limo argilloso
N104	Indagine geofisica e geognostica per la costruzione di un ascensore	feb-17	100 Torri	Via Emilia 13	Gheos s.as. di Sacchi T. & C. San Zenone Po (PV)	1 penetrometrica, 1 sismica HVSR	0.0-0.4	Cavità antropica
							0.4-2.0	Sabbia limosa
							2.0-3.4	Limo sabbioso
							3.4-8.2	Sabbia debolmente limosa
							8.2-10	Sabbia
N109	Ristrutturazione ed ampliamento di immobile residenziale con creazione di n° 2 unità immobiliari – nuova costruzione di n° 1 villetta unifamiliare, autorimesse, locali tecnici e piscina	mar-17	Grandi Anna Maria	Via Gravellone 39	Dott. Geol. Antonello Borsani Vigevano (PV)	2 penetrometriche statiche	0.0-2.4	Coltivo superficiale seguito da un orizzonte sabbioso-limoso
							2.4-4.0	Sabbie talora limoso argillose
							4.0-4.6	Sedimenti sabbioso-ghiaiosi ben addensati
N116	Ristrutturazione edilizia palazzina ex uffici Scotti	gen-17	Real Estate srl	Via Torretta 27	Dott. Geol. Giovanni Barbieri Voghera (PV)	1 prova penetrometrica statica e 1 MASW	0.0-0.6/0.8	Terreno vegetale
							0.6/0.8	Sabbia limosa
							2.2/2.6	Sabbia con locali livelli limosi
							2.2/2.6-8.0	Sabbia con raro ghiaietto

## VULNERABILITÀ DELL'ACQUIFERO

Acquifero di tipo libero ("falda principale") in materiale alluvionale privo di copertura superficiale o con locale copertura limosa di ridotto spessore, in diretta connessione con le acque di alveo e subalveo del F. Ticino, in corrispondenza dei depositi recenti ed attuali dell'ambito fluviale. Soggiacenza prossima al piano campagna e grado di vulnerabilità estremamente elevato.

## 2.2 IDROGEOLOGIA

La ricostruzione della struttura idrogeologica dell'area di studio, desunta dalle elaborazioni effettuate per la componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT di Pavia, è visualizzabile nelle sezioni idrogeologiche di Figura 2.4, passanti per i pozzi pubblici e privati del territorio (Figura 2.3), in modo da definire la distribuzione orizzontale e verticale dei corpi litologici e l'andamento della superficie piezometrica dell'acquifero superiore.

Le unità idrogeologiche individuate, si succedono, dalla più superficiale alla più profonda, secondo il seguente schema.

### ***Gruppo Acquifero A***

E' costituito da depositi sciolti porosi aventi una permeabilità da alta a medio-alta che, localmente, in superficie diventa bassa a causa della presenza di coperture di natura limosa. Si tratta di ghiaie in matrice sabbiosa, sabbie da fini a medie e sabbie localmente limose, alle quali si intercalano lenti limoso-argillose di vario spessore (anche plurimetrico) ed estensione areale, alcune delle quali in grado di determinare localmente una compartimentazione del primo acquifero, di ambiente di deposizione continentale fluviale braided ad alta energia e con spessore medio di circa 100 m.

Il gruppo è sede dell'acquifero principale, tradizionalmente captato dai pozzi di captazione a scopo idropotabile di vecchia realizzazione e da pozzi privati, con superficie stagionalmente assai prossima al piano campagna, che si differenzia in una porzione superficiale libera e/o localmente sospesa sostenuta dalla presenza di intercalazioni a bassa permeabilità, idrogeologicamente in comunicazione diretta con la superficie (A1), da una più profonda semiconfinata e confinata (A2). La soggiacenza della falda principale e/o sospesa si attesta mediamente a profondità comprese tra < 5m e 5-17 m da p.c., in funzione delle oscillazioni stagionali della superficie freatica, che della morfologia del territorio. È possibile che si verifichino interferenze degli scavi con la superficie piezometrica; si rende pertanto necessario effettuare una verifica idrogeologica dell'area interessata dalla posa delle reti, finalizzata alla valutazione delle possibili interferenze tra interventi di scavo per la posa dei sottoservizi e la falda soggiacente, nonché alla definizione delle migliori modalità operative di esecuzione degli interventi.

### ***Gruppo Acquifero B***

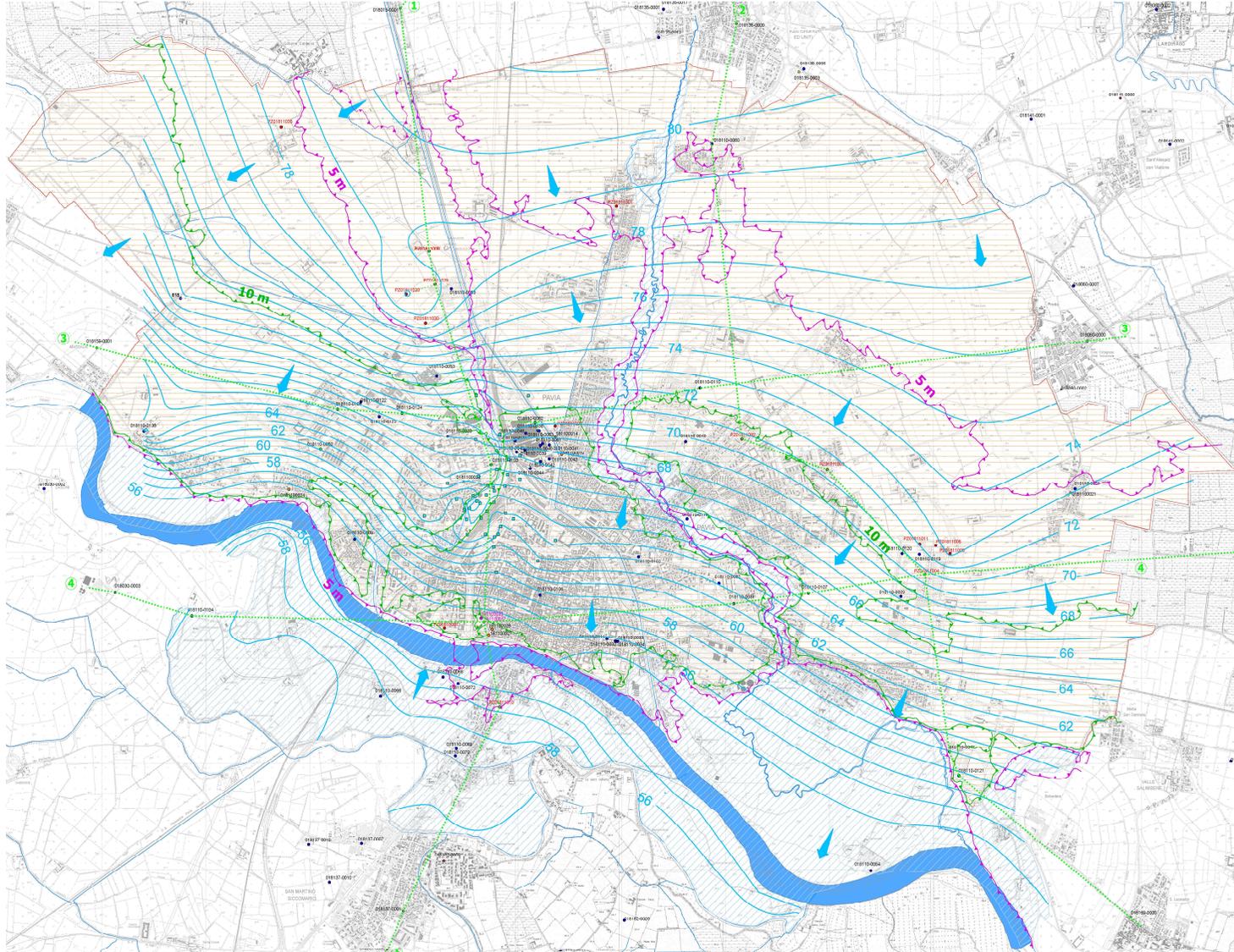
E' presente con continuità in tutto il territorio esaminato ed è costituito da depositi di ambiente continentale in facies fluvioglaciale/fluviale di tipo braided. Litologicamente è composto da sabbie, sabbie fini localmente ghiaiose a cui si intercalano livelli di argille e argille limose con torbe, di spessore plurimetrico. Ambiente di deposizione: continentale fluviale braided. Lo spessore complessivo varia tra 80 e 120 m.

Il presente gruppo è sede falde sovrapposte intermedie e profonde di tipo confinato o artesiano, dovute alla presenza di orizzonti semipermeabili ed impermeabili arealmente continui.

### ***Gruppo Acquifero C***

E' presente con continuità in tutto il territorio esaminato ed è costituito da depositi in facies continentale/transizionale deltizia. Litologicamente è costituito da sedimenti fini sabbiosi alternati ad argille limose verdastre e argille palustri bruno nerastre. Locale presenza di livelli di torbe. Lo spessore complessivo è sconosciuto in quanto il limite inferiore non è stato raggiunto dalle perforazioni dei pozzi più profondi presenti nell'area.

Nei livelli permeabili sono presenti acquiferi profondi, di tipo confinato, la cui vulnerabilità è mitigata dalla presenza a tetto di strati argillosi arealmente continui, ma non sono da escludere collegamenti ed alimentazione da parte dell'acquifero libero superiore ad alta vulnerabilità.

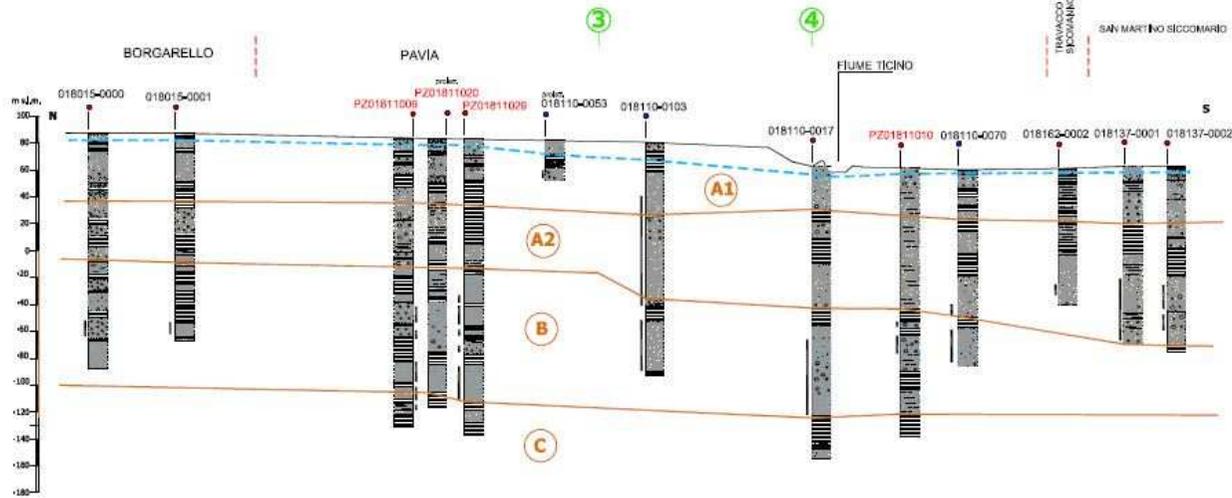




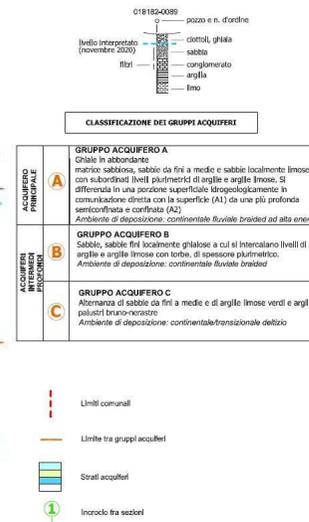
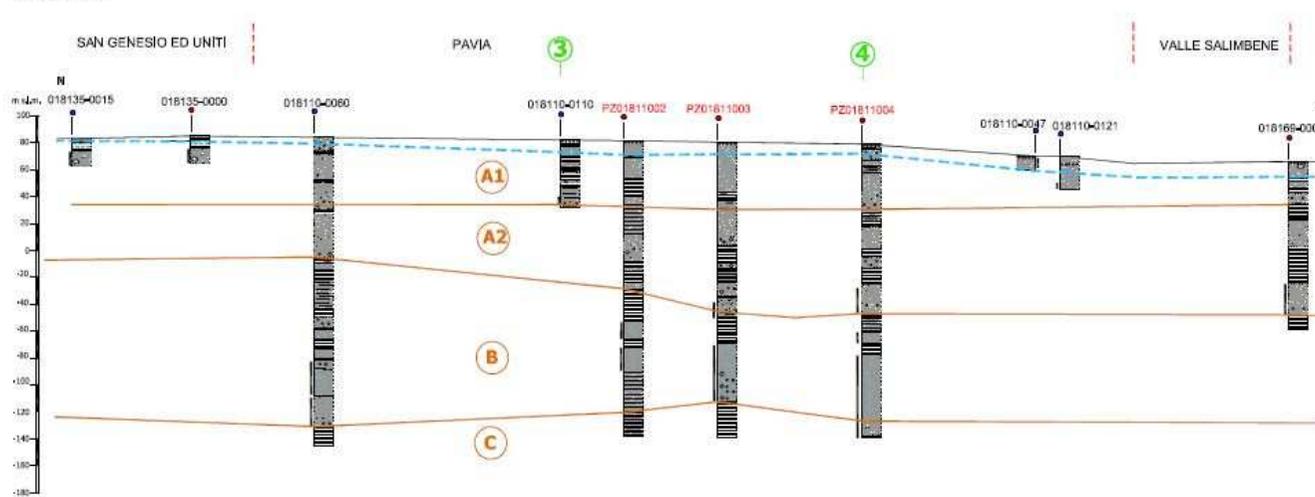
Grado di vulnerabilità						CARATTERISTICHE DEGLI ACQUIFERI
EE	E	A	M	B	BB	
						Acquifero di tipo libero ("falda principale") in materiale alluvionale privo di copertura superficiale o con locale copertura limosa di ridotto spessore, in diretta connessione con le acque di alveo e subalveo del F. Ticino, in corrispondenza dei depositi recenti ed attuali dell'ambito fluviale. Soggiacenza prossima al piano campagna.
						Acquifero multistrato in corrispondenza dei depositi alluvionali antichi del ripiano terrazzato intermedio e dell'ambito di pianura, con carattere localmente sospeso ("falda superficiale") sostenuto da depositi limoso-argillosi superficiali discontinui. Soggiacenza da < 5 m a 17-20 m da p.c.

Figura 2.3 – Inquadramento piezometrico (novembre 2020)

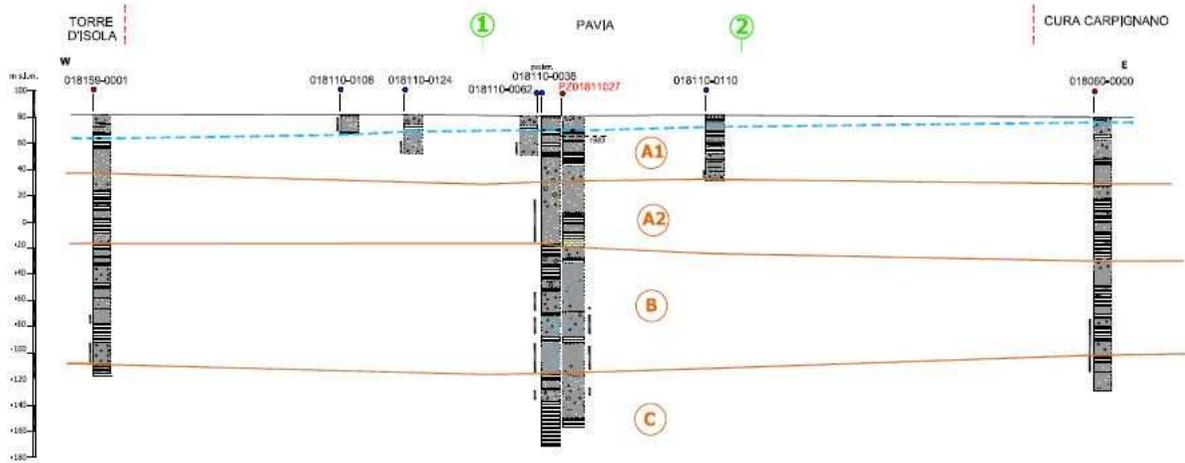
Sezione 1



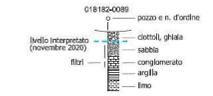
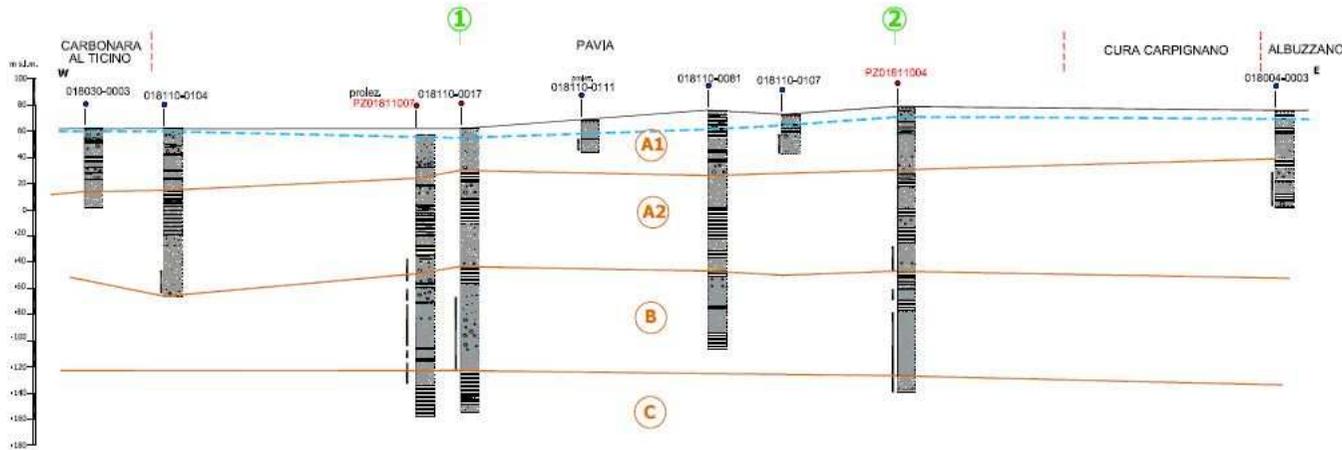
Sezione 2



Sezione 3



Sezione 4



CLASSIFICAZIONE DEI GRUPPI ACQUIFERI	
ACQUIFERO PRINCIPALE	<b>GRUPPO ACQUIFERO A</b> Ghiaie in abbondanza, matrice sabbiosa, sabbie da fini a medie e sabbie localmente limose, con subordinati livelli plurimetri di argille e argille limose. Si differenzia in una porzione superficiale litogeologicamente in comunicazione diretta con la superficie (A1) da una più profonda semiconfinata e confinata (A2). Ambiente di deposizione: continentale fluviale braided ad alta energia
	<b>GRUPPO ACQUIFERO B</b> Sabbie, sabbie fini localmente ghiaiose a cui si intercalano livelli di argille e argille limose con torbe, di spessore plurimetrico. Ambiente di deposizione: continentale fluviale braided
	<b>GRUPPO ACQUIFERO C</b> Alternanza di sabbie da fini a medie e di argille limose verdi e argille pallide brunocenerose. Ambiente di deposizione: continentale/transizionale deltico



Figura 2.4 - Sezioni Idrogeologiche

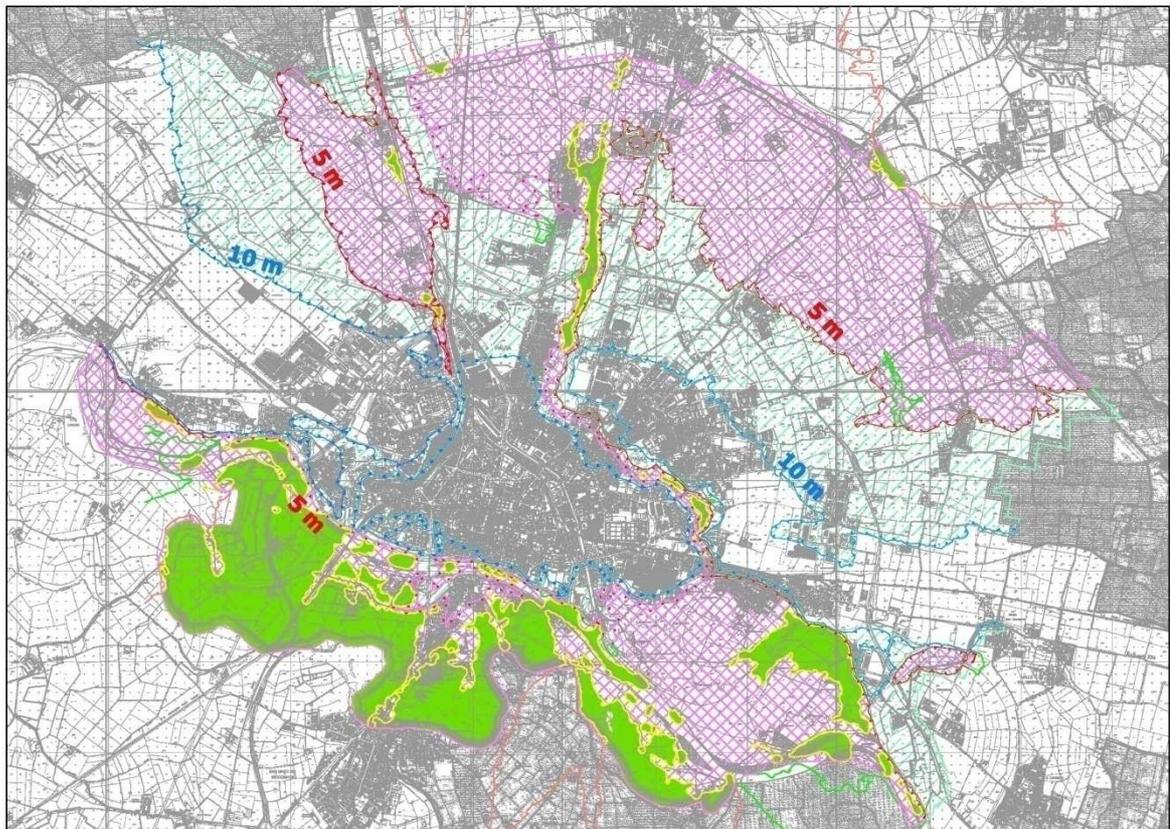
### 2.2.1 Caratteri piezometrici locali

La morfologia della superficie piezometrica dell'acquifero principale è stata ricostruita tramite una campagna di misurazione del livello statico effettuata dallo Studio Idrogeotecnico Srl in data novembre-dicembre 2020 sui seguenti punti di monitoraggio:

- piezometri di controllo della falda realizzati nell'ambito degli studi per la definizione dei plume di contaminazione interessanti la città di Pavia (progetto Plume);
- pozzi pubblici (Pavia Acque) dotati di piezometro all'interno del dreno;
- pozzi privati.

L'andamento piezometrico evidenzia la presenza di una falda radiale convergente e dell'asse di drenaggio costituito dal F. Ticino. Le quote piezometriche si attestano tra 55 e 80 m s.l.m., le direzioni di flusso sono orientate NNE-SSW nel settore nord-occidentale, N-S nel settore centrale, NW-SE nel settore centro-orientale e NNW-SSE nel settore orientale. Il gradiente idraulico si attesta mediamente tra 6 e 10 per mille.

E' stata elaborata, inoltre, la soggiacenza dell'acquifero principale tramite interpolazione tra le quote piezometriche e i punti quotati derivanti dall'aerofotogrammetrico comunale. In Figura 2.5 sono visibili le linee di soggiacenza dell'acquifero principale pari a 5 m e 10 m dal piano campagna.



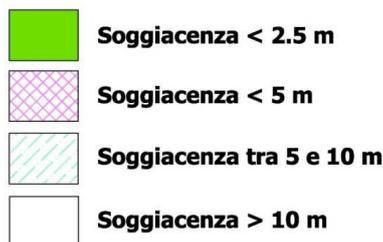


Figura 2.5 – Soggiacenza acquifero principale

I valori minimi di soggiacenza (<2,5 m) si attestano in corrispondenza dell'ambito fluviale/golenale del Ticino e localmente della Roggia Vernavola; i valori compresi tra 2,5 e 5 m interessano il settore più settentrionale dell'ambito di pianura, mentre valori superiori a 10 m si attestano in corrispondenza delle zone urbanizzate.

### 2.3 DESCRIZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO

In territorio di Pavia insiste un fitto reticolo idrografico (cfr. Tavola 1 del presente documento) costituito principalmente dal Fiume Ticino e secondariamente da numerosi canali in prevalenza irrigui, tra cui i più importanti sono il Naviglio di Pavia, il Naviglio Vecchio o Navigliaccio, la Roggia Vernavola e il Colatore Gravellone.

I corsi d'acqua individuati dalla Regione Lombardia come appartenenti al Reticolo Idrico Principale e riportati nell'Allegato A e B della D.G.R. X/7581/2017 sono:

Tabella 2.1 – Reticolo idrografico principale - RIP

<b>DENOMINAZIONE</b>	<b>Tratto classificato come principale</b>	<b>N° iscr. El. A.A.P.P.</b>	<b>Competenza</b>
<b>Fiume Ticino PV045</b>	Tutto il suo corso	132	A.I.Po

I corsi d'acqua individuati dalla Regione Lombardia come appartenenti al Reticolo Idrico di competenza dei Consorzi di bonifica e riportati nell'Allegato C della Delibera regionale sono:

Tabella 2.2 - Reticolo idrografico principale RIB

<b>DENOMINAZIONE</b>	<b>Tratto classificato come principale</b>	<b>N° iscr. El. A.A.P.P.</b>	<b>Competenza</b>
<b>Colatore Gravellone PV046</b>	Tutto il suo corso	133	<u>Associazione Irrigazione Est Sesia</u>
<b>Colatore Gravellone Vecchio PV046</b>	Tutto il suo corso	133	<u>Associazione Irrigazione Est Sesia</u>

<b>Naviglio Vecchio o Colatore Navigliaccio PV050</b>	Tutto il suo corso	145	<u>Consorzio di Bonifica Est Ticino-Villoresi</u>
<b>Naviglio di Pavia</b>	Dalla intersezione di via E. Gola in Milano, sino allo sbocco in Fiume Ticino	NO	<u>Consorzio di Bonifica Est Ticino-Villoresi</u>
<b>Roggia Marzo PV051</b>	Tutto il suo corso	146	<u>Consorzio di Bonifica Est Ticino-Villoresi</u>
<b>Roggia Naviglietto PV052</b>	Tutto il suo corso	147	<u>Consorzio di Bonifica Est Ticino-Villoresi</u>
<b>Colatore Vernavola, Vernavolino di Pavia PV053</b>	Dallo sbocco alla fermata di Mirabello sulla Roggia Laghetto lungo il Vernavola e dallo sbocco	149	<u>Consorzio di Bonifica Est Ticino-Villoresi</u>

Il reticolo idrografico di competenza comunale è costituito dai seguenti corsi d'acqua:

Tabella 2.3 – Reticolo Idrico Minore (RIM)

<b>Denominazione</b>	<b>Tratto classificato come comunale</b>	<b>N° iscr. El. A.A.P.P.</b>
<b>Colatore Vernavolino di Mirabello, Roggia Laghetto</b>	Dallo sbocco in Vernavola al confine del territorio comunale con San Genesio (Roggia Laghetto)	150
<b>Roggia Cravenza</b>	Dallo sbocco nel Navigliaccio all'incontro dei due rami colatori con la strada vicinale della Cascinetta all'origine in riva sinistra della Roggia Campeggia in località Cascina Calderari	148
<b>Roggia Caronino</b>	Dallo sbocco in Vernavola in località Torretta all'origine in località Mirabello	Non Iscritto
<b>Colatore Fuga</b>	Dallo sbocco in Colatore Gravellone in località Chiavica allo scaricatore di troppo pieno dell'impianto di sollevamento fognario di Pavia Acque s.c.a.r.l. in adiacenza all'argine di Ticino in località Via Trinchera	Non Iscritto

Il sistema idrico privato è così costituito:

1	<i>Roggia Miotta</i>
2	<i>Roggia Barcheggiana</i>
3	<i>Cavetto Borromeo</i>
4	<i>Cavo Calasco</i>

5	<i>Roggia Campeggia</i>
6	<i>Roggia Canobbio</i>
7	<i>Roggia Cantona</i>
8	<i>Roggia Carlesca</i>
9	<i>Cavo Carminati</i>
10	<i>Roggia Carona dell'Ospedale</i>
11	<i>Cavo Cavetto</i>
12	<i>Cavo del Molinazzo</i>
13	<i>Roggia Colombara</i>
14	<i>Cavo Kewenkuller</i>
15	<i>Cavo Lorini</i>
16	<i>Roggia Mischia</i>
17	<i>Roggia Mischietta</i>
18	<i>Roggia Pellegrina</i>
19	<i>Cavo Referendario</i>
20	<i>Roggia Grande</i>
21	<i>Cavo Rosio</i>
22	<i>Roggione Torre Bianca</i>
23	<i>Cavo Scaricatore</i>
24	<i>Cavo Socio</i>
25	<i>Vernavolino di San Pietro</i>

### Fiume Ticino

Il fiume Ticino, con origine in territorio svizzero, in prossimità del passo San Gottardo, dopo l'immissione nel Lago Maggiore e la fuoriuscita a Sesto Calende, percorre la Pianura Padana per circa 110 Km confluendo nel Fiume Po.

In territorio di Pavia, l'alveo del F. Ticino scorre da NW verso SE ai piedi dei terrazzi sui quali sorge la città, in un solco vallivo a fondo piatto (tipica "valle a cassetta") di larghezza di circa 7 km, lateralmente delimitata da due ordini di scarpate con dislivello complessivo di oltre 20 m. Sull'ampio e piatto fondo della "valle a cassetta" sono ben visibili le tracce dei più recenti fenomeni di divagazione del fiume.

All'interno dell'area golenale (esondabile in caso di piena) è anche possibile distinguere due zone: quella più prossima al corso d'acqua, che viene allagata dalle acque del Ticino in caso di piena ordinaria, e quella più vicina al sistema artificiale di contenimento, inondabile solo in caso di piene progressivamente più gravose.

Il Lago Maggiore, dal punto di vista idraulico, svolge una funzione di serbatoio volano, moderatore delle variazioni idrometriche nel Ticino sublacuale, ritardando il rilascio delle portate di piena e integrando le portate di minima. Inoltre, poiché funziona da bacino di calma, esso provoca la decantazione delle torbide provenienti dai bacini alti e ne impedisce il trasferimento all'alveo sublacuale, che pertanto, deve considerarsi carente di apporti solidi da monte ed in fase di costante erosione.

Il regime idrometrico del fiume Ticino, oltre ad essere influenzato, come ovvio, dalla portata defluente dalle caratteristiche dell'asta fluviale (larghezza, pendenza, scabrezza,

ecc.) è notevolmente influenzato dal regime idrometrico del fiume Po, soprattutto in condizioni di piena ma anche in presenza di deflussi più contenuti. A parità di portata defluente nel fiume Ticino, il livello idrico presso il ponte coperto di Pavia cresce notevolmente al crescere della portata defluente nel fiume Po. Tale circostanza non si verifica solo durante eventi di piena rilevanti, ma anche per portate più ridotte.

Lungo il Ticino è presente un doppio sistema di difese:

- gli argini maestri, posti in destra idraulica, all'estremità delle aree golenali e che delimitano l'alveo di piena;
- le difese spondali, che delimitano l'alveo inciso e difendono le aree golenali.

Mentre le difese spondali (realizzate in massi a secco o con blocchi di calcestruzzo) sono presenti solo saltuariamente laddove più intense si sono manifestate nel tempo le azioni erosive della corrente fluviale e le conseguenti richieste di difesa delle aree golenali, le arginature maestre (realizzate in terra, ad eccezione di un tratto in prossimità del ponte coperto di Pavia presso la località Borgo Ticino, realizzata in muratura) sono presenti con continuità in sponda destra dal ponte di barche di Bereguardo fino alla confluenza in Po, con un'interruzione tra il comune di Zerbolò e Carbonara al Ticino. In sinistra idraulica non sono presenti argini maestri in quanto è presente un evidente terrazzo morfologico che assume quote sufficienti per la sicurezza idraulica degli abitati circostanti.

Le piene del F. Ticino nel suo tratto terminale, il "Basso Ticino", possono essere distinte in: piene proprie del Ticino (tipo 1993), piene del Ticino con rigurgiti di piene contemporanee del Po (tipo 2000) e piene di solo rigurgito del Po (tipo 1994).

A Pavia si sono verificate piene di rigurgito con livelli idrometrici molto elevati pur con modesti stati di piena contemporanea del Ticino. Così avvenne nel 1857 e nel 1917, quanto ruppero gli argini di fronte alla città, come pure nel 1926, nel 1951 e nel 1968, quando invece i colmi defluirono senza danni.

Per l'effetto moderatore esercitato dal Lago Maggiore sui tempi di propagazione dei colmi di piena del fiume, nel suo alveo sublacuale, in assenza di interferenze costituite da stati di invaso in atto nel lago, i colmi stessi subiscono ritardi di circa 20 ore cosicché quelli delle piene contemporanee del Po e del Ticino a Pavia non coincidono mai.

Le piene proprie del Ticino, oltre all'elevazione dei livelli idrometrici anche se con tiranti sensibilmente inferiori alle altre due tipologie, comportano elevate velocità di deflusso con effetti aggravati da irregolarità, deformazioni, rivestimenti d'alveo, turbolenze e vortici (dovuti all'obliquità delle pile dei ponti rispetto alla direzione del filone della corrente), vegetazione in alveo ed esaltazione dei rigurgiti provocati da riduzioni eccessive delle sezioni di deflusso.

A Pavia, pertanto, al verificarsi di piene con effetti prevalenti dovuti ai rigurgiti del Po, l'unico pericolo è costituito dall'elevazione straordinaria dei livelli idrometrici e da possibili alluvioni per sormonto delle arginature.

### 3 STATO ATTUALE DEL RISCHIO IDRAULICO E IDROLOGICO

#### 3.1 INQUADRAMENTO IDROLOGICO

Il riferimento per l'informazione pluviometrica da utilizzare nello sviluppo degli studi previsti dal RR 7/2017, secondo l'allegato G dello stesso decreto, sono le Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica ricavate da ARPA Lombardia nell'ambito del progetto STRADA [AAVV (2013), "Il monitoraggio degli eventi estremi come strategia di adattamento ai cambiamenti climatici. Le piogge intense e le valanghe in Lombardia", ARPA Lombardia, Milano].

Sul sito di ARPA Lombardia è possibile accedere ai dati raster dei parametri  $a_1$  e  $n$  della LSPP con risoluzione al suolo di 2 km x 2 km, ricavati secondo il modello probabilistico GEV scala invariante, con stima dei parametri puntuali tramite il metodo degli L-moments e estrapolazione spaziale dei quantili.

Accedendo al sito <http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml> è possibile, tramite ricerca per comune o pluviometro, visualizzare le stazioni ed il territorio di interesse e scaricare i valori dei parametri delle LSPP stimati con la metodologia sopra indicata.



Figura 3.1 – LSPP progetto strada accessibile dal sito di ARPA Lombardia

Per il territorio comunale i parametri della LSPP da utilizzare per i calcoli idrologici e le modellazioni idrauliche sono riportati nella tabella seguente, per i tempi di ritorno 10, 50 e 100 anni. Il campione di dati utilizzato per lo studio ha considerato 3 pluviografi in comune di Pavia: in via Alzaia, in via Folperti e lo strumento installato sul ponte della SS35 sul Ticino, quest'ultimo mostrato nell'immagine che segue.

Parametri LSPP	T=10 anni	T=50 anni	T=100 anni
a	39.4	55.6	63.2
n (d >= 1 ora)	0.2976	0.2976	0.2976
n (d < 1 ora)	0.5	0.5	0.5



Figura 3.2 – Stazione meteorologica posta sul ponte della SS35 sul Ticino

I valori dei parametri da adottare sono stati ricavati in posizione baricentrica del territorio comunale, data la ridotta variabilità a scala locale.

Nell'immagine seguente è riportato il grafico delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per vari tempi di ritorno di interesse progettuale. E' evidenziata con colore rosso la LSPP relativa al tempo di ritorno di 50 anni, da prendere a riferimento per la progettazione delle misure di invarianza.

### Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

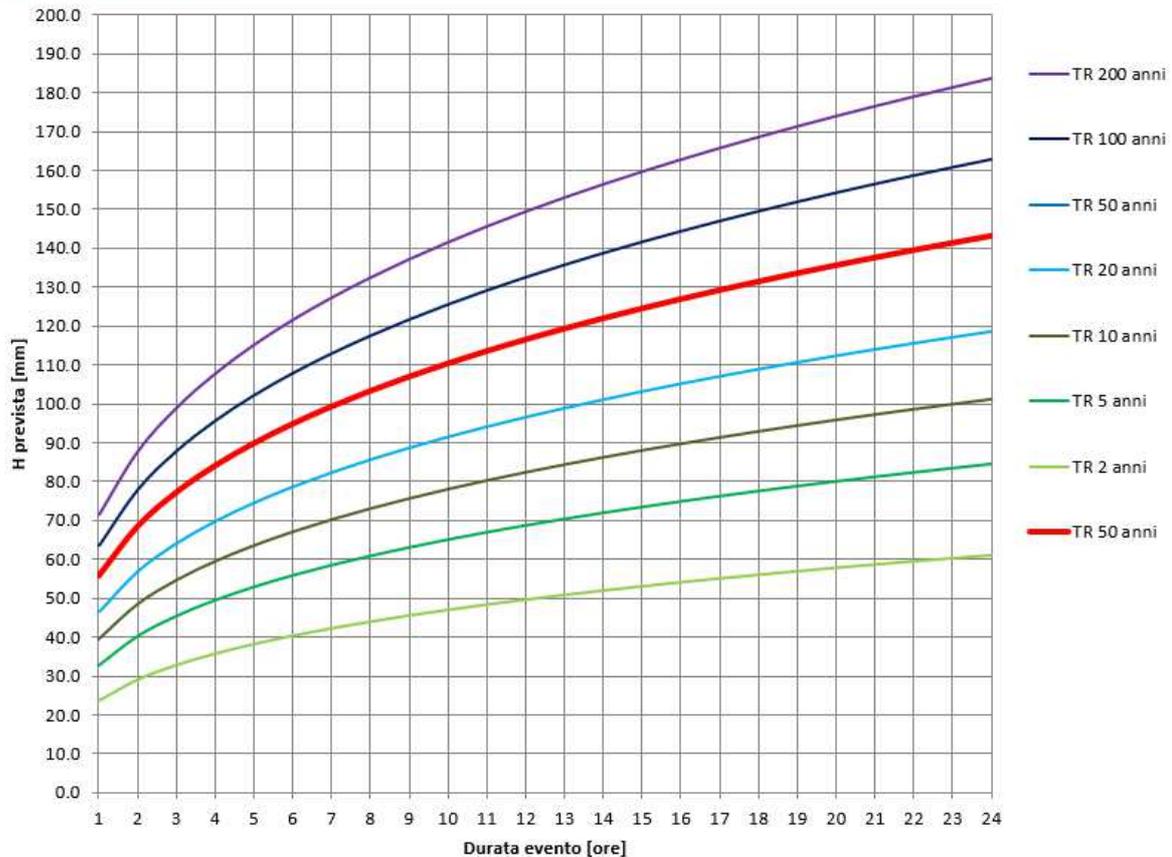


Figura 3.3 – Grafico delle LSPP valide per il territorio di interesse

### 3.2 AMBITO TERRITORIALE

Le misure di invarianza idraulica ed idrologica si applicano a tutto il territorio regionale e per tutti i tipi di permeabilità del suolo, seppure con calcoli differenziati in relazione alla natura del suolo e all'importanza degli interventi. I limiti allo scarico devono essere diversificati in funzione:

1. delle caratteristiche delle aree di formazione del deflusso e di possibile scarico delle acque meteoriche;
2. dei differenti effetti dell'apporto di nuove acque meteoriche nei sistemi di drenaggio delle aree urbane o extraurbane, di pianura o di collina.

Il territorio regionale è quindi suddiviso nelle seguenti tipologie di aree, in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori, secondo l'elenco dell'allegato B del R.R. n. 7/2017:

- aree A, ovvero ad alta criticità idraulica;

- aree B, ovvero a media criticità idraulica;
- aree C, ovvero a bassa criticità idraulica.

I comuni appartenenti a ciascuna tipologia di area sono individuati nell'allegato C al R.R. n. 7/2017, così come sostituito dal R.R. n. 8/2019. Nell'immagine seguente è mostrata la suddivisione del territorio lombardo nei tre ambiti di criticità A, B e C.

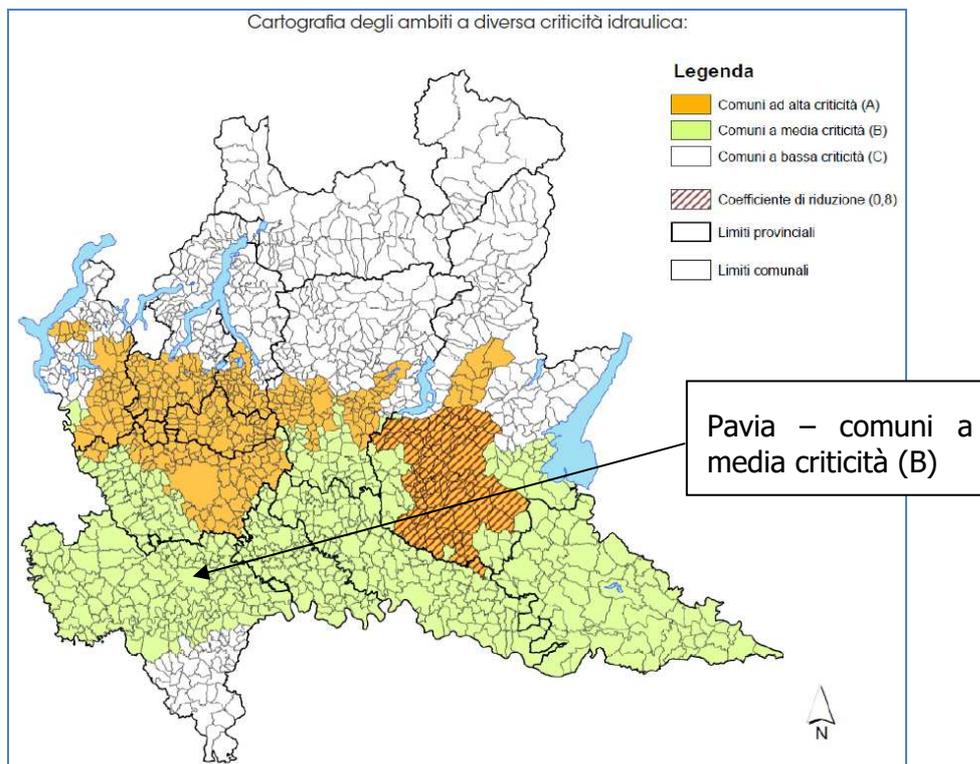


Figura 3.4 – Cartografia degli ambiti a diversa criticità idraulica secondo l'allegato B al R.R. n. 7/2017, così come sostituito dal R.R. n.8/2019

Gli scarichi nel corpo ricettore sono limitati mediante l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore stesso e comunque entro i seguenti valori massimi ammissibili ( $u_{lim}$ ):

- per le aree A: 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile;
- per le aree B: 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile;
- per le aree C: 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile.

Il gestore del corpo ricettore può imporre limiti più restrittivi di quelli sopra elencati, qualora sia limitata la capacità idraulica del ricettore stesso, ovvero ai fini della funzionalità del sistema di raccolta e depurazione delle acque reflue.

Al fine di contribuire alla riduzione quantitativa dei deflussi, le portate degli scarichi nel corpo ricettore, provenienti da sfioratori di piena delle reti fognarie unitarie o da reti pubbliche di raccolta delle acque meteoriche di dilavamento, relativamente alle superfici scolanti, ricadenti nelle aree A e B, già edificate o urbanizzate e già dotate di reti fognarie, devono essere limitate, mediante l'adozione di interventi atti a contenerne l'entità entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore e comunque entro il valore

massimo ammissibile di 40 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile, fuorché per gli scarichi direttamente recapitanti nei laghi o nei fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio e Mincio, che non sono soggetti a limitazioni della portata.

**Il comune di Pavia è inserito in ambito B**, senza alcun parametro correttivo, secondo quanto indicato nel Regolamento Regionale n. 8/2019.

### **3.3 RISCHIO IDRAULICO**

Il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, nella seduta del 17 dicembre 2015 con deliberazione n. 4 e relativo allegato, ha adottato il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) nel bacino del Fiume Po. Il Piano è stato approvato con deliberazione n. 2 del 3 marzo 2016.

Ai sensi dell'articolo 10 della deliberazione n. 5 del 2016 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po, ogni qualvolta si renda necessario e previo parere favorevole della Conferenza Operativa, il Segretario Generale approva con proprio decreto le modifiche cartografiche alle perimetrazioni delle aree allagabili del PGRA, in relazione al variare della situazione morfologica, ecologica e territoriale dei luoghi e all'approfondimento degli studi conoscitivi e di monitoraggio, nonché in relazione allo stato di avanzamento delle opere programmate.

Attraverso tale procedura, nella seduta di Conferenza Istituzionale Permanente del 20 dicembre 2019 è stato esaminato il primo aggiornamento delle mappe della pericolosità e del rischio del PGRA. In data 16 marzo 2020 sono stati pubblicati gli atti della Conferenza Istituzionale Permanente (Deliberazioni n.7 e 8 del 20 dicembre 2019) e le mappe delle aree allagabili, ai sensi di quanto disposto in dette Deliberazioni.

L'aggiornamento delle mappe – Revisione 2019 - riguarda: le mappe di pericolosità (aree allagabili) complessive che costituiscono quadro conoscitivo dei PAI, le mappe di rischio (R1, R2, R3, R4) complessive, ai sensi del D.Lgs n. 49/2010, le mappe di pericolosità e rischio (aree allagabili, tiranti, velocità, elementi esposti) nelle APSFR, che saranno oggetto di reporting alla Commissione UE.

Dalla data di pubblicazione, nelle aree interessate da alluvioni individuate ex novo nelle mappe pubblicate trovano applicazione le misure temporanee di salvaguardia di cui agli artt. 6 e 7 della Deliberazione CIP n.8/2019.

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni, predisposto per il territorio interessato dalle alluvioni di tutti i corsi d'acqua che confluiscono nel Po, è lo strumento operativo previsto dal d.lgs. 49/2010, in attuazione alla Direttiva Europea 2007/60/CE, per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali.

Il PGRA-Po è stato predisposto **dalle amministrazioni competenti per la difesa del suolo e la protezione civile nel Distretto Padano**, in coordinamento tra loro e con gli enti sovra regionali competenti per le due materie. Per il Distretto Padano gli autori sono: l'Autorità di Bacino del Po, le Regioni Valle d'Aosta, Piemonte, Liguria, Lombardia, Veneto,

Emilia Romagna, la Provincia Autonoma di Trento e il Dipartimento Nazionale della Protezione Civile.

Il PGRA-Po contiene in sintesi:

- la mappatura delle aree potenzialmente interessate da alluvioni, classificate in base alla pericolosità (aree allagabili) e al rischio, con particolare riferimento alle situazioni a maggiore criticità;
- il quadro attuale dell'organizzazione del sistema di protezione civile in materia di rischio alluvioni;
- le misure da attuare per ridurre il rischio nelle fasi di prevenzione e protezione e nelle fasi di preparazione, ritorno alla normalità ed analisi.

Le **mappe di pericolosità** evidenziano le aree potenzialmente interessate da eventi alluvionali secondo gli scenari di **bassa probabilità (P1** - alluvioni rare con T=500 anni), di **media probabilità (P2**- alluvioni poco frequenti T=100-200 anni) e **alta probabilità (P3** - alluvioni frequenti T=20-50 anni), distinte con tonalità di blu, la cui intensità diminuisce in rapporto alla diminuzione della frequenza di allagamento.

Le mappe identificano ambiti territoriali omogenei distinti in relazione alle caratteristiche e all'importanza del reticolo idrografico e alla tipologia e gravità dei processi di alluvioni prevalenti ad esso associati, secondo la seguente classificazione:

- Reticolo idrografico principale (**RP**);
- Reticolo idrografico secondario collinare e montano (**RSCM**);
- Reticolo idrografico secondario di pianura (**RSP**);
- Aree costiere lacuali (**ACL**).

Le **mappe del rischio** segnalano la presenza nelle aree allagabili di elementi potenzialmente esposti (popolazione, servizi, infrastrutture, attività economiche, etc.) e il corrispondente **livello di rischio**, distinto in 4 classi, rappresentate mediante colori:

giallo (R1-Rischio moderato o nullo), arancione (R2-Rischio medio), rosso (R3-Rischio elevato), viola (R4-Rischio molto elevato).

Dal punto di vista normativo, con deliberazione n. 5/2015 del 17 dicembre 2015, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del F. Po ha adottato il Progetto di Variante alle Norme di Attuazione del PAI e del PAI Delta, introducendo il Titolo V, recante "*Norme in materia di coordinamento tra il PAI e il Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA)*".

La Variante, adottata dal comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po il 17 dicembre 2016 e approvata con decreto del presidente del Consiglio dei ministri del 22 febbraio 2018, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 120, Serie Generale, del 25 maggio 2018, si articola come segue:

PARTE PRIMA: introduzione del Titolo V delle NA del PAI, recante "*Norme in materia di coordinamento tra il PAI e il Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA)*";

PARTE SECONDA: introduzione della Parte III delle NA del PAI Delta, recante "Norme in materia di coordinamento tra il PAI Delta e il Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA)".

Di seguito si richiamano sinteticamente alcuni articoli desunti dall'Allegato 1 alla sopracitata Deliberazione C.I. n. 5 del 7 dicembre 2016 (nuovo Titolo V), significativi dal punto di vista urbanistico.

- l'art. 57, comma 1 sancisce che le mappe di pericolosità e rischio contenute nel PGRA costituiscono integrazione del quadro conoscitivo del PAI;
- art. 57, comma 3 sancisce che le suddette Mappe PGRA costituiscono quadro di riferimento per la verifica delle previsioni e prescrizioni del PAI con riguardo, in particolare, all'Elaborato n. 2 (Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici – Inventario dei centri abitati montani esposti a pericolo), all'Elaborato n. 3 (Linee generali di assetto idraulico e idrogeologico) nonché per la delimitazione delle Fasce fluviali di cui alle Tavole cartografiche del PSFF en dell'Elaborato 8 del Piano;
- l'art. 58, comma 1 e 2 demanda alle Regioni, ai sensi dell'art. 65, comma 6 del D.Lgs. n. 152/2006, l'emanazione, entro 90 giorni dalla data di entrata in vigore del presente Titolo V, di disposizioni concernenti l'attuazione del PGRA nel settore urbanistico (integrative rispetto a quelle già assunte con DGR VII/7365/2001, ora sostituita dalla vigente DGR IX/2616/2011) coordinate con quelle assunte in materia di Protezione civile ai sensi della legge 12 luglio 2012, n. 100;
- l'art. 59 innesca, ove necessario, una nuova fase di adeguamento degli strumenti urbanistici, una valutazione dettagliata delle condizioni di rischio all'interno dei centri edificati che si trovano a ricadere entro le aree allagabili e, conseguentemente, una fase di verifica e eventuale aggiornamento della pianificazione di emergenza.

#### Relazioni con il territorio comunale

Le immagini sottostanti, estrapolate dal Servizio di Mappa Direttiva Alluvioni 2007/60/CE-Revisione 2019 del Geoportale della Regione Lombardia, riportano la mappatura della **pericolosità e del rischio** del PGRA in territorio di Pavia.

Dal punto di vista della **pericolosità**, il territorio di Pavia è interessato da (cfr. anche Tavola 2 del presente documento):

- **Aree allagabili per il "Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP)"** classificate in:
  - P3 (scenario H in cartografia) o aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (TR 20-50 anni);
  - P2 (scenario M in cartografia) o aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (TR 100-200 anni) – coincidente con lo scenario H;
  - P1 (scenario L in cartografia) o aree potenzialmente interessate da alluvioni rare (TR fino a 500 anni).

Tali scenari interessano l'ambito del fiume Ticino (Figura 3.5).

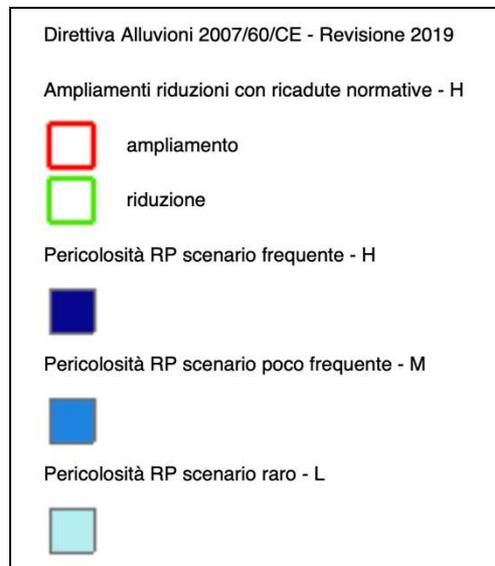
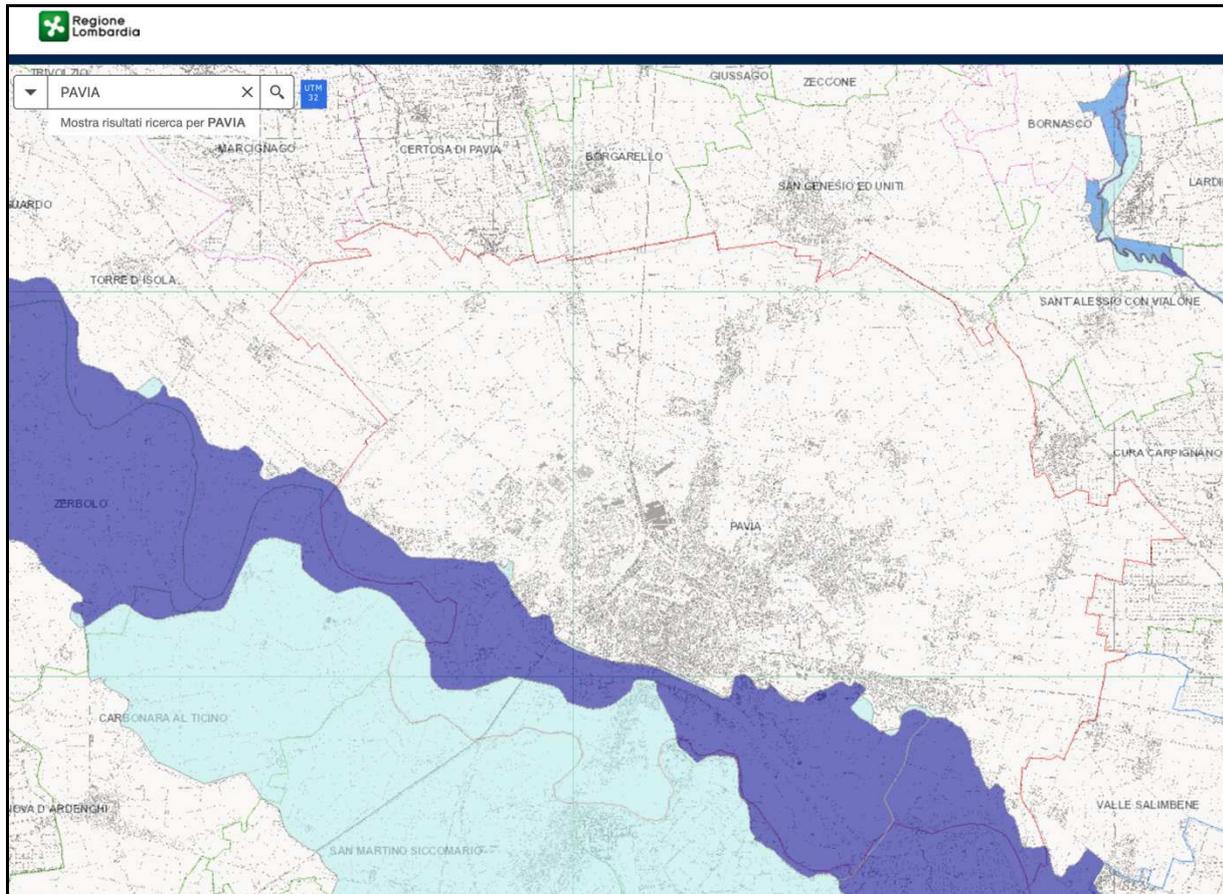


Figura 3.5 – Mappa della pericolosità - Direttiva Alluvioni - Ambito RP

- **Aree allagabili per il "Reticolo secondario di pianura (RSP)"** classificate in (cfr. Figura 3.6):

- P3 (scenario H in cartografia) o aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (TR 20-50 anni);
- P2 (scenario M in cartografia) o aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (TR 100-200 anni).

Nel caso specifico di Pavia, l'ambito di riferimento si riferisce al reticolo consortile Lomellina-Oltrepò (Comprensorio Interregionale).

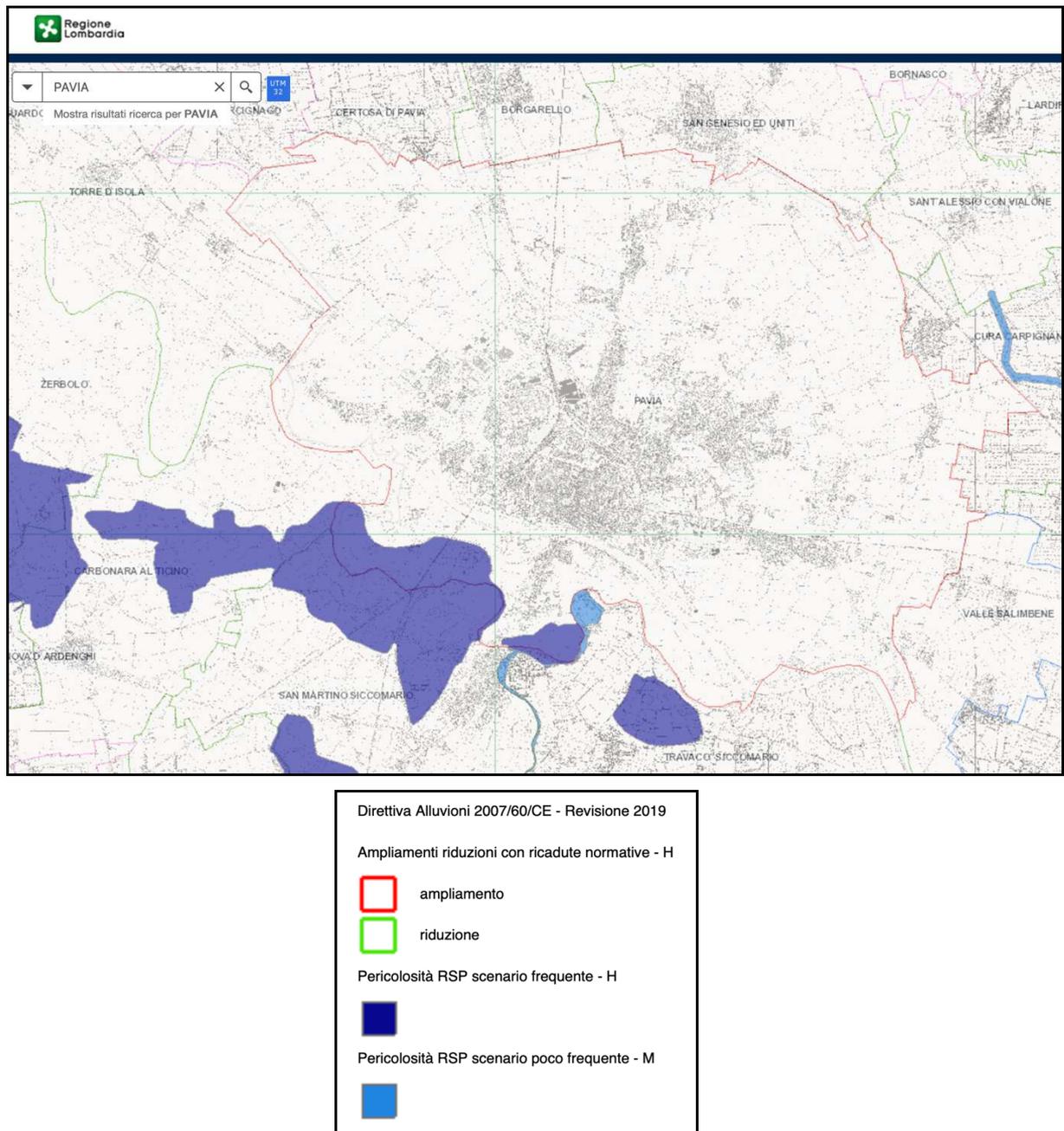


Figura 3.6 – Mappa della pericolosità - Direttiva Alluvioni - Ambito RSP

Nella seguente immagine, dettaglio delle precedenti, sono riportate anche le fasce fluviali PAI vigenti, da cui si evince che sono presenti la fascia A, la fascia B e la fascia C.

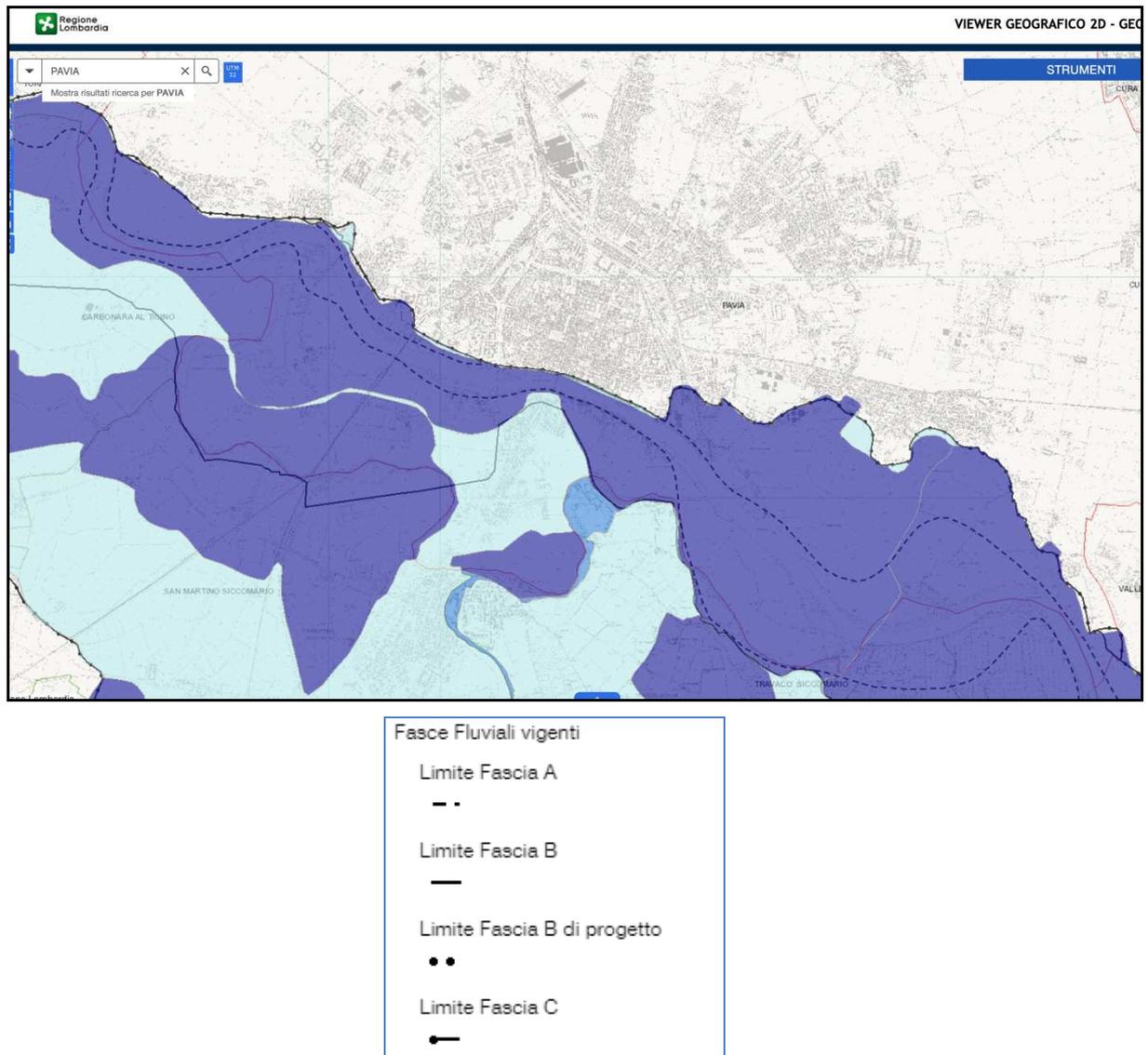


Figura 3.7 – Mappa della pericolosità e fasce fluviali PAI vigenti

Dal punto di vista del rischio, si osserva che gli ambiti edificati esistenti entro l'ambito fluviale del Ticino presentano un rischio R4 molto elevato ed un rischio R2 medio.

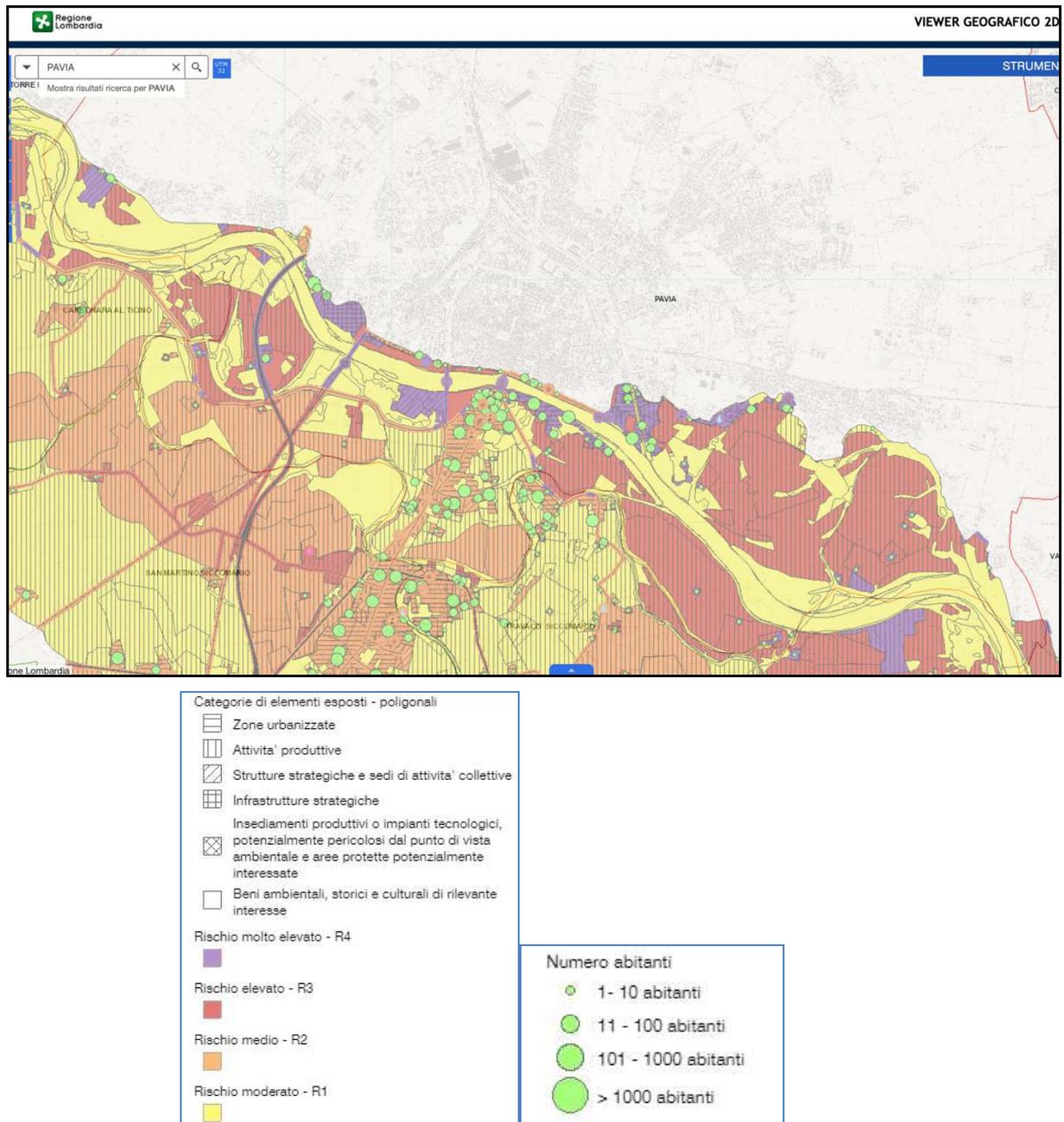


Figura 3.8 – Mappa del rischio - Direttiva Alluvioni

### 3.4 STUDI IDRAULICI SULLA RETE IDROGRAFICA

Ai fini dell'aggiornamento del quadro conoscitivo di base a supporto della Variante urbanistica del Piano di Governo del Territorio, lo Studio Idrogeotecnico Srl, ha redatto nel luglio 2020 lo studio di "Valutazione delle condizioni di rischio idraulico del Fiume Ticino in comune di Pavia ai sensi dell'All. 4 della D.G.R. IX/2616/2011 e della D.G.R. X/6738/2017".

La valutazione del rischio idraulico è stata predisposta secondo le metodologie contenute nell'Allegato 4 "Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da esondazione" alla D.G.R.IX/2616 del 30/11/2011 "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 della L.R. n. 12 dell'11/3/2005" approvati con D.G.R. n. 8/1566 del 22/12/2005 e successivamente modificati con D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008, per un tempo di ritorno di 200 anni.

Le elaborazioni effettuate hanno definito il grado di pericolosità idraulica (H) ritenuta adeguata alla caratterizzazione dei fenomeni di esondazione interessanti l'ambito di piana alluvionale del fiume Ticino.

Lo studio si è articolato nelle seguenti fasi procedurali:

- analisi degli studi idraulici pregressi allo scopo di acquisire dati di carattere tecnico utili all'elaborazione dello studio (valori di portata, assetto idraulico dei corsi d'acqua, aree inondabili ecc.);
- rilievo geomorfologico di dettaglio del corso d'acqua, delle sponde fluviali e dell'argine di recente realizzazione, supportato dalla base aerofotogrammetrica del comune di Pavia e dal rilievo LIDAR del fiume Ticino;
- rilievo topografico delle sezioni idrauliche di interesse con aggancio delle quote all'aerofotogrammetrico comunale;
- rilievo del profilo fluviale per un tratto sufficiente alla definizione della pendenza media dell'asta;
- determinazione, sulla base dei dati idrologici ed idraulici degli studi sopramenzionati, delle portate al colmo per un tempo di ritorno di 200 anni e degli idrogrammi;
- modellazione idraulica bidimensionale in condizioni di moto vario;
- definizione della pericolosità idraulica incrociando i valori di velocità della corrente a quelli del tirante ottenuti dalla simulazione idraulica bidimensionale;
- individuazione delle aree di rischio (R).

Per gli aspetti di dettaglio si rimanda allo studio idraulico stesso, allegato (Allegato 9) all'aggiornamento della "Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di governo del Territorio ai sensi della l.r. 12/2005 e secondo i criteri della d.g.r. n. IX/2616/11" redatta dallo Scrivente Studio Idrogeotecnico Srl nel dicembre 2020.

### **3.4.1 Risultati delle simulazioni e individuazione delle aree esondabili**

Terminata la fase di implementazione e taratura del modello e assegnate le condizioni al contorno sono state condotte le simulazioni idrauliche per l'evento di piena 2000 (piena di riferimento adottata per lo studio), che è congruente alla piena T200 anni. Mediante le simulazioni 2D è stato possibile definire le condizioni di deflusso del Ticino e delle esondazioni che si verificano nelle aree golenali.

Sono state svolte due simulazioni idrauliche differenti, considerando dapprima la sola piena Ticino e successivamente la piena Ticino con la concomitante piena Po,

determinando così sia gli allagamenti dovuti esclusivamente alle insufficienze idrauliche del Ticino, che quelli derivanti dal rigurgito del Po.

Nelle figure seguenti sono riportati i risultati ottenuti in termini di tiranti idrici e velocità della corrente.

### **SIMULAZIONE PIENA DEL TICINO SENZA RIGURGITO DEL PO**



Figura 3.9 - Tiranti idrici con piena Ticino senza rigurgito del Po

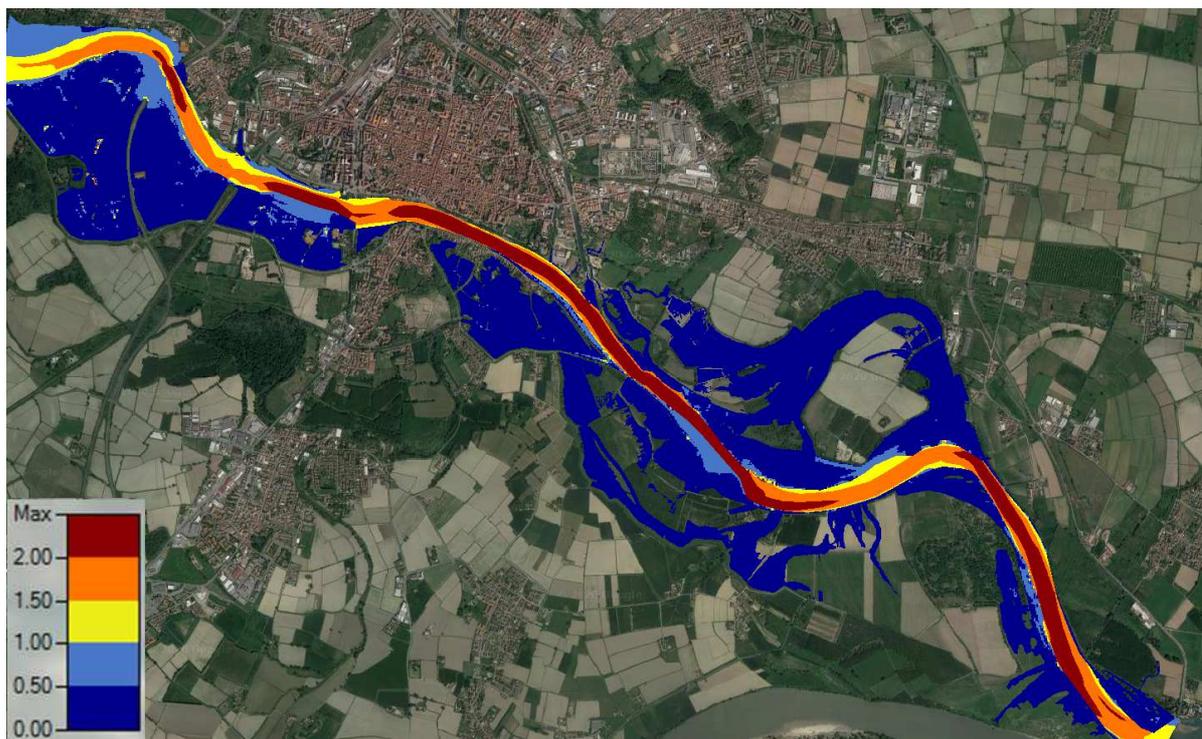


Figura 3.10 – Andamento delle velocità con piena Ticino senza rigurgito del Po

Dall'analisi dei risultati si evince che i tiranti maggiori si verificano nella golena destra di monte, compresa tra il ponte della tangenziale e il ponte della linea ferroviaria. Le esondazioni in questa porzione del territorio risultano comunque contenute dalla difesa arginale presente. A valle del ponte coperto, sempre in destra idraulica, le esondazioni risultano contenute dal rilevato arginale esistente. La chiavica posta in corrispondenza della roggia Gravellone impedisce alle esondazioni di allagare il territorio abitato lungo via dei Mille.

In sponda sinistra i livelli di piena risultano contenuti dalla morfologia del territorio, per cui non si verificano allagamenti nel centro abitato. Allagamenti in sinistra si verificano solamente nelle aree golenali poste a valle della confluenza del Naviglio di Pavia, ma interessano solamente aree per lo più a valenza agricola e naturale.

Le velocità maggiori si verificano nell'alveo inciso del fiume Ticino, mentre nelle golene le velocità della corrente risultano generalmente dell'ordine di 0.5 m/s.

**SIMULAZIONE PIENA DEL TICINO CON RIGURGITO DEL PO**

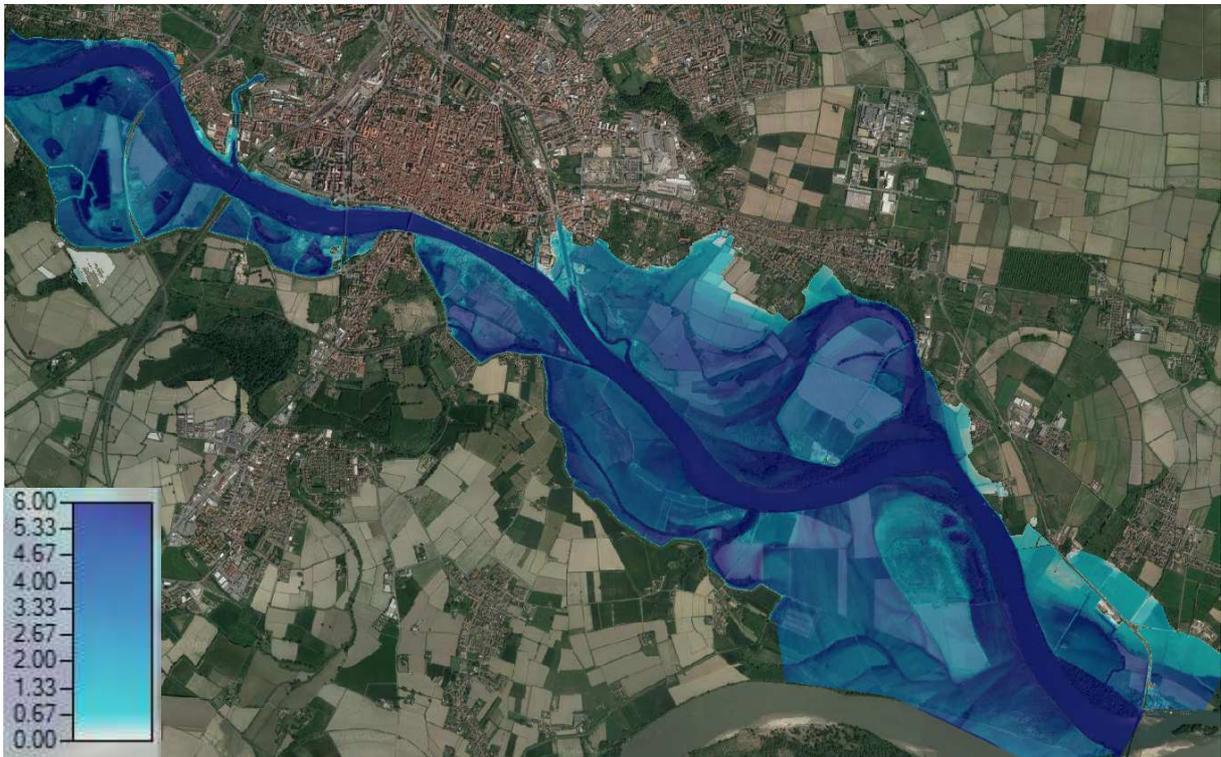


Figura 3.11 – Tiranti idrici con piena Ticino e rigurgito del Po

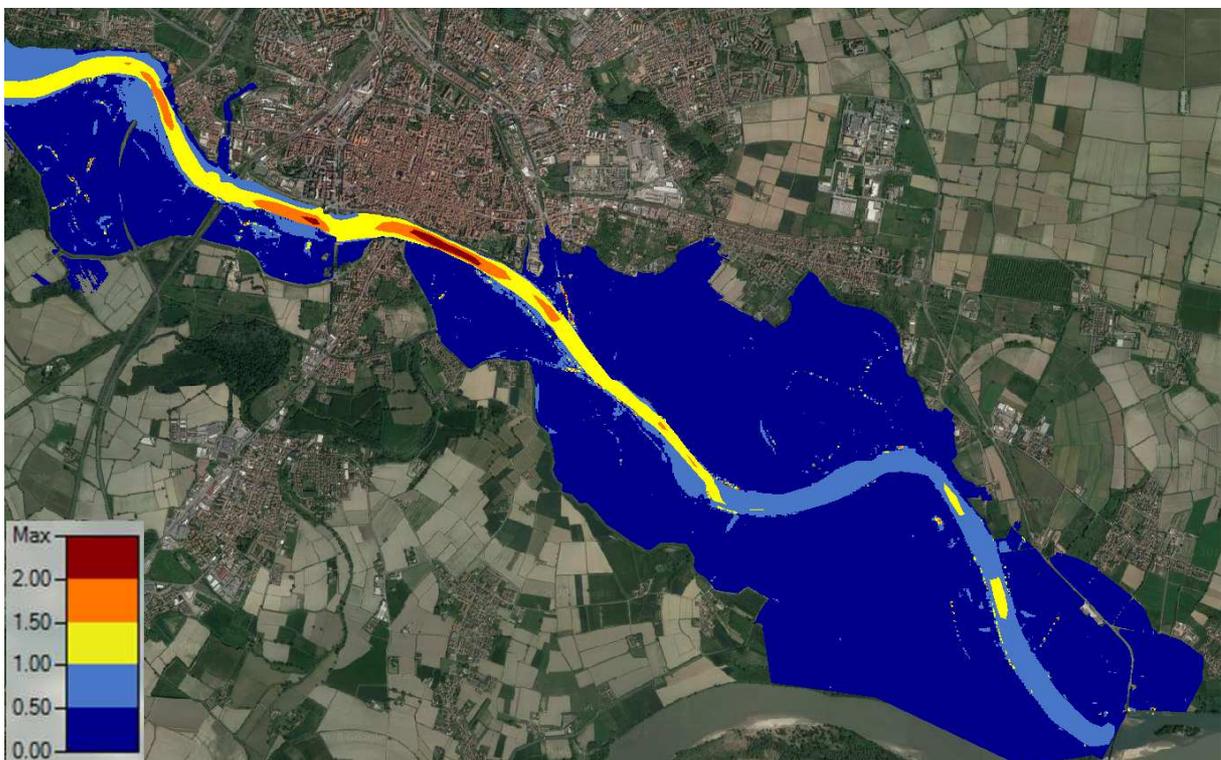


Figura 3.12 – Andamento delle velocità con piena Ticino e rigurgito del Po

La simulazione con piena concomitante del Po (evento di piena di riferimento dello studio di approfondimento idraulico), mette in evidenza l'impossibilità del Ticino di recapitare le proprie portate. L'allagamento delle aree golenali, molto più ampio rispetto alla simulazione con la sola piena del Ticino, è dovuto esclusivamente al livello idrico del fiume Po che dà origine ad una sorta di lago, il cui livello è superiore alla quota di piano campagna. In sponda destra, la golena risulta completamente allagata e i livelli di piena risultano contenuti dal rilevato arginale. La chiusura della chiavica sul Gravellone e il posizionamento dei panconi di via Milazzo impediscono gli allagamenti dei centri urbani posti esternamente all'argine, ad eccezione dell'abitato di Borgo Ticino. Le velocità della corrente nelle aree allagate risultano comprese generalmente tra 0.5 e 1.0 m/s.

In sponda sinistra l'allagamento risulta generalmente contenuto dalla morfologia del terreno e le esondazioni non interessano il centro abitato di Pavia. Locali allagamenti interessanti zone urbane, possono verificarsi a seguito del rigurgito dei livelli di piena lungo il Navigliaccio (a monte del ponte FS) e lungo il Naviglio di Pavia.

Lungo il Naviglio di Pavia il rientro delle acque del Ticino è limitato dalla chiavica posta lungo Viale Partigiani, per cui gli allagamenti interessano parzialmente le abitazioni in fregio alle vie Correnti e Venezia.

In zona "Arsenale" a monte del ponte FS, il rigurgito all'interno del Navigliaccio dà origine ad esondazioni locali, che interessano alcuni complessi industriali. Gli allagamenti in questa zona sono fortemente contenuti dall'andamento altimetrico del terreno, che in una porzione limitata di territorio subisce una variazione di quote di +2.0 metri.

A valle della confluenza con il Naviglio di Pavia, in sinistra idraulica, si verificano ampie esondazioni che interessano aree golenali a bassa domanda di sicurezza.

### **3.4.2 Zonazione della pericolosità e del rischio**

I risultati della modellazione idraulica hanno permesso di effettuare la zonazione della pericolosità e del rischio idraulico su tutto il territorio comunale interessato da allagamenti.

La definizione delle classi di pericolosità è stata condotta a partire dalle modalità di propagazione dell'onda di piena in corrispondenza di un evento con tempo di ritorno di 100 anni basandosi sui valori del tirante idrico e della velocità.

In particolare, le classi di pericolosità, sul fiume Ticino in comune di Pavia, sono state ricavate sovrapponendo la mappa del tirante idrico alla mappa della distribuzione della velocità che si ottengono dal modello HEC-RAS. Dalla sovrapposizione si è ottenuta la carta della pericolosità idraulica, riportata in Tavola 2 del presente documento.

La definizione delle classi di rischio è stata condotta incrociando il grado di pericolosità (H) e la relativa classe di danno potenziale (E), secondo le direttive contenute nell'allegato 4 alla D.G.R. n. IX/2616 del 30/11/11. Inoltre si è tenuto conto delle definizioni di rischio suggerite dal PAI (art. 7 delle NdA del PAI).

Le classi del danno potenziale (E) vengono determinate in funzione degli elementi a rischio contenuti (Tabella 3.1).

Tabella 3.1 – Classi di danno potenziale (Par. 3.5, All. 4, D.G.R. n. IX/2616 del 30/11/11)

DANNO POTENZIALE	ELEMENTI A RISCHIO
Grave (E4)	Centri urbani, beni architettonici, storici, artistici, insediamenti produttivi, principali infrastrutture viarie, servizi di elevato valore sociale
Medio (E3)	Aree a vincolo ambientale e paesaggistico, aree attrezzate di interesse comune, infrastrutture viarie secondarie
Moderato (E2)	Aree agricole di elevato pregio (vigneti, frutteti)
Basso (E1)	Seminativi

Ponendo, a favore di sicurezza, la vulnerabilità (V) pari a 1, il rischio idraulico deriva dall'intersezione tra la pericolosità e il danno potenziale come di seguito riportato:

Tabella 3.2 – Classificazione del rischio (Par. 3.5, All. 4, D.G.R. n° IX/2616 del 30/11/11)

	H4	H3	H2	H1
E4	R4	R4	R2	R2
E3	R3	R3	R2	R1
E2	R2	R2	R1	R1
E1	R1	R1	R1	R1

Le aree a differente rischio per il territorio di Pavia, sono state individuate nella specifica tavola PAI-PGRA (Tavola 16) allegata alla già citata Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT – aggiornamento dicembre 2020.

### 3.5 RETICOLO FOGNARIO

Il documento semplificato prevede l'indicazione delle aree soggette ad allagamento per effetto dell'insufficienza della rete fognaria, il cui tracciato è riportato in Tavola 2.

Tale informazione discende dagli atti pianificatori esistenti, da documentazioni storiche e dalla conoscenza locale del gestore del servizio idrico integrato, nonché da studi pregressi.

Il documento semplificato prevede l'individuazione delle misure strutturali e l'individuazione delle aree da riservare per l'attuazione delle stesse.

Per la redazione del documento semplificato sono stati presi contatti con il gestore del servizio idrico integrato Pavia Acque scarl, che ha indicato i punti critici in cui si verificano esondazioni dalla rete fognaria.

Il gestore, a seguito della richiesta inviata, ha comunicato quanto di seguito riportato (tratto dalla nota di Pavia Acque), con aggiornamento in data 24/12/2020.

*"Premesso che in Pavia la rete fognaria non ha criticità tali da provocare allagamenti di reflui sulla sede stradale o sollevare chiusini d'ispezione per forti portate, si evidenziano comunque alcuni punti che in occasione di eventi temporaleschi particolarmente forti possono creare problemi:*

- *Via Folla di Sotto, Via Cavallini, Zona Ticinello, Porta Calcinara, Via Porta Nuova: in occasione della piena del Ticino la rete fognaria non riesce a defluire regolarmente, conseguentemente i reflui vengono rigurgitati allagando la sede stradale;*
- *Via Taramelli (tratto da Via Bassi a Viale Golgi): è in programma il rifacimento della condotta per la presenza di radici all'interno dell'esistente tubazione che riducono la portata creando allagamenti degli scantinati sprovvisti di valvole di non ritorno;*
- *Via Solferino: la rete compie una curva a 90° verso Via Casteggio creando problemi agli scantinati sprovvisti di valvole di non ritorno, si è programmato la magliatura con la rete di Viale Lodi;*
- *Via Montemaino – Via Mirabello – Piazza San Bernardo: La condotta in arrivo da Via Poligogna ha un diametro DN 700 mm, superiore alla rete a valle. Si stanno eseguendo i lavori di rifacimento della condotta di Via Montemaino fino alla stazione di sollevamento S6 con l'aumento del diametro;*
- *In altre zone della città come Via Mantovani, Via Morazzone, Villa Glori e Via Francana sono stati realizzati delle magliature sulla rete o dei troppi pieni, che hanno consentito di migliorare il deflusso anche in condizioni di pioggia particolarmente intensa.*
- *Via Razzini – Via Bariola – Via Mussini: in occasione di temporali intensi vengono segnalati problemi di rigurgito negli interrati dell'area urbanizzata per allacciamenti al di sotto del piano stradale. Il regolamento di Utenza Pavia Acque prescrive la disconnessione idraulica degli impianti al di sotto del piano viabile dalla rete fognaria pubblica ed il conferimento con stazioni di sollevamento.”*

### **3.6 ANALISI DELLE PROBLEMATICHE IDRAULICHE A SCALA COMUNALE**

#### **3.6.1 Criticità del reticolo fognario**

Le analisi delle problematiche e criticità idrauliche della rete di drenaggio del Comune di Pavia, secondo quanto segnalato dal gestore, derivano prevalentemente dalle seguenti circostanze:

- rigurgito in occasione delle piene del Ticino;
- stato di conservazione delle reti, con alcuni tratti ammalorati;
- geometria delle reti con, in alcune situazioni, bruschi cambi di direzione e diametri non coerenti;
- generale sovraccarico in occasione di eventi di pioggia particolarmente intensi.

#### **3.6.2 Allagamenti segnalati**

Si riportano di seguito gli allagamenti segnalati dal gestore della rete fognaria, individuati anche nell'apposita cartografia allegata (Tavola 2):

1. Via Montemaino, Via Mirabello, piazza San Bernardo, allagamenti per portata in arrivo dalla fognatura di via Poligona:



Figura 3.13 – Via Montemaino

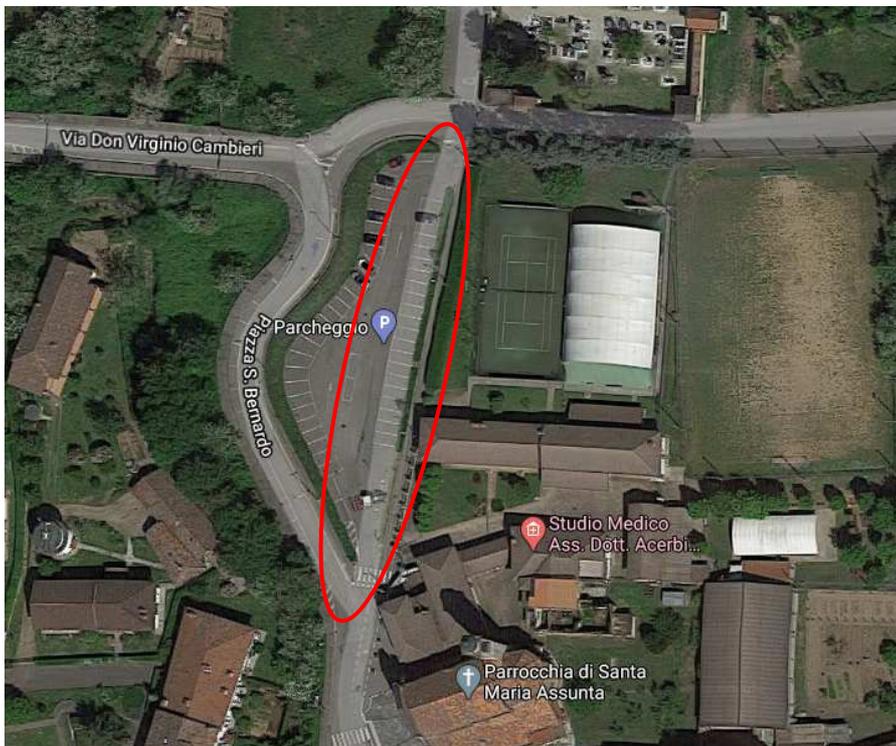


Figura 3.14 – Piazza San Bernardo



3. Via Solferino via Casteggio: allagamenti dovuti al tracciato con brusche curve a 90° della fognatura



Figura 3.17 – Via Solferino via Casteggio

4. Via Folla di Sotto: allagamenti per rigurgito in occasione delle piene del Ticino



Figura 3.18 – Via Folla di Sotto

5. Via Cavallini: allagamenti per rigurgito in occasione delle piene del Ticino

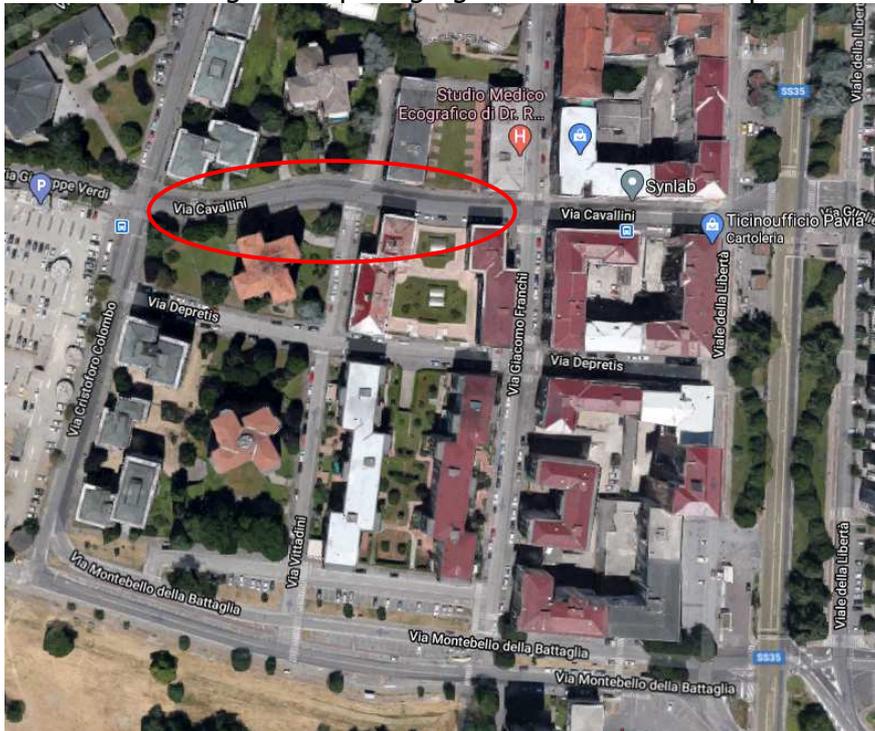


Figura 3.19 – Via Cavallini

6. Via Porta Calcinara: allagamenti per rigurgito in occasione delle piene del Ticino



Figura 3.20 – Via Porta Calcinara

7. Via Porta Nuova: allagamenti per rigurgito in occasione delle piene del Ticino



Figura 3.21 – Via Porta Nuova

8. Via Razzini – Via Bariola – Via Mussini: rigurgito negli interrati dell'area urbanizzata per allacciamenti al di sotto del piano stradale



Figura 3.22 – Via Razzini, via Bariola, via Mussini

### 3.6.3 Descrizione delle criticità

Le criticità idrauliche che emergono dallo studio della documentazione resa disponibile agli scriventi, dagli atti di pianificazione e dalle segnalazioni raccolte, mostrano che il territorio comunale di Pavia è soggetto ad allagamenti legati prevalentemente ai seguenti fenomeni presumibili:

- Allagamenti dovuti al reticolo superficiale;
- Allagamenti dovuti alla fognatura, per effetto del rigurgito che si viene a creare quando il Ticino è in piena;
- Allagamenti dovuti alla fognatura, per effetto del tracciato ed età della rete, in corso di sistemazione da parte del gestore.

### 3.6.4 Valutazioni in merito al rispetto del principio di invarianza idraulica

Il già citato Piano degli sfioratori comunali e consortili comprende una prima analisi dei carichi con riferimento all'art. 8, comma 5 del Regolamento regionale n.7/2017 e ss.mm.ii.: «*Valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei ricettori*», come di seguito riportato:

«5. Al fine di contribuire alla riduzione quantitativa dei deflussi di cui all'articolo 1, comma 1, le portate degli scarichi nel ricettore, provenienti da sfioratori di piena delle reti fognarie unitarie o da reti pubbliche di raccolta delle acque meteoriche di dilavamento, relativamente alle superfici scolanti, ricadenti nelle aree A e B di cui all'articolo 7, già edificate o urbanizzate e già dotate di reti fognarie, sono limitate mediante l'adozione di interventi atti a contenerne l'entità entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore e comunque entro il valore massimo ammissibile di **40 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile** [...]»

Per una prima valutazione di massima dei volumi di laminazione che occorrerebbero su tutto il territorio comunale è stato utilizzato il metodo delle sole piogge, che mette a confronto il volume di pioggia netta caduto sul bacino ed il massimo volume smaltibile nel rispetto dei parametri sopra citati. In questo modo viene individuato il massimo volume di accumulo necessario per un evento con un dato tempo di ritorno.

Questo metodo, che generalmente fornisce una valutazione per eccesso molto cautelativa del volume  $W_0$  della vasca, si basa sul confronto tra la curva cumulata delle portate entranti e quella delle portate uscenti ipotizzando che sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante. In tali condizioni, applicando uno ietogramma netto di pioggia a intensità costante, il volume entrante risulta pari a:

$$W_e = S \cdot \varphi \cdot a' \cdot \theta^{n'}$$

dove  $S$  è la superficie del bacino, mentre il volume uscente con evacuazione della vasca a portata costante  $Q_{u,max}$  risulta:

$$W_u = Q_{u,max} \cdot \theta$$

Il volume massimo da accumulare nella vasca è pari alla massima differenza tra le due curve e può essere individuato graficamente riportando sul piano  $(h, \theta)$  la curva di possibilità pluviometrica netta:

$$h_{\text{net}} = \varphi \cdot a' \cdot \theta^{n'}$$

e la retta rappresentante il volume, riferito all'unità di area del bacino a monte uscente dalla vasca:

$$h_u = \frac{Q_{u,\text{max}}}{S} \cdot \theta$$

Esprimendo matematicamente la condizione di massimo, ossia derivando la differenza  $\Delta W = W_e - W_u$ , si ricava la durata critica per la vasca:

$$\theta_w = \left( \frac{Q_{u,\text{max}}}{S \cdot \varphi \cdot a' \cdot n'} \right)^{\frac{1}{n'-1}}$$

e il volume di invaso

$$W_o = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot a' \cdot \theta_w^n - Q_{u,\text{max}} \cdot \theta_w$$

La valutazione effettuata è quindi basata su parametri unicamente idrologici, non tiene conto della conformazione della rete e dei meccanismi di trasferimento delle portate all'interno di essa e quindi dei processi di laminazione che già si attuano nelle condotte. Ulteriore ipotesi semplificativa è il considerare un unico punto di scarico nel reticolo superficiale ed assumere l'area afferente alla fognatura pressoché coincidente con l'area urbanizzata, senza una suddivisione in bacini elementari fondata sul tracciato della rete fognaria bianca e/o mista.

Inoltre, viene valutato il massimo volume teorico afferente ai punti di scarico, indipendentemente da eventuali limitazioni dovute alla capacità idraulica della rete.

Si ritiene, comunque, utile fornire questo dato al fine di permettere una prima quantificazione degli interventi necessari al raggiungimento degli obiettivi del regolamento.

In questo caso, facendo riferimento alla superficie comunale dotata di fognatura, sono stati considerati i seguenti dati per l'intero bacino:

$$A = 1'265 \text{ ha circa}$$

$$\Phi = 0.2.$$

I valori di  $\Phi$  considerati sono desunti dai risultati delle modellazioni condotte in territori simili e tengono conto di tutti i complessi fenomeni che avvengono nella trasformazione afflussi – deflussi, nonché dell'accumulo temporaneo dell'acqua sul terreno e nelle tubazioni e degli allagamenti che di solito si producono localmente nei territori urbani già per tempi di ritorno di 5 – 10 anni.

Mentre per i parametri della curva di possibilità pluviometrica sono stati adottati i dati già riportati nell'apposito paragrafo per il tempo di ritorno 10 anni.

In base alla metodologia descritta si ottiene un volume di laminazione teorico complessivo pari a circa 60'000 mc in dipendenza del parametro  $\Phi$ .

Gli interventi di laminazione possono essere attuati attraverso la realizzazione di vasche di accumulo, interrate e non, sistemi in linea quali ad esempio supertubi, o sfruttando dove possibile la stessa capacità residua di invaso della rete.

Inoltre, possono essere ricavati volumi di laminazione anche in modo diffuso, individuando aree sulle quali può essere consentito un certo livello di allagamento in determinate condizioni.

Infine, si può intervenire riducendo l'area scolante impermeabile attraverso misure di de-impermeabilizzazione o riducendo le portate immesse nella rete di drenaggio.

Tramite modellazione idraulica sarà possibile affinare le valutazioni parametriche condotte e attribuire a ogni sfioratore il volume di laminazione necessario per il rispetto del limite quantitativo allo scarico e per il rispetto dei vincoli indicati dal RR 6/2019. La modellazione è infatti opportuno sia finalizzata ad individuare gli interventi previsti sia dal RR 7/2017 che dal RR 6/2019. Quest'ultimo prevede all'art. 14 che sia redatto apposito programma di riassetto delle fognature e degli sfioratori. Tale programma e la modellazione realizzata dal comune per lo studio di gestione del rischio idraulico comunale (art. 14 del RR 7/2017) è opportuno siano coordinati tra loro per rispondere in modo integrato alle richieste normative.

### 3.6.4.1 Misure di invarianza idraulica per i piani attuativi

Nell'immagine seguente è riportato uno stralcio della *Tavola con le previsioni di piano* del Piano di Governo del Territorio vigente del comune di Pavia in cui sono rappresentati i piani attuativi.

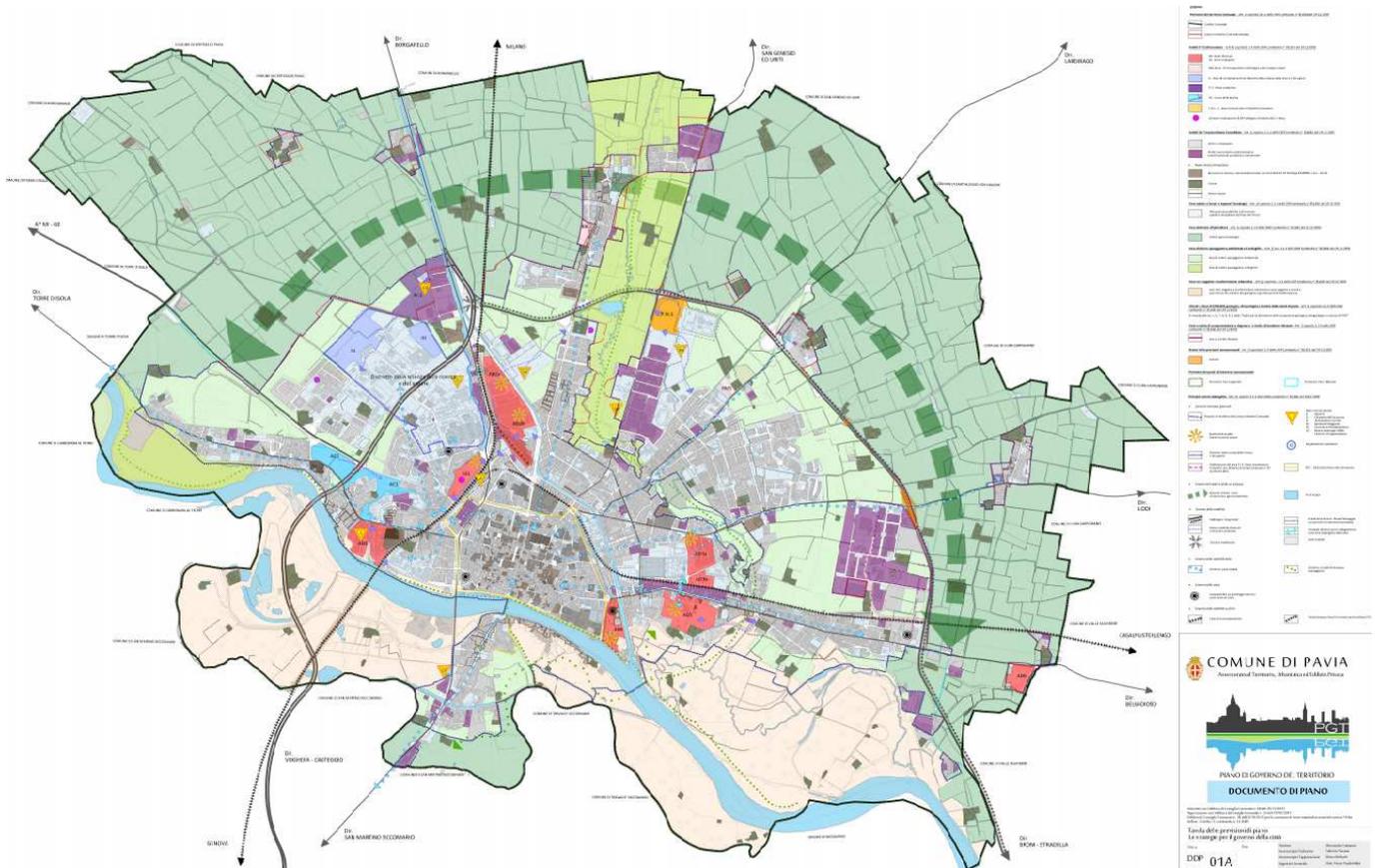


Figura 3.23 – Piani attuativi (PGT Comune di Pavia)

La valutazione della superficie impermeabile e quindi del volume di laminazione necessario per gli ambiti di trasformazione e piani attuativi può essere in prima battuta, in modo semplificato, condotta prendendo a riferimento i limiti indicati all'art. 12 del Regolamento Regionale n. 7/2017 e ss.mm.ii., che prevede il soddisfacimento del requisito minimo rappresentato da 800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile, indipendentemente dall'ubicazione territoriale.

Il comune di Pavia è situato in area B (media criticità idraulica), inoltre l'art. 7, come detto, indica che indipendentemente dall'ubicazione territoriale, sono assoggettati ai limiti allo scarico individuati nel medesimo articolo validi per l'ambito A anche le aree inserite nei PGT comunali come piani attuativi previsti nel piano delle regole (o come ambiti di trasformazione).

Con riferimento alla parte III del documento di piano sono stati quindi effettuate le stime riportate nel seguito, in base al rapporto di copertura indicato (con eventuali bonus

volumetrici), ipotizzando una quota parte a verde permeabile (solitamente il 30%) ed infine associando la rimanenza a pavimentazioni semipermeabili, quali possono essere ad esempio camminamenti e percorsi interni, ed anche parcheggi. In alcuni ambiti di trasformazione si prevede la realizzazione di boschi, qui considerati nella quota parte del 30%. Con particolari accorgimenti progettuali le aree boscate potrebbero essere escluse dal collettamento delle acque meteoriche e quindi non considerate all'interno del calcolo. In via cautelativa in questa sede si è invece stabilito di tenerne conto e di considerarle alla stregua di normali aree verdi permeabili.

Nel calcolo della superficie impermeabile scolante, secondo l'articolo 11, comma 2, lettera d) del regolamento regionale, si è fatto riferimento a differenti valori dei coefficienti di deflusso, cioè:

- pari a 1.00 per tutte le sotto-aree interessate da tetti, coperture e pavimentazioni continue quali strade, vialetti e parcheggi;
- pari a 0.70 = per le pavimentazioni drenanti o semi-permeabili, quali strade, vialetti, parcheggi, tetti verdi;
- pari a 0.30 = per le sotto-aree permeabili di qualsiasi tipo, escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo.

Il calcolo della superficie impermeabile scolante  $S_{is}$  è espresso come:

$$S_{is} = R_c [\%] \times S_f \times 0.70 + V_f [\%] \times S_f \times 0.30 + S_f \times (100\% - (R_c [\%] + V_f [\%])) \times 0.7$$

Con  $R_c$  rapporto di copertura,  $V_f$  verde filtrante,  $S_f$  superfici semipermeabili

da cui un volume di laminazione minimo pari a:

$$V_{lam} = 800 [mc/ha_{IMP}] \times S_{is} [ha_{IMP}].$$

Nella seguente tabella sono indicati i volumi minimi di laminazione per ogni intervento descritto nelle schede del Documento di Piano. La stima è ovviamente, date le informazioni disponibili ed anche le finalità della stessa, indicativa e cautelativa e non vuole in alcun caso andare a porre dei limiti o dei valori da conseguire.

**Si sottolinea infatti che, il calcolo esatto del volume di laminazione, caso per caso, dovrà essere sviluppato all'interno del progetto delle opere di invarianza, previsto dall'art. 10 del R.R. n. 7/2017 così come modificato dal RR n. 8/2019, in funzione delle scelte specifiche operate in ogni ambito.**

Id	Area	S <sub>T</sub>	Rc	S <sub>RC</sub>	Vf	S <sub>Vf</sub>	Sup. restante	S <sub>IS</sub>		V <sub>lam</sub>
		m <sup>2</sup>	[%]	[m <sup>2</sup> ]	[%]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[ha]	[m <sup>3</sup> ]
1	AD1_ARSENALE	143600	59.8%	85873	30%	43080	14647	109050	10.90	8724
2	AD2a_NECCHI E SCALO FS	182291	59.8%	109010	30%	54687	18594	138432	13.84	11075
2	AD2b_NECCHI E SCALO FS	100653	59.8%	60190	30%	30196	10267	76436	7.64	6115
3	AD3_DOGANA	129845	59.8%	77647	30%	38954	13244	98604	9.86	7888
3	AREA AD4_PIAZZALE EUROPA E GASOMETRO	42300	59.8%	25295	30%	12690	4315	32123	3.21	2570
5	AD5_SNIA	169859	59.8%	101576	30%	50958	17326	128991	12.90	10319
6	AREA AD6_EX CHATILLON	60500	59.8%	36179	30%	18150	6171	45944	4.59	3675
7	AMBITO STRATEGICO AS1_NECA	78796	66%	52005	30%	23639	3152	61303	6.13	4904
8	AREA RM1_VIA LARDIRAGO	25284	40%	10114	40%	10114	5057	16687	1.67	1335
9	AREA RM2_MIRABELLO	22846	40%	9138	30%	6854	6854	15992	1.60	1279
10	CPIn1_VIA VIGENTINA	78450	40%	31380	30%	23535	23535	54915	5.49	4393
11	PR1_VIALE CERTOSA	136241	40%	54496	30%	40872	40872	95369	9.54	7629
12	AREA DI COMPENSAZIONE PARCO DELLA BASILICA	88038	20%	17608	40%	35215	35215	52823	5.28	4226
13	AREE DI COMPLETAMENTO DEL DISTRETTO DELLA SCIENZA, DELLA RICERCA E DEL SAPERE (D1+D2)	213250	60%	127950	30%	63975	21325	162070	16.21	12966

Volume tot. Laminazione = m<sup>3</sup> 87099

## **4 INDIVIDUAZIONE DELLE MISURE STRUTTURALI DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA**

### **4.1 CRITERI DI DEFINIZIONE DELLE MISURE**

Secondo il regolamento regionale, il controllo e la gestione delle acque pluviali devono essere effettuati, ove possibile, mediante sistemi che garantiscono l'infiltrazione, l'evapotraspirazione e il riuso. La realizzazione di uno scarico delle acque pluviali in un corpo ricettore è realizzata qualora la capacità di infiltrazione dei suoli risulti essere inferiore rispetto all'intensità delle piogge più intense. Il medesimo scarico deve avvenire a valle di opere di ritenzione dimensionati per rispettare le portate massime ammissibili.

La scelta dell'intervento dovrà essere guidata da una valutazione che consideri:

- la tipologia del sistema adottato;
- il contesto geomorfologico e idrogeologico valutando l'idoneità del sito per l'utilizzo di sistemi di accumulo, infiltrazione e trasporto;
- il contesto paesaggistico e il sistema naturale;
- lo spazio disponibile.

Il regolamento regionale espone sinteticamente, nell'Allegato M, alcune indicazioni di orientamento per la scelta delle misure strutturali di invarianza per la gestione delle acque meteoriche in ambito urbano. Sulla scorta dell'ampia letteratura scientifica disponibile e del suddetto regolamento è possibile individuare i seguenti sistemi principali (rimandando a pubblicazioni specifiche per approfondimenti e per altre tipologie):

#### 1. Opere di laminazione (L):

- 1 - strutture superficiali
- 2 - strutture sotterranee

#### 2. Opere di infiltrazione (I):

- 1 - trincee
- 1 - pozzi drenanti
- 1 - bacini di infiltrazione
- 1 - caditoie filtranti
- 2 - pavimentazioni permeabili

#### 3. Opere per il trasporto ed il controllo delle portate (C):

- 1 - supertubi
- 2 - manufatti di regolazione delle portate

#### 4. Altre opere:

- tetti verdi
- pareti verdi
- fitodepurazione.

I sistemi possono, ovviamente, essere combinati tra loro in funzione delle caratteristiche del sito, sino a giungere a configurazioni più complesse, per perseguire più obiettivi contemporanei: controllo della quantità e qualità delle acque, fruizione, valore estetico ed ecologico.

In funzione dei fattori limitanti di disponibilità di superfici e impermeabilità del suolo è possibile individuare i sistemi più opportuni da adottare: ampia disponibilità di superficie ed elevata permeabilità conducono generalmente alla scelta di sistemi di laminazione superficiale ed infiltrazione, viceversa spazi ridotti e scarsa permeabilità portano solitamente alla scelta di sistemi di accumulo sotterraneo e sistemi di trasporto con regolazione delle portate.

Per le criticità individuate nell'ambito comunale, si propongono gli interventi indicati nella tabella seguente, in parte già attuati dal gestore del servizio idrico integrato.

Data la tipologia di territorio, fortemente urbanizzato e con edificazioni storiche, che rende difficoltosa la realizzazione di superfici di laminazione superficiali ed anche interrato, gli interventi sono per la maggior parte rappresentati da adeguamenti e rifacimenti delle condotte esistenti, con magliature per aumentare la capacità di laminazione e resilienza della rete, oltre a prevedere interventi non strutturali, che saranno più nel dettaglio illustrati nel seguito della relazione.

Per gli allagamenti segnalati in via Razzini e limitrofe, data la localizzazione lontana dall'edificio storico e vista la presenza di un'area a parco sono ipotizzabili anche interventi di separazione della rete con raccolta e dispersione (L, I) delle acque meteoriche in loco con metodologie di drenaggio urbano sostenibile. E' in ogni caso indispensabile che gli scarichi siano dotati di valvole di non ritorno ed eventuale sistema di sollevamento.

<b>Id</b>		<b>Localizzazione</b>	<b>Interventi strutturali</b>	<b>Interventi non strutturali</b>
1		Via Montemaino, Via Mirabello, piazza San Bernardo	Adeguamento rete fognaria in prosecuzione di via Poligona (in corso: rifacimento della condotta di via Montemaino sino alla stazione di sollevamento S6 con aumento del diametro)	
2		Via Taramelli	Rifacimento della condotta	Valvole di non ritorno sugli scarichi
3		Via Solferino, via Casteggio	Magliatura con la rete di viale Lodi per gestire gli eventi di pioggia significativi	Valvole di non ritorno sugli scarichi
4		Via Folla di Sotto		Valvole di non ritorno sugli scarichi, barriere e sistemi di sollevamento
5		Via Cavallini		Valvole di non ritorno sugli scarichi, barriere e sistemi di sollevamento
6		Via Porta Calcinara		Valvole di non ritorno sugli scarichi, barriere e sistemi di sollevamento
7		Via Porta Nuova		Valvole di non ritorno sugli scarichi, barriere e sistemi di sollevamento
8		Via Razzini, Via Bariola, Via Mussini	Separazione della rete con laminazione e infiltrazione in loco nella zona a parco pubblico tra via Razzini e via Ferrara con eventuale deimpermeabilizzazione parcheggio esistente	Valvole di non ritorno sugli scarichi, sistemi di sollevamento

Si segnala, inoltre, che gli allagamenti legati al rigurgito dovuto alle piene del Ticino è necessario siano mitigati, oltre che con le misure non strutturali qui previste, anche con interventi sul corso d'acqua, che, tuttavia, sia per competenze amministrative, che per le disposizioni del RR 7/2017, esulano dalle finalità del presente documento.

Generalmente, il *Documento Semplificato del rischio idraulico comunale*, contiene indicazioni di massima riguardo le misure strutturali di invarianza idraulica e idrologica in riferimento alle conoscenze locali, del gestore del servizio idrico integrato e derivanti dagli atti pianificatori. La modellazione idrodinamica del territorio comunale rappresenta un passo successivo a questo *Documento Semplificato*, utile per la redazione dello *Studio Comunale di Gestione del rischio idraulico*.

**Ovviamente l'individuazione ultima degli interventi richiederà l'implementazione di un modello idrologico idraulico della rete e del territorio secondo quanto previsto dal RR n. 7/2017 e ss.mm.ii..**

Per una gestione più efficiente ed efficace di tutte le acque collettate, nonostante l'attuale presenza prevalente di un sistema di collettamento unitario, si suggerisce per le nuove aree di espansione la realizzazione di una rete fognaria di tipo separato.

La pianificazione di una rete fognaria, inoltre, deve privilegiare, ove possibile, soluzioni atte a ridurre il trasferimento verso valle delle acque meteoriche raccolte nei bacini di monte; secondo questa logica sarebbe auspicabile una raccolta separata delle acque meteoriche non suscettibili di contaminazione ed il loro successivo smaltimento sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo, ove le condizioni idrogeologiche lo consentono.

Una buona pratica per la riduzione dei contributi in fognatura è quella di smaltire le acque piovane intercettate dai tetti e, più in generale, dalle superfici impermeabili localmente, con strategie di Best Management Practices (BMP). Tali strategie, in generale, possono essere sia di tipo non strutturale, attinenti cioè all'uso del suolo, che di tipo strutturale, atte ad incentivare l'infiltrazione e la laminazione locale delle portate meteoriche a monte delle reti di drenaggio urbano. Queste soluzioni mirano ad ottenere due scopi: da un lato ridurre i deflussi di origine meteorica immessi in fognatura, escludendo quelli non inquinanti che non necessitano di un trattamento, dall'altro laminare localmente, cioè prima dell'ingresso in fognatura, i deflussi che devono comunque essere raccolti e trattati.

Le tecniche adottabili per il conseguimento del primo scopo interessano le opere d'infiltrazione e sono differenti, come ad esempio le aree verdi filtranti, le cunette filtranti, i fossi d'infiltrazione, i pozzetti di percolazione e le pavimentazioni permeabili. Per quanto riguarda il secondo scopo, invece, sono richieste, in genere, opere di maggior dimensione quali invasi su coperture piane, invasi su grandi superfici piane e vasche interrato locali.

Oltre agli interventi strutturali si prevedono, inoltre, le misure non strutturali descritte nell'apposito paragrafo.

Come detto, a seguito del presente Documento Semplificato, tramite la redazione dello Studio comunale di gestione del rischio idraulico, ai sensi dell'art. 14 comma 7 del RR n. 7/2017 e ss.mm.ii., sarà possibile implementare la modellazione numerica e proporre in modo puntuale gli interventi previsti, anche in ottica di drenaggio urbano sostenibile e tenendo conto delle condizioni al contorno di monte e degli aspetti legati alla qualità delle acque. La proposta di intervento così individuata dovrà essere analizzata alla luce delle previsioni del Piano di Ambito e tramite il confronto con l'Ufficio d'Ambito ed il gestore della rete.

## **5 INDIVIDUAZIONE DELLE MISURE NON STRUTTURALI**

Il Regolamento Regionale n. 7/2017 e ss.mm.ii. prevede all'art 14 che sia lo studio comunale di gestione del rischio idraulico, che il documento semplificato del rischio idraulico comunale debbano contenere l'individuazione di misure non strutturali atte al controllo e possibilmente alla riduzione delle suddette condizioni di rischio idraulico a cui è soggetto il territorio.

Nel seguito della presente relazione vengono presentate le principali misure non strutturali ed esempi di buone prassi messe in atto in ambiti simili ed individuate per lo specifico territorio le più opportune azioni attuabili a scala comunale.

### **5.1 PRINCIPALI TIPOLOGIE DI INTERVENTI NON STRUTTURALI**

#### **5.1.1 Comunicazione del rischio ai cittadini e pratiche di autoprotezione**

Un'importante misura non strutturale riguarda la comunicazione del rischio, delle procedure di emergenza già definite e delle misure di autoprotezione e prevenzione alla comunità interessate dagli allagamenti.

A tal fine possono essere organizzati specifici incontri di comunicazione e formazione alla cittadinanza, da parte di operatori specializzati e/o volontari. Gli incontri possono essere effettuati per gruppi omogenei di cittadini, che vivono le stesse situazioni di rischio o sono portatori di interessi analoghi (ad. es. commercianti, residenti, industrie) e coinvolgendo le scuole.

Un aspetto di assoluto rilievo riguarda l'effettiva taratura degli incontri sul territorio specifico, informando sia su concetti generali ma soprattutto sulla reale situazione in essere nei comuni coinvolti.

Gli strumenti informativi e di formazione di base da utilizzare possono essere audiovisivi e materiale divulgativo cartaceo messi a disposizione dalle istituzioni, quali ad esempio la Protezione Civile Nazionale o l'Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica (CNR – IRPI).

Un'utile iniziativa di informazione e formazione è quella collegata alla campagna di comunicazione nazionale "Io non rischio" sulle buone pratiche di protezione civile. Il punto di partenza della campagna è la presa di coscienza che l'esposizione individuale ai rischi a cui è soggetto il territorio italiano (terremoto, maremoto, alluvione, frane, etc.) può essere sensibilmente ridotta attraverso la conoscenza del problema, la consapevolezza delle possibili conseguenze e l'adozione di alcuni semplici accorgimenti. Io non rischio è anche lo slogan della campagna, il cappello sotto il quale ogni rischio viene illustrato e raccontato ai cittadini insieme alle buone pratiche per minimizzarne l'impatto su persone e cose.

Nel weekend dedicato alla campagna vengono allestiti degli stand informativi nelle piazze dei comuni interessati. I volontari distribuiscono i materiali informativi e rispondono alle domande dei cittadini sulle possibili azioni da fare per ridurre il rischio alluvione.

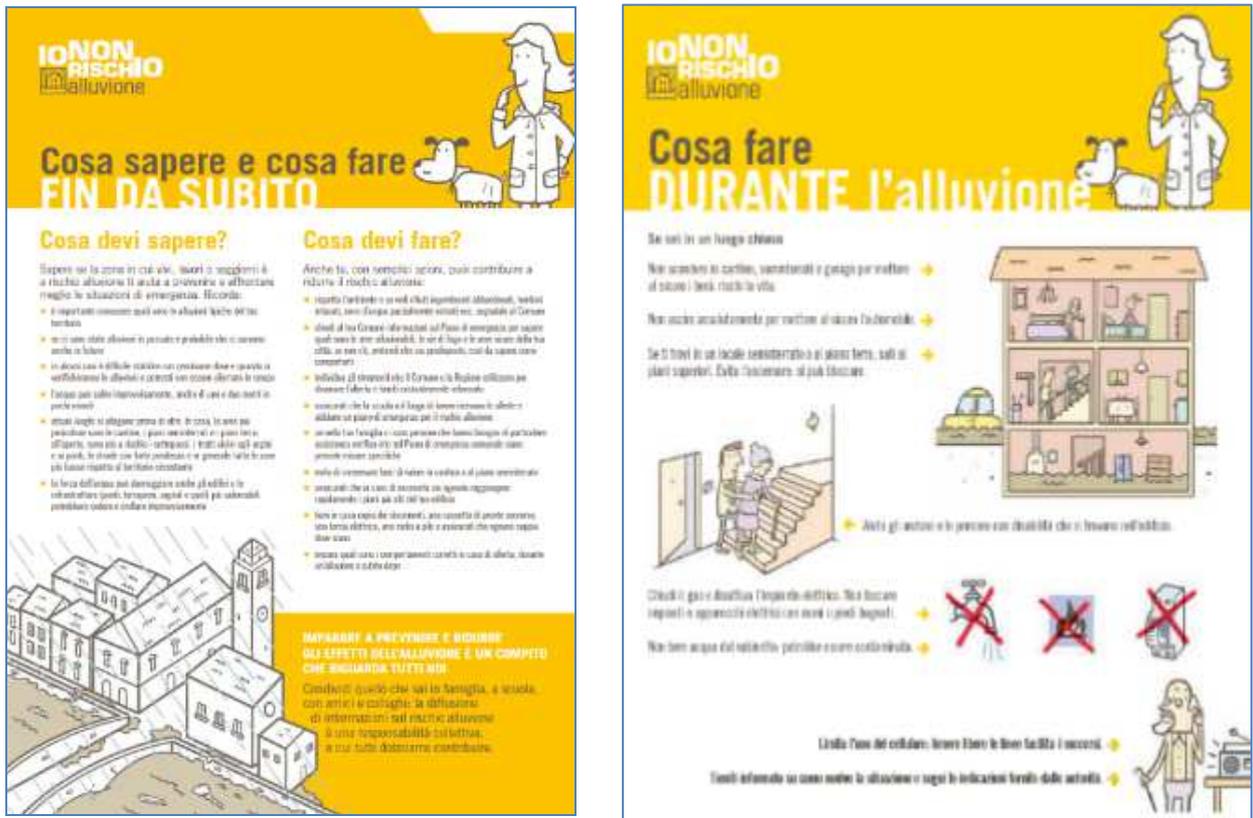


Figura 5.1 – Pieghevole della campagna nazionale “Io non rischio – buone pratiche di protezione civile: alluvione” <http://iononrischio.protezionecivile.it/alluvione/materiali-informativi/>

### 5.1.2 Coinvolgimento delle comunità locali: iniziative di Citizen Science

La direttiva 2007/60/CE ed anche la direttiva quadro sulle acque 2000/60/UE promuovono il coinvolgimento dei cittadini, necessario per garantire il successo della direttiva stessa, che dipende da una stretta collaborazione e da un’azione coerente a livello locale, della Comunità e degli Stati membri e dall’informazione, dalla consultazione e dalla partecipazione dell’opinione pubblica.

Per coinvolgere i cittadini, oltre alle iniziative di comunicazione descritte al paragrafo precedente, possono essere implementati progetti di Citizen Science applicati agli ambiti di interesse: riqualificazione fluviale, biodiversità, qualità delle acque e rischio idraulico.

Il termine Citizen Science (letteralmente, scienza dei cittadini in inglese) indica quel complesso di attività collegati ad una ricerca scientifica a cui partecipano semplici cittadini. E’ un modo per coinvolgere le comunità locali in attività che comportano una presa di coscienza ed un aumento della conoscenza e della competenza dei cittadini che vi partecipano ed al contempo consente a ricercatori ed istituzioni di ampliare i dati raccolti sulle variabili ambientali, da utilizzare per progetti di ricerca, ma anche per la pianificazione, progettazione e gestione delle emergenze.

L’aumentata conoscenza da parte dei cittadini consente anche scelte più consapevoli e partecipate e di innescare percorsi virtuosi di coinvolgimento, che nel contesto del

presente progetto possono essere recepiti e valorizzati all'interno del Contratto di fiume ([www.contrattidifiume.it](http://www.contrattidifiume.it)).

L'ampia diffusione, anche tra i non addetti, di tecnologie e sensori utili per la raccolta dati (ad esempio tramite gli smartphone), rendono possibile attraverso iniziative di Citizen Science il coinvolgimento dei cittadini nella misurazione di grandezze legate ai fiumi, quali ad esempio i livelli idrici o anche le portate.

Nell'ambito delle misure dei livelli idrici si segnalano due progetti di Citizen Science, presentati all'European Geoscience Union 2017 e alla prima conferenza italiana sulla Citizen Science, tenutasi a Roma nel novembre 2017:

- **Crowd Water** (<http://www.crowdwater.ch>): progetto svizzero promosso dall'Università di Zurigo, per la misura relativa dei livelli tramite aste virtuali rispetto uno zero idrometrico fissato dagli utenti, tramite l'utilizzo di smartphone;
- **Cithyd** (Citizen Hydrology <http://cithyd.com>): progetto italiano promosso dalla società WISE, per la misura dei livelli tramite asta idrometrica fisica e l'utilizzo di smartphone.

Il progetto Crowd Water tramite l'App Spotteron, scaricabile gratuitamente sia per Android che per IOS, permette a volontari di inserire aste virtuali e quindi misure su qualsiasi fiume di interesse. All'interno della App è implementata anche la possibilità di indicare classi di umidità del suolo per aree di interesse.

L'immagine seguente mostra alcune schermate della App associata a Crowd Water, come si presenta su un comune smartphone.

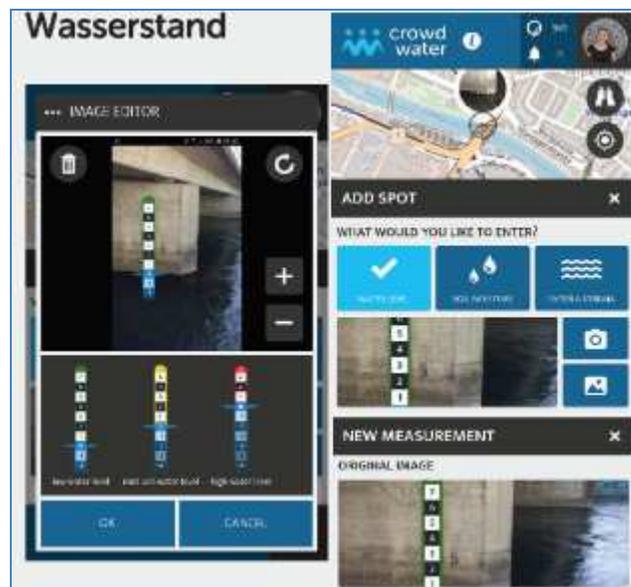


Figura 5.2 – Alcune schermate del progetto Crowd Water [da [www.crowdwater.ch](http://www.crowdwater.ch)]

Il progetto CITHYD (Citizen Hydrology) è sviluppato tramite una web-App, che riceve i dati di livello idrico misurati dai cittadini in sezioni fluviali dotate di asta idrometrica e di un cartello informativo, munito di codice QR, esegue delle semplici verifiche, memorizza i dati

in un geodatabase e li pubblica per tutti (Open Data). L'applicazione è un utile strumento per il coinvolgimento delle persone nella raccolta dati in modo semplice e rapido ed anche per avvicinarle al fiume e al territorio periferuale, per la fruizione, l'accrescimento dell'identità territoriale e la cura delle risorse idriche e dell'ambiente. Cithyd è stata citata anche come esempio delle misure previste nel Progetto di sottobacino del Seveso nell'ambito dei Contratti di fiume.

L'immagine seguente mostra alcune schermate della web-App.

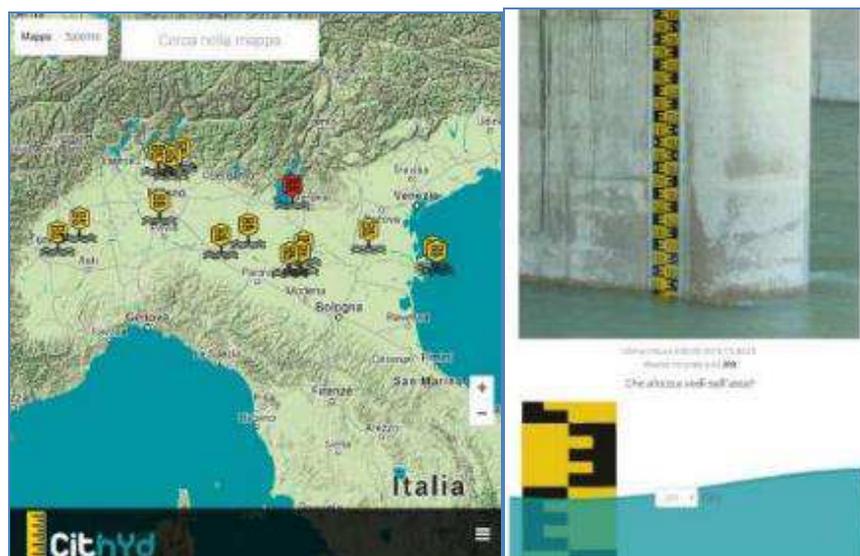


Figura 5.3 – Alcune schermate della web App Cithyd [da www.cithyd.com]

### 5.1.3 Sistemi di monitoraggio ed allerta

Tra le misure non strutturali rivestono particolare importanza i sistemi di monitoraggio ed allerta, che consentono di conoscere il livello e/o la portata del corso d'acqua strumentato ed anche altri parametri ambientali (quali ad esempio temperatura, velocità e direzione del vento e precipitazione) in funzione dei sensori installati.

La conoscenza dei livelli del corso d'acqua permette infatti di attivare, in relazione al raggiungimento di alcune soglie prefissate (attenzione, preallerta, allerta), procedure di emergenza per la gestione di eventuali alluvioni e quindi per la riduzione del danno.

Per rendere ancora più efficace l'impiego dei dati misurati è inoltre possibile implementare e tarare specifici modelli previsionali di piena in tempo reale, in grado di prevedere un evento pericoloso con un tempo sufficiente per mettere in sicurezza persone e beni.

I sistemi di monitoraggio possono essere inoltre collegati a dispositivi in grado di attuare delle misure di protezione, ad esempio semafori o barriere a funzionamento automatico per impedire l'accesso ad aree soggette ad allagamenti.

### 5.1.4 Piani e studi di approfondimento

Tra le misure non strutturali previste nel PGRA del bacino del Po sono indicati approfondimenti e studi per migliorare la conoscenza della pericolosità e dell'efficacia degli interventi, tramite analisi idrologiche e idrauliche degli scenari di rischio residuale,

verifiche di compatibilità di ponti, infrastrutture ed impianti e studi e azioni per prescrivere o promuovere il principio dell'invarianza idraulica (e idrologica). Il presente documento costituisce pertanto già una prima misura non strutturale messa in atto, da completare con un'analisi più approfondita condotta tramite modellazioni numeriche della rete di fognatura.

### **5.1.5 Indicazioni e prescrizioni da inserire nel PGT o nel Regolamento Edilizio**

L'attuale Regolamento Edilizio (approvato dal Consiglio Comunale nella seduta del 28 novembre 2008 e modificato con delibera del 6 gennaio 2013) prevede all'art. 67 una specifica disciplina per gli scarichi e le reti.

Esso recita in particolare:

Comma 1) ai fini della riduzione dell'apporto inquinante derivante dalle acque meteoriche drenate, occorre privilegiare soluzioni atte a ridurre le portate meteoriche circolanti nelle reti fognarie, sia unitarie sia separate, prevedendo una raccolta separata delle acque meteoriche non suscettibili di essere contaminate;

Comma 4) Le acque meteoriche provenienti dai pluviali di scarico delle coperture dei fabbricati devono essere convogliate in appositi pozzi perdenti, che ne consentano il recapito sul suolo e negli strati superficiali del sottosuolo.

Il regolamento edilizio, pertanto, già incentiva le pratiche dell'infiltrazione e la riduzione delle portate meteoriche immesse in rete.

Le previsioni regolamentari possono, inoltre, puntare sui seguenti aspetti:

- promozione e incentivazione dell'adozione delle misure di invarianza idrologica ed idraulica anche all'edificio esistente o a casistiche non attualmente previste dal RR 7/2017, prevedendo eventualmente anche limiti di adozione volontaria meno restrittivi;
- inserimento negli interventi urbanistici soggetti a convenzione pubblica di ulteriori volumi da destinare alla laminazione delle acque, con lo scopo di ridurre fabbisogni o criticità insistenti su aree limitrofe;
- prescrizioni o incentivazione dell'adozione di pavimentazioni semipermeabili per ampie casistiche, con accumulo delle acque ed eventuale infiltrazione in funzione del territorio, dell'utilizzo e delle condizioni idrogeologiche;
- adozione di accorgimenti costruttivi di "flood proofing" in funzione delle criticità idrauliche individuate, al fine di rendere più resilienti gli edifici esistenti o le nuove edificazioni al rischio allagamenti, tramite la progettazione specifica ad esempio dei seguenti elementi: quote delle soglie di ingresso, posizione ed orientamento degli accessi, conformazione delle aree a verde prediligendo depressioni con accumulo;
- adozione di elementi di drenaggio urbano sostenibile nella progettazione delle strade, dei parcheggi e dell'arredo urbano, quali trincee, fossi e bacini di bioritenzione e infiltrazione.
- 

### **5.1.6 Difese temporanee**

Oltre alle difese permanenti, volte a diminuire la probabilità di accadimento di un prefissato evento di piena è possibile mettere in atto anche difese di tipo temporaneo, per

proteggere il territorio per eventi di piena più gravosi o per diminuire i danni che quell'evento può produrre sul territorio.

Le difese temporanee possono essere adottate, nelle varie tipologie disponibili, sia dai soggetti istituzionali, sia dai cittadini per la difesa delle proprie proprietà private.

Le difese temporanee possono essere indicativamente raggruppate nelle seguenti classi (secondo lo statunitense US Army Corps of Engineers. National Nonstructural/Flood Proofing Committee - NFPC):

- barriere temporanee;
- dispositivi di chiusura;
- valvole antiriflusso;
- sistemi di pompaggio.

Le barriere temporanee sono dispositivi da posizionare in previsione di eventi di piena per gestire l'eventuale allagamento del territorio, si va dai classici sacchetti di sabbia, storicamente usati per questo scopo, a prodotti più tecnologici e recenti, quali barriere tubolari in materiale plastico, riempibili ad aria o ad acqua, o ancora a barriere metalliche provvisorie a montaggio manuale.

Nelle immagini seguenti sono mostrate alcuni modelli in commercio delle varie tipologie.



Figura 5.4 – Barriera temporanea antiesondazione in sacchi di sabbia



Figura 5.5 – Barriera temporanea in sacchi riempiti con materiale sintetico assorbente



Figura 5.6 – Barriera temporanea antiesondazione riempita ad aria



Figura 5.7 – Barriera temporanea antiesondazione riempita ad acqua



Figura 5.8 – Barriera temporanea antiesondazione autostabile modulare



Figura 5.9 – Barriera temporanea modulare con pilastri e panconi manuali in alluminio

I dispositivi di chiusura sono costituiti da paratoie e panconi a chiusura delle aperture nei muri o recinzioni, per evitare l'ingresso di acqua e sono solitamente utilizzate a protezione degli edifici. Possono essere dei cancelli a tenuta stagna, paratoie a sollevamento automatico o paratoie manuali, da montare in previsione di possibili allagamenti. In funzione dell'importanza dell'edificio o attività da proteggere, dell'evento temuto e dell'esistenza di vincoli di budget è possibile scegliere la tipologia più adatta. Nelle immagini seguenti sono mostrati alcuni dispositivi, sia manuali, che automatici.



Figura 5.10 – Paratoia di chiusura a scorrimento orizzontale per un cancello a tenuta idraulica



Figura 5.11 – Paratoie manuali a protezione di porte di ingresso

L'insufficienza della rete e l'impossibilità da parte del sistema fognario a scaricare le acque raccolte può far sì che le acque in eccesso nella rete fognaria possano trovare improprio sfogo nei terminali installati nelle abitazioni e quindi possano esserci allagamenti dovuti al rigurgito delle acque negli impianti.

Per evitare il verificarsi di tali situazioni e diminuire quindi il danno che le alluvioni possono produrre è consigliato installare dei dispositivi anti-riflusso tra le tubazioni private e la rete pubblica di raccolta delle acque. L'immagine seguente mostra il funzionamento del sistema antiriflusso, che impedisce alle acque della rete fognaria di risalire la tubazione di scarico.



Figura 5.12 – Funzionamento del sistema antiriflusso

### 5.1.7 Segnaletica e pannelli a messaggio variabile

Tra le situazioni più critiche che possono verificarsi durante un'alluvione rientrano gli allagamenti dei sottopassi di attraversamento, che troppo spesso divengono trappole in grado di catturare gli automobilisti e immobilizzare i veicoli mentre salgono velocemente i livelli idrici.

Una efficace misura non strutturale per la gestione di questi punti critici è data dall'installazione di semafori collegati a sensori, o anche attivabili da remoto, che possono quindi divenire rossi ed impedire l'accesso alle aree di maggiore criticità prima dell'instaurarsi di livelli idrici pericolosi. Un ulteriore strumento di informazione può essere rappresentato da pannelli a messaggio variabile, installabili in vari punti del comune, per avvisare i cittadini dei fenomeni in atto o previsti e dare eventuali istruzioni ed informazioni, quali ad esempio chiusure stradali e percorsi alternativi.



Figura 5.13 – Segnaletica e pannelli a messaggio variabile

## 5.2 MISURE NON STRUTTURALI INDIVIDUATE

Le misure non strutturali individuate e indicate nella Tavola2 sono:

- valvole di ritegno per evitare il riflusso delle acque;
- barriere mobili
- sistemi di pompaggio provvisionali

La tabella seguente riepiloga le principali misure non strutturali che possono essere impiegate sul territorio comunale ed individua le più opportune in relazione al contesto ed alla tipologia e cause presumibili degli allagamenti presenti.

Le principali misure non strutturali devono essere inserite in un sistema più articolato che preveda un'organizzazione e opportune procedure da mettere in atto in previsione di una situazione meteorologica avversa e durante gli eventi significativi.

Campagne di comunicazione ed educazione sono infine sempre auspicabili, poiché possono portare ad un sensibile incremento della resilienza e capacità di risposta della comunità, con effetti positivi sulla diminuzione della vulnerabilità e quindi del rischio.

Misura non strutturale	Applicabilità nel territorio comunale
Comunicazione del rischio ai cittadini e educazione sulle pratiche di autoprotezione	X
Coinvolgimento delle comunità locali: iniziative di Citizen Science	X
Sistemi di monitoraggio ed allerta	X
Piani e studi di approfondimento	X
Difese temporanee:	
1. Barriera temporanea antiesondazione in sacchi di sabbia	
2. Barriera temporanea in sacchi riempiti con materiale sintetico assorbente	X
3. Barriera temporanea antiesondazione riempita ad aria	
4. Barriera temporanea antiesondazione riempita ad acqua	
5. Barriera temporanea antiesondazione autostabile modulare	X
6. Barriera temporanea modulare con pilastri e panconi manuali in alluminio	
7. Paratoia di chiusura a scorrimento orizzontale per un cancello a tenuta idraulica	
8. Paratoie manuali a protezione di porte di ingresso	
9. Funzionamento del sistema antiriflusso	X
Sistemi di pompaggio	X

Pannelli a messaggio variabile	X
--------------------------------	---

Figura 5.14 – Tabella di riepilogo delle tipologie di misure non strutturali applicabili

In particolare, per le criticità puntuali individuate sono state ipotizzate le seguenti misure non strutturali:

<b>Id</b>	<b>Localizzazione</b>	<b>Interventi non strutturali</b>
2	Via Taramelli	Valvole di non ritorno sugli scarichi
3	Via Solferino, via Casteggio	Valvole di non ritorno sugli scarichi
4	Via Folla di Sotto	Valvole di non ritorno sugli scarichi, barriere e sistemi di sollevamento
5	Via Cavallini	Valvole di non ritorno sugli scarichi, barriere e sistemi di sollevamento
6	Via Porta Calcinara	Valvole di non ritorno sugli scarichi, barriere e sistemi di sollevamento
7	Via Porta Nuova	Valvole di non ritorno sugli scarichi, barriere e sistemi di sollevamento
8	Via Razzini, Via Bariola, Via Mussini	Valvole di non ritorno sugli scarichi, sistemi di sollevamento

### I tecnici

**Dott. Geol. Efrem Ghezzi**



**Dott. Ing. Marta Gaboardi**



**Dott. Geol. Pietro Breviglieri**

