

**COMUNE DI GORNATE OLONA
PROVINCIA DI VARESE**

committente:

COMUNE DI GORNATE OLONA

oggetto:

**STUDIO DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO
COMUNALE (redatto ai sensi del regolamento
recante criteri e metodi per il rispetto del principio
dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'art.
58 bis della L.L. 11.03.2005, n. 12) CON VERIFICA
DELLE CONDIZIONI LOCALI DI PERICOLOSITÀ E
DI RISCHIO IDRAULICO (ai sensi dell'allegato A alla
d.G.R. 19.06.2017, n. X/6738)**

dicembre 2021

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

IL PROFESSIONISTA
dott. ing. Giorgio Amolari

dott. ing. GIORGIO AMOLARI

STUDIO INGEGNERIA IDRAULICA-AMBIENTALE

via Parini – 21040 VENEGONO SUPERIORE (VA)

tel/fax 0331/820920

e-mail: ing.amolari@libero.it

domicilio fiscale: via nobili Martignoni, 1 – 21043 CASTIGLIONE OLONA (VA)

Dis. n. 64239/R

Data DIC. 2021

modif.

copie

1

INDICE

<u>1</u>	<u>Premessa.....</u>	<u>4</u>
<u>2</u>	<u>Compilazione del quadro delle conoscenze disponibili.....</u>	<u>6</u>
2.1	Esame dei caratteri idrologici locali	6
2.1.1	Definizione degli eventi meteorici di riferimento	6
2.1.2	Eventi alluvionali occorsi in passato.....	13
2.2	Notizie desunte dagli strumenti di pianificazione vigenti e da studi pregressi	24
2.2.1	Note geologiche e geomorfologiche.....	24
2.2.2	Idrografia di superficie ed idrogeologia	26
2.2.3	Rete di drenaggio urbano	34
<u>3</u>	<u>Elaborazioni di calcolo</u>	<u>35</u>
3.1	Introduzione.....	35
3.2	Calcoli idraulici svolti lungo l’asta del fiume Olona	37
3.2.1	Assetto geometrico dell’alveo	37
3.2.2	Determinazione delle portate di piena.....	38
3.2.3	Determinazione dei livelli attesi in alveo	39
3.2.4	Calcolo della distribuzione delle condizioni di pericolosità e rischio idraulico, ai sensi degli allegati alla D.G.r. 30.11.2011, n. IX/2616.....	45
3.3	Calcoli idrologici ed idraulici condotti con riferimento ai copri idrici minori	46
3.3.1	Introduzione	46
3.3.2	Corpo idrico n. 1 (val Dessera)	47
3.3.3	Corpo idrico n. 2.....	50
3.3.4	Corpo idrico n. 3.....	54
3.3.5	Corpo idrico n. 4 (torrente Marrubio)	57
3.3.6	Corpo idrico n. 5.....	61
3.3.7	Corpo idrico n. 6.....	66
3.3.8	Corpo idrico n. 7 (Vallone)	67
3.3.9	Corpi idrici nn. 8 ed 8-bis.....	71
3.3.10	Corpo idrico n. 9.....	71
3.3.11	Corpi idrici nn. 10 ed 11.....	73
3.3.12	Corpo idrico n. 13 (fontanile Refreggio).....	73
3.3.13	Corpo idrico n. 14 (valle Scura).....	73
3.4	Valutazioni idrologiche condotte sulla rete comunale di scolo.....	75
3.4.1	Introduzione	75
3.4.2	Descrizione generale della rete.....	76
3.4.3	Calcolo delle portate.....	76
<u>4</u>	<u>Elaborati di sintesi.....</u>	<u>89</u>
4.1	Mappatura delle aree vulnerabili dal punto di vista idraulico.....	89

4.2	Mappatura delle condizioni di rischio idraulico.....	90
4.3	Mappatura delle aree non idonee alla infiltrazione al suolo.....	91
4.3.1	Generalità	91
4.3.2	Aree con terreni a bassa permeabilità.....	92
4.3.3	Zone instabili o potenzialmente instabili.....	92
4.3.4	Aree caratterizzate da falda sub-affiorante.....	92
4.3.5	Aree caratterizzate da alta vulnerabilità della falda acquifera.....	93
4.3.6	Aree con terreni potenzialmente contaminati.....	93
5	<u>Attuazione delle politiche di invarianza a scala comunale.....</u>	94
5.1	Introduzione e linee guida	94
5.2	Misure strutturali	94
5.2.1	Definizione normativa.....	94
5.2.2	Misure inerenti la gestione del reticolo idrografico di superficie.....	95
5.2.3	Misure di adeguamento della rete urbana di scolo	95
5.2.4	Misure di dettaglio concepite per gli ambiti di nuova trasformazione	96
5.2.5	Aree da riservare all'attuazione delle misure strutturali di invarianza.....	106
5.3	Misure non strutturali.....	106
5.3.1	Definizione normativa.....	106
5.3.2	Altre misure di programmazione urbanistica	107
5.3.3	Misure finalizzate all'ampliamento del quadro cognitivo;.....	108
5.3.4	Misure attinenti la prevenzione del rischio	108
6	<u>Integrazione con gli altri strumenti di pianificazione comunale</u>	108
	<u>APPENDICE N.1: ALTEZZE DI PIOGGIA DI RIFERIMENTO</u>	109
	<u>APPENDICE N.2: CALCOLI IDRAULICI PER LA DETERMINAZIONE DEI LIVELLI DI PIENA E DELLE VELOCITÀ DI DEFLUSSO</u>	112
1	<u>Principi teorici per la trattazione delle correnti a pelo libero.....</u>	112
2	<u>Calcolo delle condizioni di moto per alvei cilindrici.....</u>	113
	<u>APPENDICE N.3: LA FORMAZIONE DELLE ONDE DI PIENA NEI BACINI PREVALENTEMENTE NATURALI</u>	116
	<u>APPENDICE N .4: LA FORMAZIONE DELLE ONDE DI PIENA NEI BACINI FORTEMENTE ANTROPIZZATI</u>	119

<u>1</u>	<u>Analisi dei dati descrittivi delle caratteristiche pluviometriche locali</u>	<u>119</u>
<u>2</u>	<u>Determinazione dello ietogramma di progetto.....</u>	<u>120</u>
<u>3</u>	<u>Ragguaglio delle piogge all'area.....</u>	<u>121</u>
<u>4</u>	<u>Modello di trasformazione afflussi - deflussi.....</u>	<u>121</u>
4.1	Introduzione.....	121
4.2	Determinazione della pioggia netta.....	122
4.3	Formulazione di un modello matematico per la descrizione del comportamento del bacino in esame.....	123
4.3.1	Formulazione generale	123
4.3.2	Formulazione semplificata, utilizzata in caso di adozione del modello con relazione tra altezze e durate di pioggia di tipo monomio	124
	<u>Bibliografia</u>	<u>126</u>

1 Premessa

Con Deliberazione in data 20.11.2017, n. X/7372, la Giunta regionale determinò di dare seguito alle indicazioni già contenute nella L.R. 15.03.2016, n. 4, “Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d’acqua”, con l’approvazione del “Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’art. 58 bis della L.R. 11.03.2005, n. 12”, testo identificato in seguito con il nome di “Regolamento Regionale 23.11.2017, n. 7” (di qui innanzi, indicato semplicemente come Regolamento), e successivamente integrato con D.G.r. 28.06.2018, n. XI/248 (Regolamento Regionale 29.06.2018, n. 7), e con D.G.r. 15.04.2019, n. XI/1516 (Regolamento Regionale 19.04.2019, n. 8).

Nella versione oggi vigente, detto Regolamento definisce le porzioni del territorio regionale caratterizzate da condizioni di alta e media criticità idraulica, e reca, all’art. 14, primo comma, l’obbligo, per tutti i Comuni ricadenti in tali aree, di provvedere, in occasione della prima scadenza del documento di piano, alla redazione dello “studio di gestione del rischio idraulico comunale”, compilato secondo i criteri enunciati al settimo comma del medesimo articolo, e contenente:

- la definizione degli eventi meteorici di riferimento da assumere per l’esecuzione di calcoli idrologici sul territorio comunale, con rispettivi tempi di ritorno di 10, 50 e 100 anni;
- l’individuazione dei ricettori ove trovano recapito le acque meteoriche di dilavamento del territorio comunale (corpi idrici di superficie o reti fognarie), con indicazione dei rispettivi gestori;
- la delimitazione delle aree soggette ad allagamento per effetto della morfologia del territorio, oppure per insufficienza delle rete fognaria, individuate a seguito dell’esecuzione di uno studio idraulico relativo all’intero territorio comunale che comprenda:
 - il calcolo dei deflussi meteorici, in termini di volumi e portate, per gli eventi meteorici caratterizzati da tempi di ritorno di 10, 50 e 100 anni;
 - l’assunzione del database topografico comunale e dei rilievi esistenti, con facoltà di elaborazione di un nuovo modello digitale del terreno, qualora i rilievi disponibili non siano caratterizzati da sufficiente livello di dettaglio;
 - la valutazione della capacità di smaltimento dei reticoli fognari presenti sul territorio, basata sul rilievo di dettaglio della rete;
 - la valutazione della capacità di smaltimento dei ricettori, utilizzando studi o rilievi di dettaglio degli stessi, se disponibili, oppure attraverso valutazioni di massima;
 - l’individuazione delle aree in cui si accumulano le acque, provocando quindi allagamenti;
- la delimitazione delle aree a rischio idraulico del territorio comunale, come definibili in base agli atti pianificatori esistenti, alle documentazioni storiche ed alle conoscenze locali;
- 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;
- l’indicazione delle misure non strutturali ai fini dell’attuazione delle politiche di invarianza idraulica e idrologica a scala comunale;
- l’individuazione delle porzioni del territorio comunale inadatte allo smaltimento delle acque pluviali per infiltrazione nel suolo e negli strati superficiali del sottosuolo (per presenza di falda subaffiorante, ovvero di terreni a bassa permeabilità, di zone instabili, potenzialmente instabili o suscettibili di formazione o di ampliamento di cavità sotterranee, di aree caratterizzate da alta vulnerabilità della falda acquifera, o di suoli contaminati).

In tema di gestione del rischio idraulico insistente sul territorio comunale, le incombenze sopra menzionate si sommano a quanto previsto dalla precedente D.G.r. 19.06.2017, n. X/6738 (“Disposizioni regionali concernenti l’attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione – PGRA – nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza, ai sensi dell’art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l’assetto idrogeologico – PAI – del bacino del Fiume Po, così come integrate dalla variante adottata in data 07.12.2016 con deliberazione n. 5 dal comitato istituzionale dell’autorità di bacino del Fiume Po”), ove ai Comuni già in precedenza interessati dalla pianificazione di bacino formulata nel Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Po (PAI), in presenza di aree classificate come “a rischio molto elevato”, viene richiesto di verificare (e se necessario aggiornare) le valutazioni dettagliate delle condizioni di pericolosità e rischio locali eventualmente già svolte in passato, con le finalità espresse in allegato alla delibera, al § 4, come segue:

“...

- *individuare la necessità di mettere in opera interventi locali di riduzione del rischio (della vulnerabilità, dell’esposizione o di entrambe) nonché di ripristino provvisorio delle condizioni di sicurezza degli edifici esistenti e prioritariamente sulle infrastrutture per la gestione dell’emergenza, in particolare centri di coordinamento, aree di emergenza e viabilità di collegamento, così come risultanti dalla pianificazione di emergenza vigente;*
- *guidare, attraverso idonee prescrizioni costruttive ed edilizie, le ulteriori trasformazioni urbanistiche in modo che non subiscano danni significativi in caso di evento alluvionale;*
- *individuare le aree ove favorire la delocalizzazione degli insediamenti esistenti anche prevedendo forme di perequazione, compensazione e incentivazione;*
- *individuare le aree da assoggettare a eventuali piani di demolizione degli insediamenti esistenti e di rinaturalizzazione;*
- *definire specifici scenari di rischio e relativi modelli d’intervento nel Piano di Emergenza Comunale ai fini della salvaguardia della popolazione esposta al rischio alluvione;*
- *supportare l’amministrazione stessa nell’individuazione degli ambiti di esclusione dall’applicazione della L.R. 10.03.2017, n. 7 “Recupero dei vani e locali seminterrati esistenti”*

...”

In seguito a tutto quanto sopra, il Responsabile del Servizio Tecnico del Comune di Gornate Olona affidò allo scrivente, con determinazione 25.06.2021, nn. 98 (registro di settore) e 174 (registro generale), l’incarico per lo svolgimento delle attività che seguono:

- la verifica, con eventuale aggiornamento, delle valutazioni dettagliate delle condizioni di pericolosità e rischio locali già svolte in passato entro le aree che risultino classificate nel P.G.R.A. come aree R4 (rischio molto elevato), sia lungo l’asta del fiume Olona che lungo l’asta del torrente Tenore, da svolgere seguendo le metodologie riportate negli Allegati alla D.G.r. 30.11.2011, n. IX/2616;
- la produzione di indicazioni utili alla riduzione locale delle condizioni di rischio idraulico e di norme di uso dei suoli che consentano che le successive trasformazioni urbanistiche delle aree vengano condotte in modo tale da evitare l’insorgenza di danni significativi;
- la redazione dello studio comunale di gestione del rischio idraulico, con individuazione delle misure strutturali e non strutturali atte al contenimento dei livelli di rischio individuati;
- l’individuazione degli interventi volti a contenere le portate defluenti dal sistema fognario e delle altre eventuali misure volte a contribuire al raggiungimento del rispetto dei valori limiti allo scarico degli sfioratori di piena previsti nelle norme tecniche di attuazione del vigente

Piano di Tutela ed Utilizzazione delle Acque.

Il presente documento, redatto in conseguenza dell'incarico conferito, costituisce quindi adempimento agli obblighi normativi sopra richiamati, per il Comune di Gornate Olona.

In esso trovano spazio la descrizione delle indagini svolte ai fini della minuziosa definizione del quadro delle conoscenze sinora maturate con riferimento ai temi in esame (assunte attingendo dalle cronache, dalle valutazioni idrologiche elaborate a cura di A.R.P.A. Lombardia, dagli strumenti di pianificazione vigenti e dagli studi pregressi ad oggi condotti a supporto della pianificazione urbanistica comunale), la descrizione delle elaborazioni di calcolo condotte, ed i risultati prodotti dallo studio, espressi in termini di distribuzione sul territorio comunale della pericolosità idraulica e del rischio idraulico (intesi secondo le accezioni contenute in allegati alla D.G.r. 30.11.2011, n. IX/2616), e delle aree da ritenere scarsamente idonee alla dispersione delle acque meteoriche per infiltrazione nel terreno.

Chiudono il documento quattro Appendici, rispettivamente dedicate alla descrizione del regime pluviometrico caratteristico del territorio comunale, alla descrizione dei principi teorici seguiti nel calcolo dei livelli di piena, ed alla descrizione dei modelli di calcolo rispettivamente utilizzati ai fini della stima delle portate di piena meteorica rispettivamente attese nei corpi idrici di superficie afferenti al reticolo minore e nei tronchi delle reti artificiali di scolo asservite alle aree urbanizzate.

2 Compilazione del quadro delle conoscenze disponibili

2.1 Esame dei caratteri idrologici locali

2.1.1 Definizione degli eventi meteorici di riferimento

2.1.1.1 Generalità

Il calcolo delle precipitazioni viene eseguito assumendo preventivamente, attraverso la cosiddetta "Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica" (L.S.P.P.) caratteristica del sito in esame, una relazione tra la durata e l'altezza di pioggia ragguagliata all'area del bacino considerato, per un assegnato tempo di ritorno, elaborata sulla base dei dati disponibili. L'assunzione di base del modello è che la L.S.P.P. possa essere espressa con ragionevole approssimazione da una relazione monomia del tipo:

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

nella quale a (normalmente espresso in [mm]) rappresenta l'altezza di pioggia di durata oraria mediamente attesa, con prefissato tempo di ritorno T , ed n (fattore di scala) è un esponente che viene considerato indipendente da T , nell'ipotesi che per tutte le diverse durate di precipitazione la variabile casuale costituita dalla corrispondente massima altezza annua di precipitazione sia distribuita secondo un'unica legge e con un unico valore del Coefficiente di Variazione.

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

durate comprese fra un giorno e cinque giorni.

Per il caso di durate di pioggia inferiori alle 24 h, la curva viene espressa nel formato che segue:

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

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

- a_1 (coefficiente pluviometrico orario) è un parametro di intensità, caratteristico del sito, che in maniera indipendente dal tempo di ritorno assunto dà indicazione della sua piovosità oraria;
- $w(T)$ è un fattore di moltiplicazione del coefficiente pluviometrico orario, dipendente dal tempo di ritorno assunto (T , espresso in anni) attraverso la relazione che segue:

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

ove α , k ed ε sono i parametri della distribuzione probabilistica G.E.V. (*generalized extreme value*) che descrive la distribuzione statistica degli eventi di pioggia più intensi rilevabili nel sito.

Per il territorio del Comune di Gornate Olona, i parametri di riferimento assumono valori abbastanza omogenei sull'intero territorio comunale. Vengono di seguito riportati i valori ricavati per il nucleo storico di Gornate, per la località Santa Monica, su una altura in direzione Ovest, e per la frazione di Torba, verso Sud.

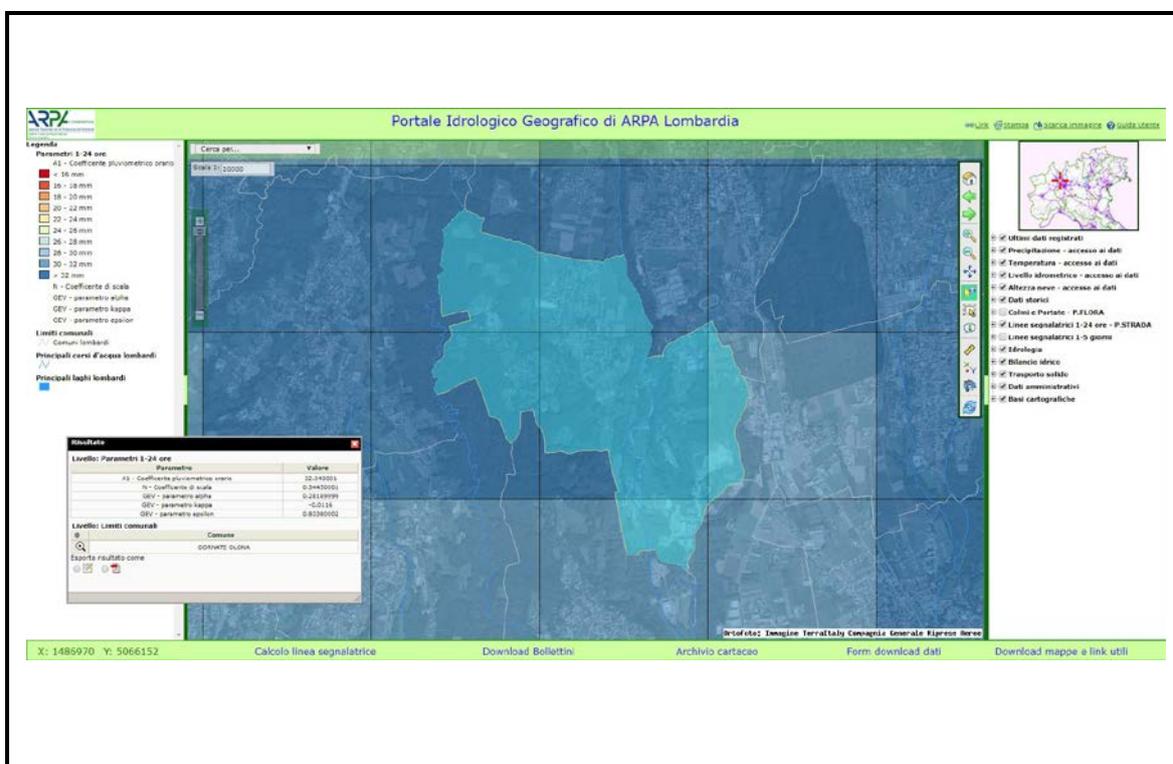


Figura 1: distribuzione spaziale dei parametri che caratterizzano le L.S.P.P. in corrispondenza del centro storico di Gornate Olona, per piogge di durata da 1 a 24 h (fonte: sito web A.R.P.A. Lombardia)

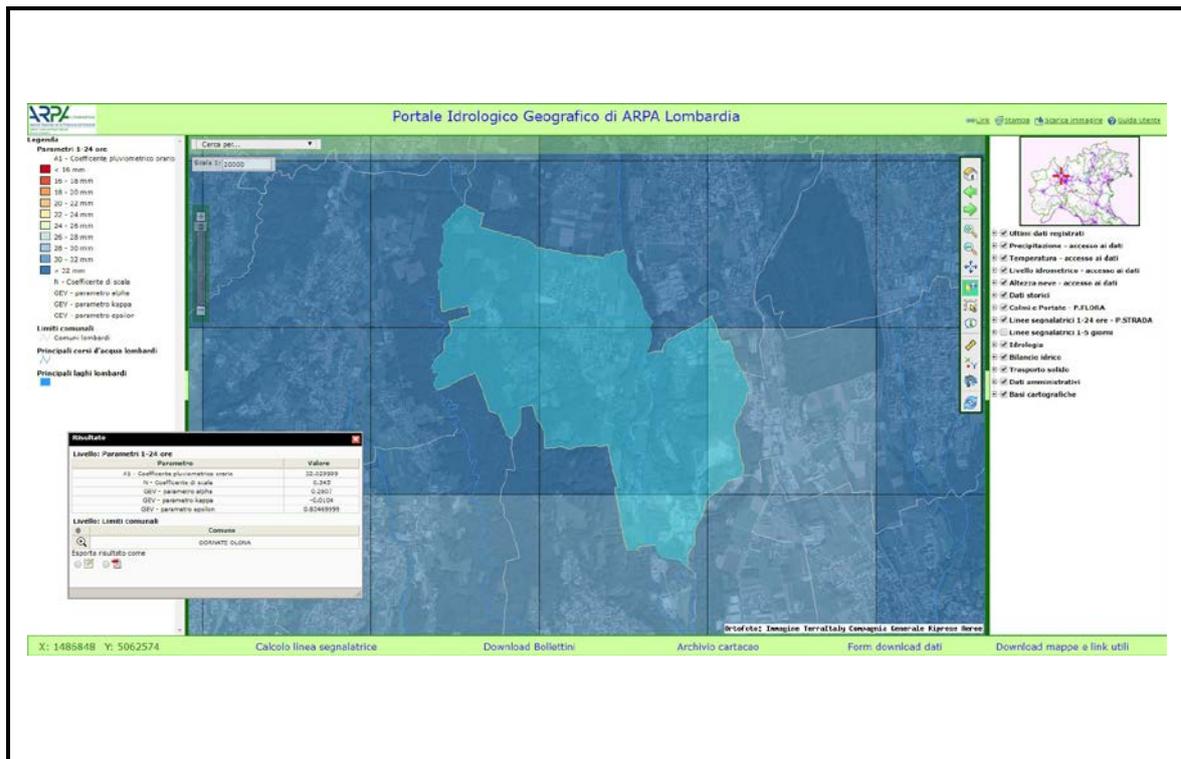


Figura 2: distribuzione spaziale dei parametri che caratterizzano le L.S.P.P. in corrispondenza della località Santa Monica, per piogge di durata da 1 a 24 h (fonte: sito web A.R.P.A. Lombardia)

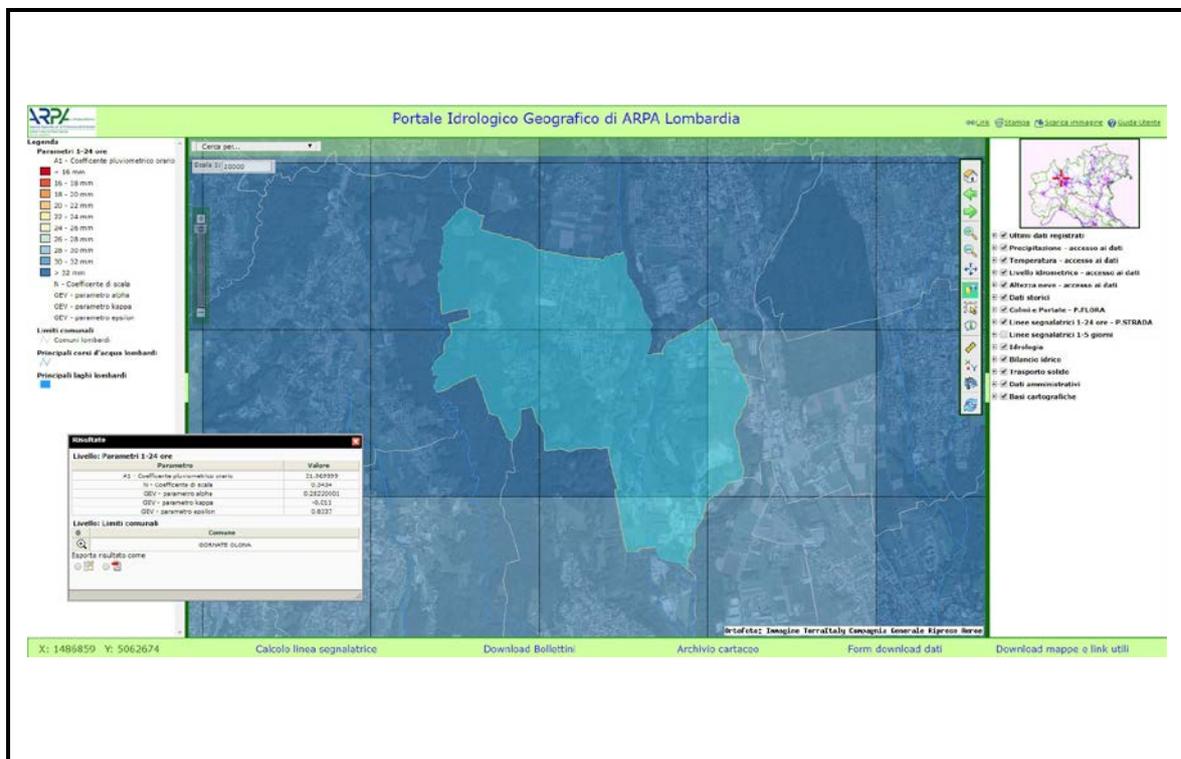


Figura 3: distribuzione spaziale dei parametri che caratterizzano le L.S.P.P. in corrispondenza della frazione Torba, per piogge di durata da 1 a 24 h (fonte: sito web A.R.P.A. Lombardia)

Per il centro storico, i parametri di riferimento assumono valori che seguono (figura n. 1):

- a_I : 32,04 mm;
- n : 0,3445;
- α : 0,2819;
- k : -0,0116;
- ε : 0,8338.

In modo analogo, per la località Santa Monica (figura n. 2) si ricavano i valori di seguito riportati:

- a_I : 32,03 mm;
- n : 0,3450;
- α : 0,2807;
- k : -0,0104;
- ε : 0,8347,

e per la frazione Torba (figura n. 3):

- a_I : 31,97 mm;
- n : 0,3434;
- α : 0,2822;
- k : -0,0110;
- ε : 0,8337,

In ossequio alle indicazioni del Regolamento (allegato G, punto 1), per la descrizione delle piogge caratterizzate da durate inferiori ad un'ora, in assenza di indicazioni di dettaglio si assumono i medesimi parametri relativi a piogge di durate superiori, variando il solo esponente n , cui viene attribuito il valore di 0,50.

Per il caso di piogge di durata superiore a 24 h, la L.S.P.P. viene espressa in formato analogo, ma privo di riferimenti specifici ai parametri caratteristici di alcuna distribuzione statistica. Anche per questo caso, vengono riportate le valutazioni condotte a cura di A.R.P.A. Lombardia. Per l'abitato principale (figura n. 4), il coefficiente pluviometrico orario a_I assume così il valore 24,422119 mm, al fattore di scala n viene attribuito il valore 0,401997, mentre i parametri $w(T)$ vengono espressi in forma tabellare, come segue:

- w_2 : 0,937638;
- w_{10} : 1,412664;
- w_{50} : 1,874483;
- w_{100} : 2,086724.

In modo analogo, per la località Santa Monica (figura n. 5) si ricavano i valori che seguono:

- a_I : 24,357920;
- n : 0,402380;
- w_2 : 0,937610;
- w_{10} : 1,412866;
- w_{50} : 1,874524;

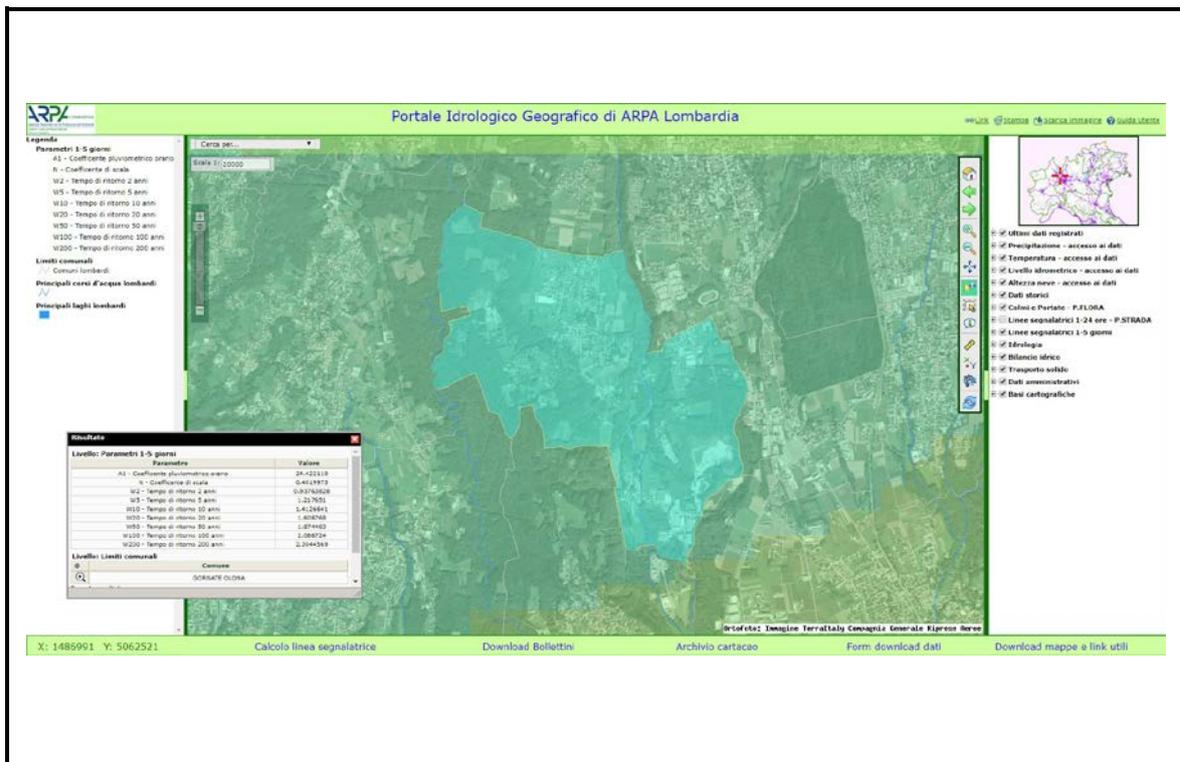


Figura 4: distribuzione spaziale dei parametri che caratterizzano le L.S.P.P. in corrispondenza del centro storico di Gornate Olona, per piogge di durata da 1 a 5 giorni (fonte: sito web A.R.P.A. Lombardia)

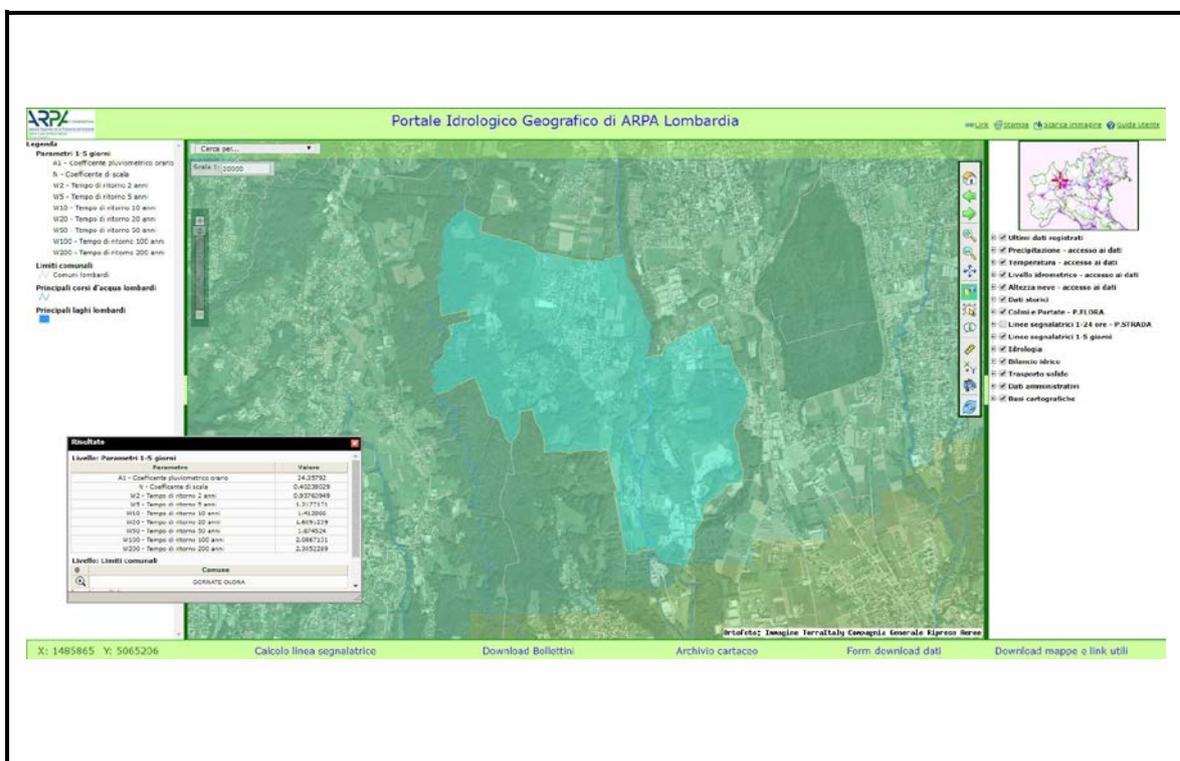


Figura 5: distribuzione spaziale dei parametri che caratterizzano le L.S.P.P. in corrispondenza della località Santa Monica, per piogge di durata da 1 a 5 giorni (fonte: sito web A.R.P.A. Lombardia)

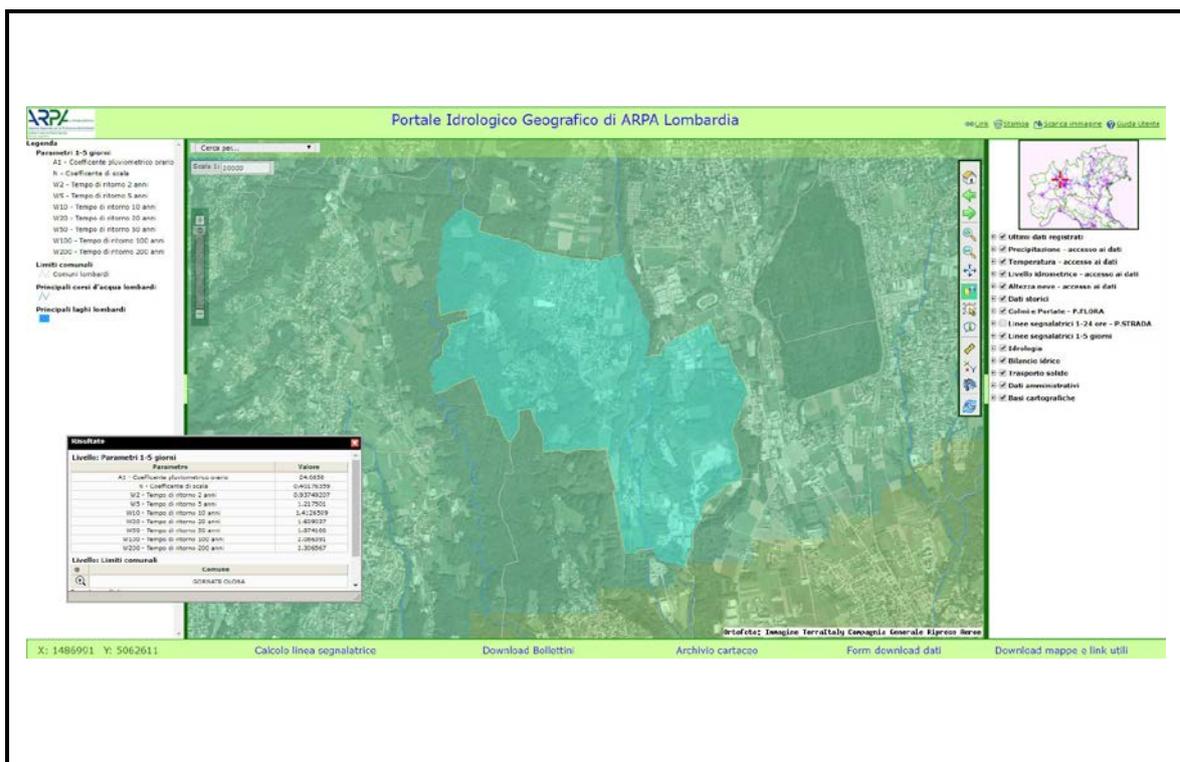


Figura 6: distribuzione spaziale dei parametri che caratterizzano le L.S.P.P. in corrispondenza della località Torba, per piogge di durata da 1 a 5 giorni (fonte: sito web A.R.P.A. Lombardia)

- w_{100} : 2,086713,

e per la frazione di Torba (figura n. 6):

- a_1 : 24,085800;

- n : 0,401764;

- w_2 : 0,937429;

- w_{10} : 1,412651;

- w_{50} : 1,874166;

- w_{100} : 2,086391.

2.1.1.2 Evento di riferimento per tempo di ritorno 2 anni

Facendo riferimento ai valori riportati nel paragrafo che precede, gli eventi di pioggia ricorrenti con tempo di ritorno 2 anni, utilizzati per la verifica delle condizioni di funzionamento corrente dei sistemi di drenaggio, vengono descritti dalle coppie di valori (durata, altezza di pioggia) allineati lungo le curve corrispondenti alle equazioni che seguono:

- per durate D di pioggia inferiori ad un'ora:

$$h_2 = 30,0324 \cdot D^{0,50} \text{ (Gornate Olona);}$$

$$h_2 = 30,0370 \cdot D^{0,50} \text{ (Santa Monica);}$$

$$h_2 = 29,9667 \cdot D^{0,50} \text{ (Torba);}$$

- per durate D di pioggia comprese fra una e ventiquattro ore:

$$h_2=30,0324 \cdot D^{0,3445} \text{ (Gornate Olona);}$$

$$h_2=30,0370 \cdot D^{0,3450} \text{ (Santa Monica);}$$

$$h_2=29,9667 \cdot D^{0,3434} \text{ (Torba);}$$

- per durate D di pioggia superiori a ventiquattro ore:

$$h_2=22,8991 \cdot D^{0,4020} \text{ (Gornate Olona);}$$

$$h_2=22,8382 \cdot D^{0,4024} \text{ (Santa Monica);}$$

$$h_2=22,5802 \cdot D^{0,4018} \text{ (Torba).}$$

2.1.1.3 Evento di riferimento per tempo di ritorno 10 anni

Il tempo di ritorno 10 anni costituisce l'orizzonte temporale di riferimento che in passato veniva comunemente adottato per la verifica ed il dimensionamento per la maggior parte delle reti di scolo oggi esistenti. In tale scenario, le relazioni che esprimono il legame fra durata ed altezza di pioggia assumono le forme che seguono:

- per durate D di pioggia inferiori ad un'ora:

$$h_{10}=47,3081 \cdot D^{0,50} \text{ (Gornate Olona);}$$

$$h_{10}=47,2067 \cdot D^{0,50} \text{ (Santa Monica);}$$

$$h_{10}=47,2094 \cdot D^{0,50} \text{ (Torba);}$$

- per durate D di pioggia comprese fra una e ventiquattro ore:

$$h_{10}=47,3081 \cdot D^{0,3445} \text{ (Gornate Olona);}$$

$$h_{10}=47,2067 \cdot D^{0,3450} \text{ (Santa Monica);}$$

$$h_{10}=47,2094 \cdot D^{0,3434} \text{ (Torba);}$$

- per durate D di pioggia superiori a ventiquattro ore:

$$h_{10}=34,5003 \cdot D^{0,4020} \text{ (Gornate Olona);}$$

$$h_{10}=34,4145 \cdot D^{0,4024} \text{ (Santa Monica);}$$

$$h_{10}=34,4028 \cdot D^{0,4018} \text{ (Torba).}$$

2.1.1.4 Evento di riferimento per tempo di ritorno 50 anni

Il tempo di ritorno di 50 anni è quello richiesto ai fini della definizione dello scenario di riferimento per il dimensionamento delle opere deputate alla applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Lo scenario viene costruito a partire dalle relazioni che seguono:

- per durate D di pioggia inferiori ad un'ora:

$$h_{50}=62,7673 \cdot D^{0,50} \text{ (Gornate Olona);}$$

$$h_{50}=62,5386 \cdot D^{0,50} \text{ (Santa Monica);}$$

$$h_{50}=62,6228 \cdot D^{0,50} \text{ (Torba);}$$

- per durate D di pioggia comprese fra una e ventiquattro ore:

$$h_{50}=62,7673 \cdot D^{0,3445} \text{ (Gornate Olona);}$$

$$h_{50}=62,5386 \cdot D^{0,3450} \text{ (Santa Monica);}$$

$$h_{50}=62,6228 \cdot D^{0,3434} \text{ (Torba);}$$

- per durate D di pioggia superiori a ventiquattro ore:

$$h_{50}=45,7788 \cdot D^{0,4020} \text{ (Gornate Olona);}$$

$$h_{50}=45,6595 \cdot D^{0,4024} \text{ (Santa Monica);}$$

$$h_{50}=45,1408 \cdot D^{0,4018} \text{ (Torba).}$$

2.1.1.5 Evento di riferimento per tempo di ritorno 100 anni

- per durate D di pioggia inferiori ad un'ora:

$$h_{100}=69,3924 \cdot D^{0,50} \text{ (Gornate Olona);}$$

$$h_{100}=69,0999 \cdot D^{0,50} \text{ (Santa Monica);}$$

$$h_{100}=69,2236 \cdot D^{0,50} \text{ (Torba);}$$

- per durate D di pioggia comprese fra una e ventiquattro ore:

$$h_{100}=69,3924 \cdot D^{0,3445} \text{ (Gornate Olona);}$$

$$h_{100}=69,0999 \cdot D^{0,3450} \text{ (Santa Monica);}$$

$$h_{100}=69,2236 \cdot D^{0,3434} \text{ (Torba);}$$

- per durate D di pioggia superiori a ventiquattro ore:

$$h_{100}=50,9622 \cdot D^{0,4020} \text{ (Gornate Olona);}$$

$$h_{100}=50,8280 \cdot D^{0,4024} \text{ (Santa Monica);}$$

$$h_{100}=50,2524 \cdot D^{0,4018} \text{ (Torba).}$$

2.1.1.6 Altezze di pioggia espresse in forma tabellare

A titolo esemplificativo, in Appendice n. 1 vengono riportati i risultati dei calcoli eseguiti applicando le relazioni descritte nei paragrafi precedenti, per i diversi tempi di ritorno indicati e per alcune durate di pioggia significative.

2.1.2 Eventi alluvionali occorsi in passato

2.1.2.1 Obiettivi e limiti dell'indagine

Fra i compiti che la norma assegna al presente documento vi è la delimitazione delle aree a rischio idraulico, desunte anche tramite conoscenze locali. L'analisi delle caratteristiche idrologiche dei principali eventi alluvionali occorsi in passato consente non solo di individuare con precisione le date cui riferire eventuali ricerche documentali da compiere presso gli archivi comunali, ma anche di caratterizzare, dal punto di vista della probabilità di nuova occorrenza, gli eventi passati.

L'analisi si occupò di più eventi distinti, allo scopo di assumere tutte le tipologie di evento di pioggia significative per i diversi contesti riconoscibili nel territorio comunale. Furono così analizzati gli scrosci brevi, contraddistinti da tempi di ritorno elevati per brevi durate, in grado di generare situazioni di pericolo circoscritte a piccoli bacini, e furono presi in esame eventi meno intensi ma più prolungati nel tempo, caratterizzati da tempi di ritorno elevati per lunghe durate, assunti come significativi per la descrizione di fenomeni in grado di generare situazioni di potenziale pericolo lungo i corsi d'acqua maggiori o nei bacini boschivi caratterizzati da tempi di corrivazione più lunghi.

Stante la collocazione geografica del territorio comunale, l'analisi venne condotta con riferimento ai dati forniti dalle stazioni di misura di Castronno e di Cavarina con Premezzo, poste a breve distanza dai confini del territorio comunale, rispettivamente verso Ovest e verso Sud-Ovest (figura n. 7, a pagina che segue). Entrambe le stazioni furono attive, salvo brevi intervalli, per buona parte dell'anno 2004 e quasi ininterrottamente dal 2006 ad oggi: le due serie possono essere quindi

ritenute idonee a rappresentare le caratteristiche localmente assunte dal regime idrologico.

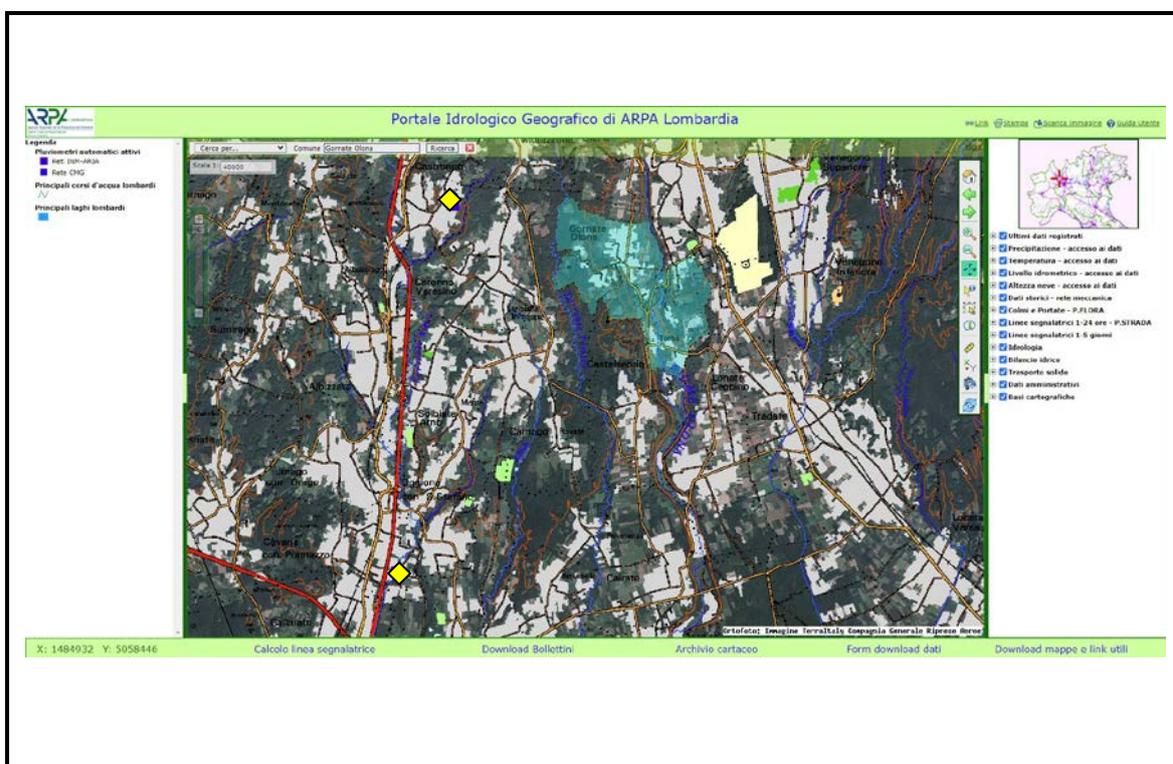


Figura 7: individuazione dei limiti del territorio comunale, con indicazione (simboli di colore giallo) delle posizioni delle stazioni pluviometriche di Castronno, a breve distanza verso Ovest, e di Cavaria con Premezzo, verso Sud-Ovest (fonte: sito web A.R.P.A. Lombardia)

2.1.2.2 Evento dell'agosto 2007

La seconda metà del mese di agosto 2007 fu caratterizzata da una successione di eventi di pioggia, isolati, con diversi picchi di intensità, che giunsero al culmine il giorno 21, a tarda sera, con altezze che per durate di 6÷24 ore assunsero a Cavaria valori propri di eventi ricorrenti con tempo di ritorno superiori a 5 anni, raggiungendo, nell'arco di 36 ore, altezze cumulate mediamente ricorrenti ogni 10 anni (figura n. 8). Nell'occasione, la stazione di misura di Castronno era inattiva.

La portata nel fiume Olona crebbe notevolmente, con esondazioni locali a partire da Castellanza e nel milanese. Aree di valle escluse, non vennero invece segnalati episodi critici né in comune di Gornate Olona, né nelle aree limitrofe. Si osserva, in proposito, che le durate di precipitazione per le quali la registrazione assume valori significativi corrispondono al tempo di corrvazione di un bacino fluviale di medie dimensioni (quale può ad esempio essere il bacino del fiume Olona): i bacini di pertinenza dei rimanenti corpi idrici che solcano il territorio comunale hanno estensione molto più piccola, e tendono a risentire dell'effetto di piogge intense di durate molto più brevi.

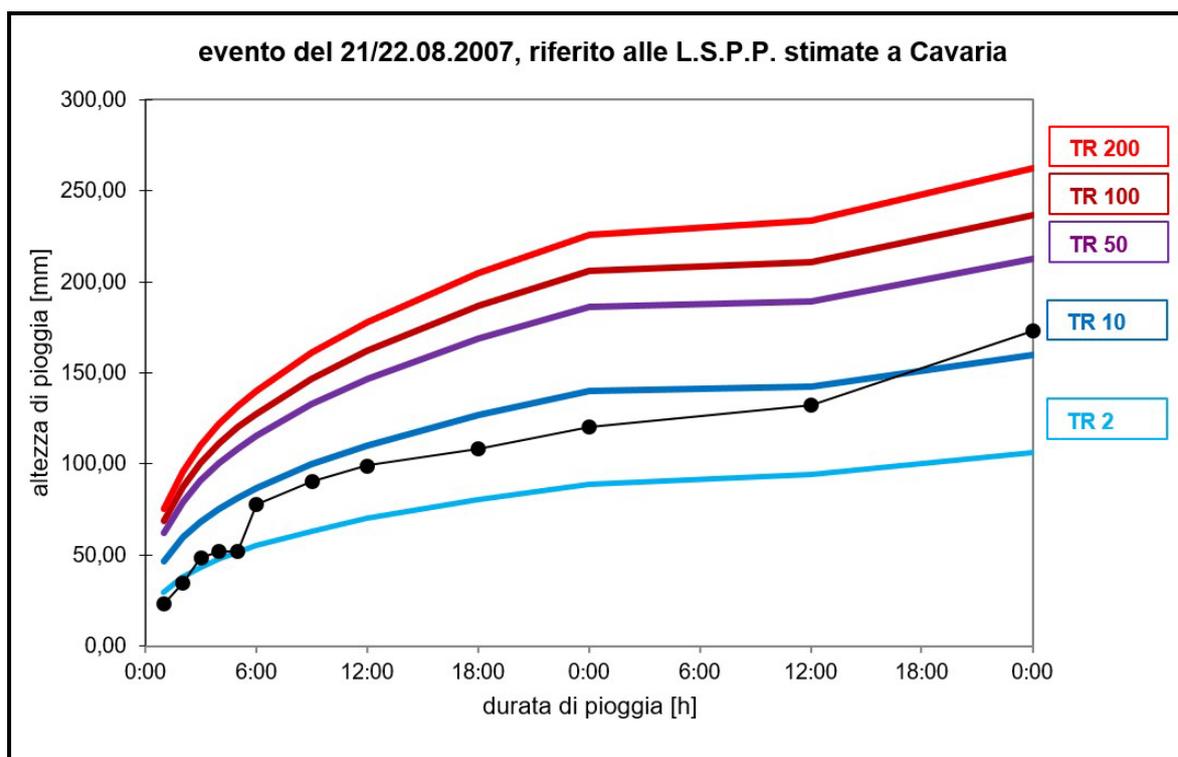


Figura 8: la successione di altezze cumulate di pioggia registrate presso la stazione ARPA Lombardia di Cavaria con Premezzo fra i giorni 21 e 22 agosto 2007 (segni di colore nero); per confronto, sono riportate le Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (L.S.P.P.) stimate da ARPA Lombardia per il medesimo sito

2.1.2.3 Evento del settembre 2009

Secondo le registrazioni eseguite a Cavaria (figura n. 9), l'evento occorso alla metà del mese di settembre del 2009 presenta caratteristiche molto simili a quello dell'agosto 2007. Vennero rilevate piogge particolarmente persistenti, tanto da cumulare, su 48 h, altezze di pioggia mediamente ricorrenti con tempo di ritorno di circa 10 anni.

Nonostante si sia trattato di precipitazioni di lunga durata, l'evento rivestì una certa importanza solo a carattere locale: alla vicina stazione di Castronno, infatti, le registrazioni indicano altezze cumulate di pioggia costantemente inferiori, per l'intero campo di durate esaminato (figura n. 10).

Non si ha notizie di conseguenze generate dall'evento sul reticolo idrografico di superficie, né in territorio del comune di Gornate Olona, né a più larga scala.

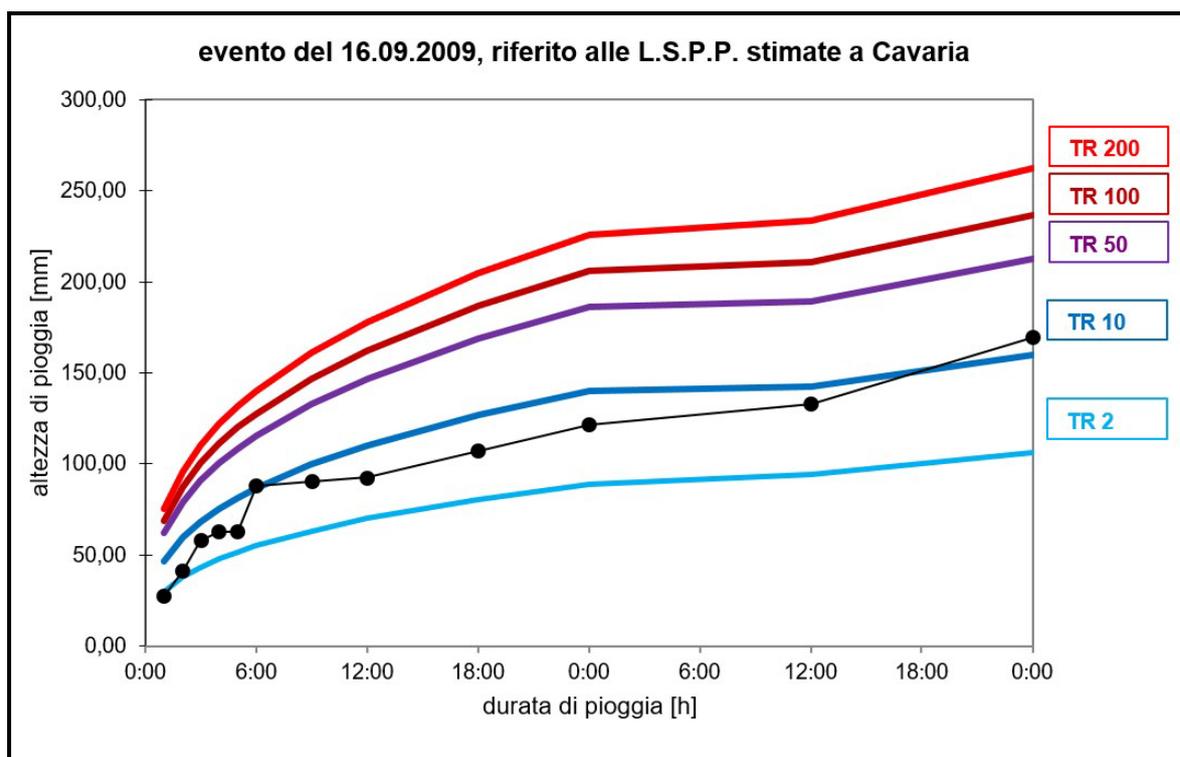


Figura 9: la successione di altezze cumulate di pioggia registrate presso la stazione ARPA Lombardia di Cavaria con Premezzo nel settembre 2009 (segni di colore nero); per confronto, sono riportate le Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (L.S.P.P.) stimate da ARPA Lombardia per il medesimo sito

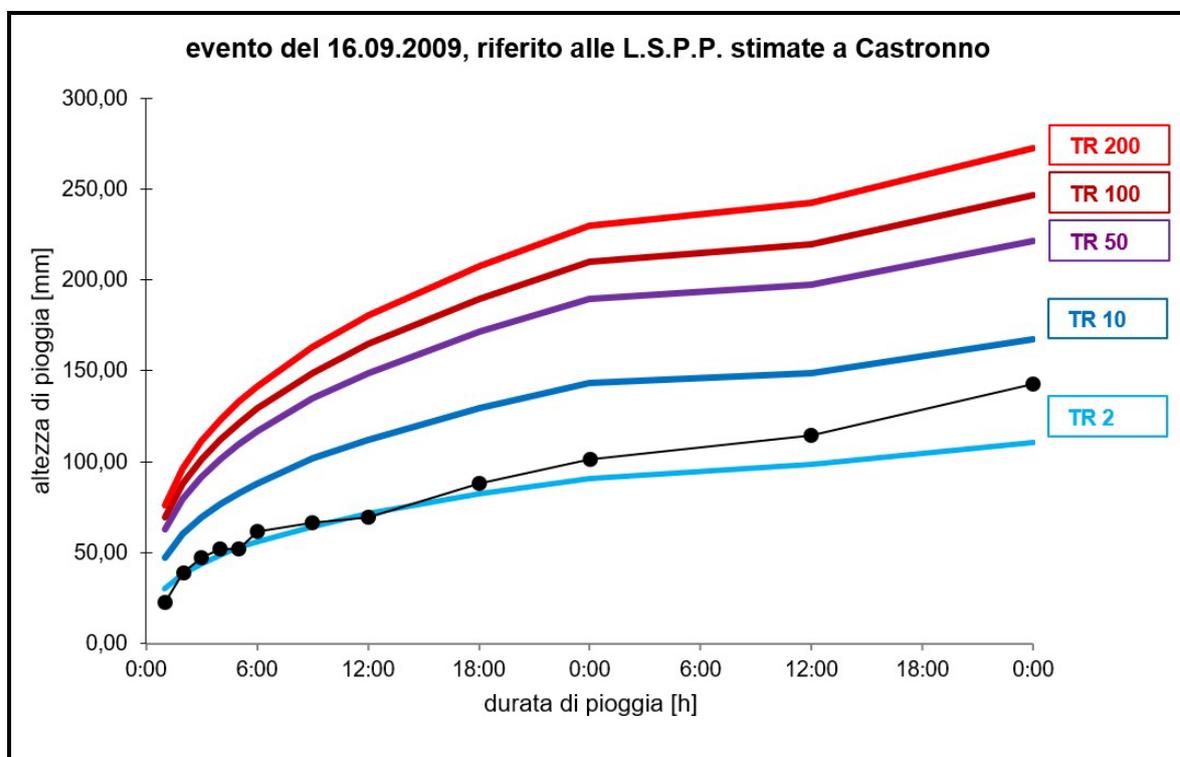


Figura 10: la successione di altezze cumulate di pioggia registrate presso la stazione ARPA Lombardia di Castronno nel settembre 2009 (segni di colore nero); per confronto, sono riportate le Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (L.S.P.P.) stimate da ARPA Lombardia per il medesimo sito

2.1.2.4 Evento del novembre 2011

Il mese di novembre del 2011 viene ricordato come uno dei più piovosi della storia recente, in tutto il Paese. Nell'arco mese ricorsero disastrose alluvioni a Genova, in Versilia, Maremma, Sardegna e nel Messinese.

Fra i vari eventi di pioggia succedutisi nel mese e nella zona di nostro interesse, emerge, per intensità, quello del 5 novembre, che fece registrare altezze di pioggia di un certo rilievo soprattutto per durate piuttosto lunghe, superiori alle 36 h. L'evento viene estesamente documentato dalle registrazioni prodotte ad entrambe le stazioni qui assunte a riferimento (figure nn. 11 e 12).

La persistenza e l'estensione areale delle precipitazioni diedero luogo in Provincia a diversi episodi di piena (peraltro, senza esondazioni), generalmente concentrati lungo le principali aste fluviali. Non venne invece trovata memoria di eventi di rilievo in altre parti del territorio comunale, che si suppone possano invece risentire di eventi meteorici intensi di durata sensibilmente inferiore.

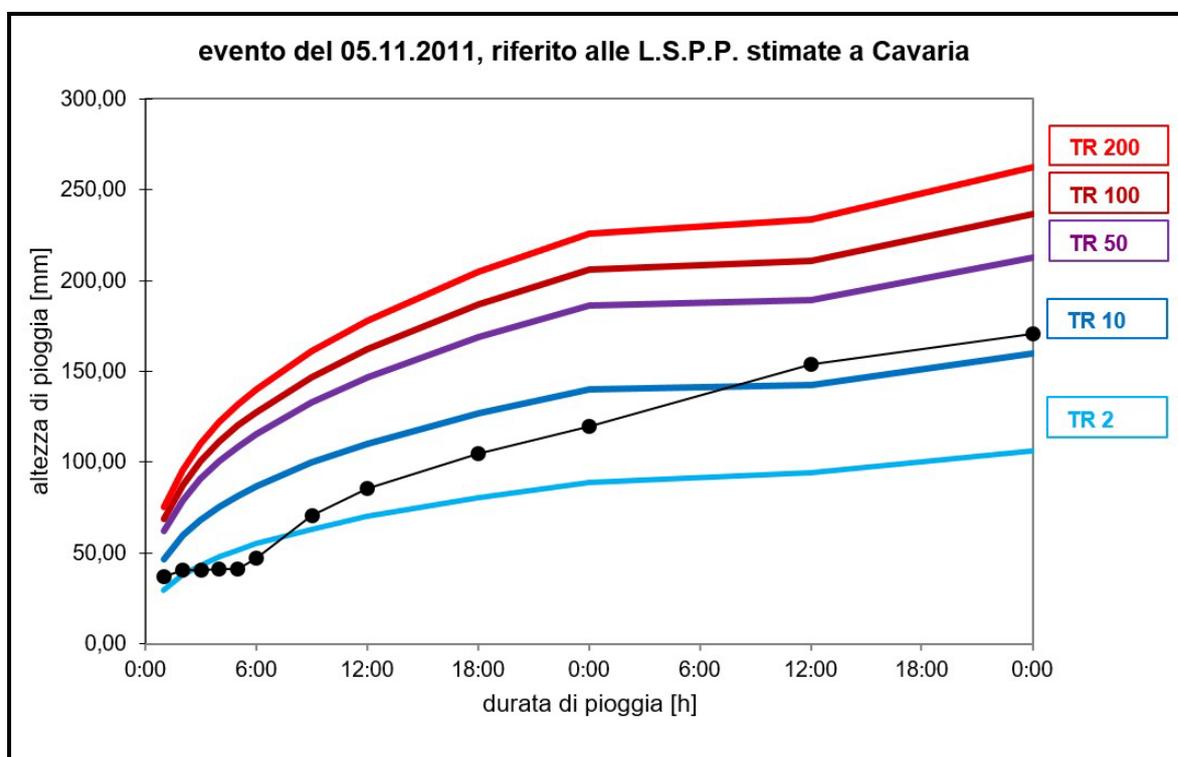


Figura 11: la successione di altezze cumulate di pioggia registrate presso la stazione ARPA Lombardia di Cavaria con Premezzo agli inizi del novembre 2011 (segni di colore nero); per confronto, sono riportate le Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (L.S.P.P.) stimate da ARPA Lombardia per il medesimo sito

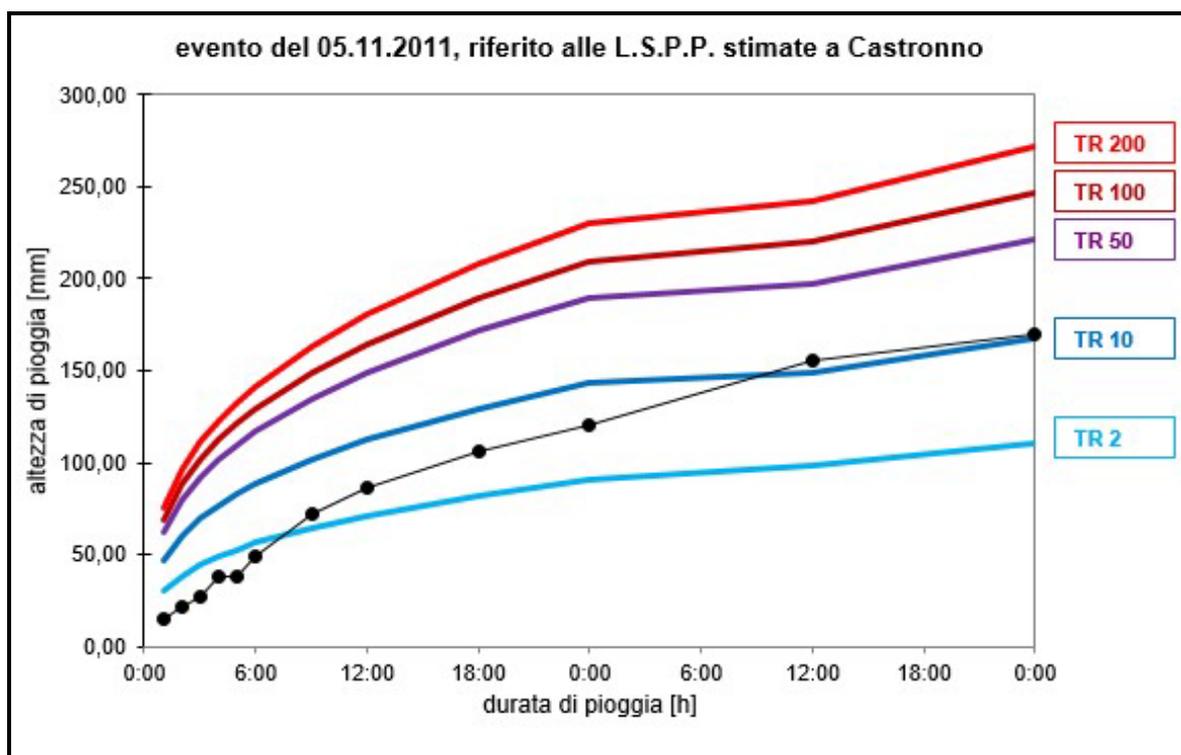


Figura 12: la successione di altezze cumulate di pioggia registrate presso la stazione ARPA Lombardia di Castronno nei primi giorni di novembre 2011 (segni di colore nero); per confronto, sono riportate le Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (L.S.P.P.) stimate da ARPA Lombardia per il medesimo sito

2.1.2.5 Evento del dicembre 2013

Nel corso del dicembre del 2013, il periodo delle festività natalizie fu caratterizzato da tempo particolarmente ricco di perturbazioni, e da una temperatura che per il periodo può essere considerata relativamente elevata. La concomitanza di tali fattori diede luogo, fra i giorni di Natale e S. Stefano, a piogge intense e prolungate, in forma decisamente anomala per le caratteristiche climatiche del sito.

L'evento fu caratterizzato da intensità costanti per scrosci particolarmente prolungati, dando con ciò luogo ad altezze di pioggia significative soprattutto per piogge di lunga durata, e su un'area piuttosto vasta (grafici di figure nn. 13 e 14). Per scrosci di durata superiore a 36 ore furono raggiunte altezze di pioggia prossime a quelle massime mediamente ricorrenti con tempo di ritorno compreso fra 10 e 50 anni, tanto a Castronno quanto a Cavaria con Premezzo, portando il fiume Olona ai livelli di guardia (ed in qualche caso anche oltre).

Non risulta che l'evento abbia avuto ripercussioni in altre parti del territorio comunale.

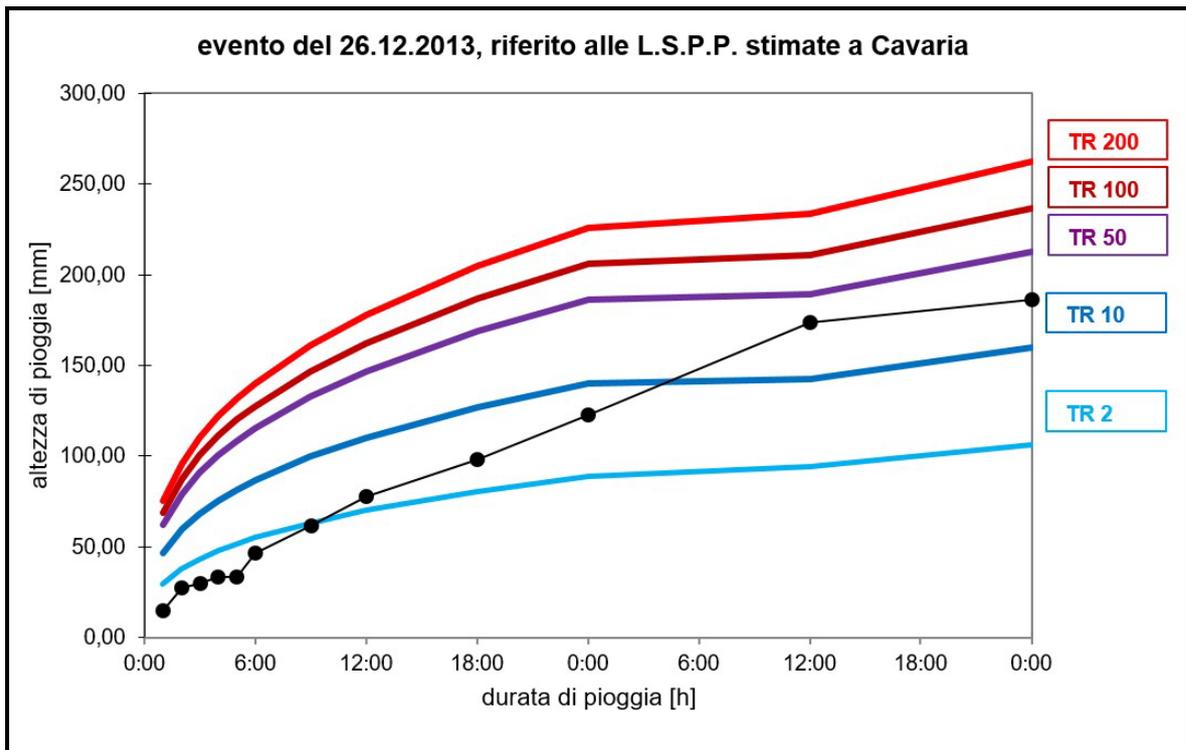


Figura 13: la successione di altezze cumulate di pioggia registrate presso la stazione ARPA Lombardia di Castronno a partire dal 26 novembre 2013 (segni di colore nero); per confronto, sono riportate le Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (L.S.P.P.) stimate da ARPA Lombardia per il medesimo sito

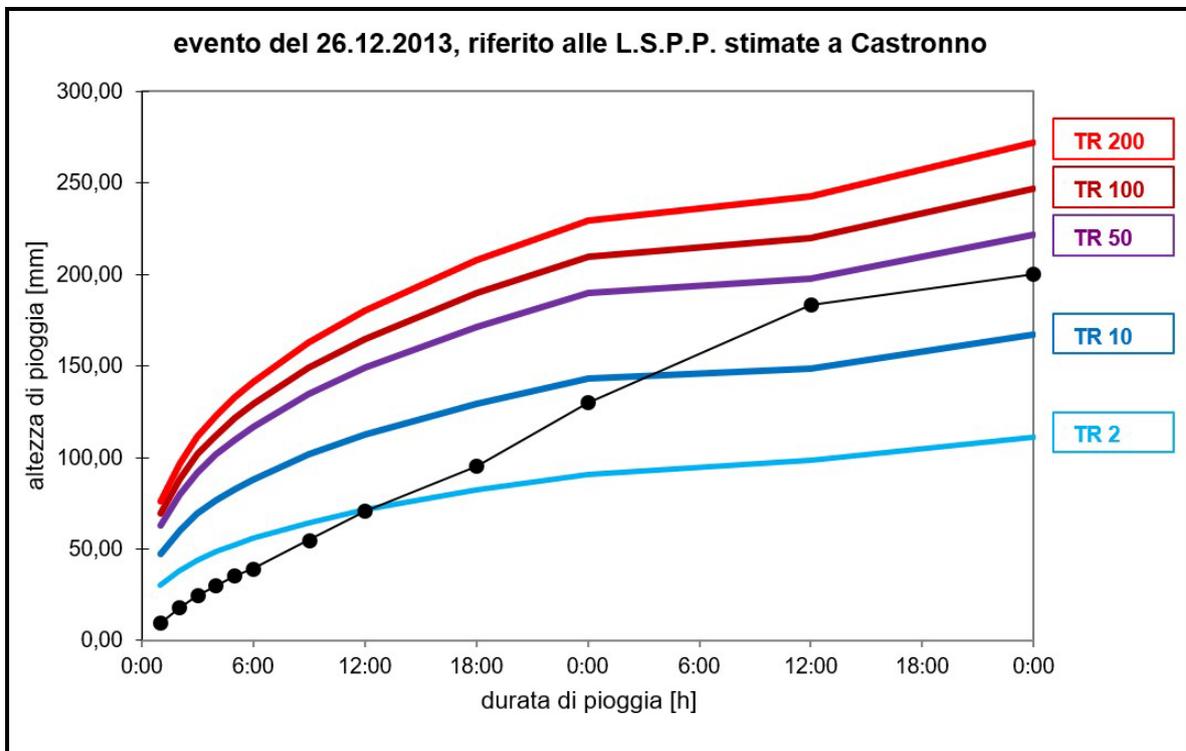


Figura 14: la successione di altezze cumulate di pioggia registrate presso la stazione ARPA Lombardia di Castronno a partire dal 26 novembre 2013 (segni di colore nero); per confronto, sono riportate le Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (L.S.P.P.) stimate da ARPA Lombardia per il medesimo sito

2.1.2.6 Evento del 3 agosto 2014

L'anno 2014 fu caratterizzato da una consistente successione di eventi meteorici di rilievo, con altezze cumulate di pioggia che durante l'arco dell'anno superarono abbondantemente, per buona parte della Provincia, la soglia dei 2.000 mm. Su tutti, spiccano le precipitazioni che si concentrarono verso la metà ed alla fine di luglio, agli inizi di agosto nel mese di novembre.

In particolare, le precipitazioni occorse ai primi di agosto assunsero, per durate comprese fra sei e dodici ore, tempi di ritorno prossimi a 10 anni (grafico di figura n. 15), ed a seguito di queste fu necessario chiudere il tratto di autostrada compreso fra Castronno e Solbiate Arno.

L'evento rivetì carattere locale: le contemporanee registrazioni eseguite a Cavaria descrivono infatti altezze di piogge proprie di eventi ricorrenti con tempo di ritorno non superiore a due anni. Ancora una volta, pare il caso di evidenziare che le segnalazioni di danni qui raccolte riguardano unicamente episodi occorsi all'esterno del territorio comunale.

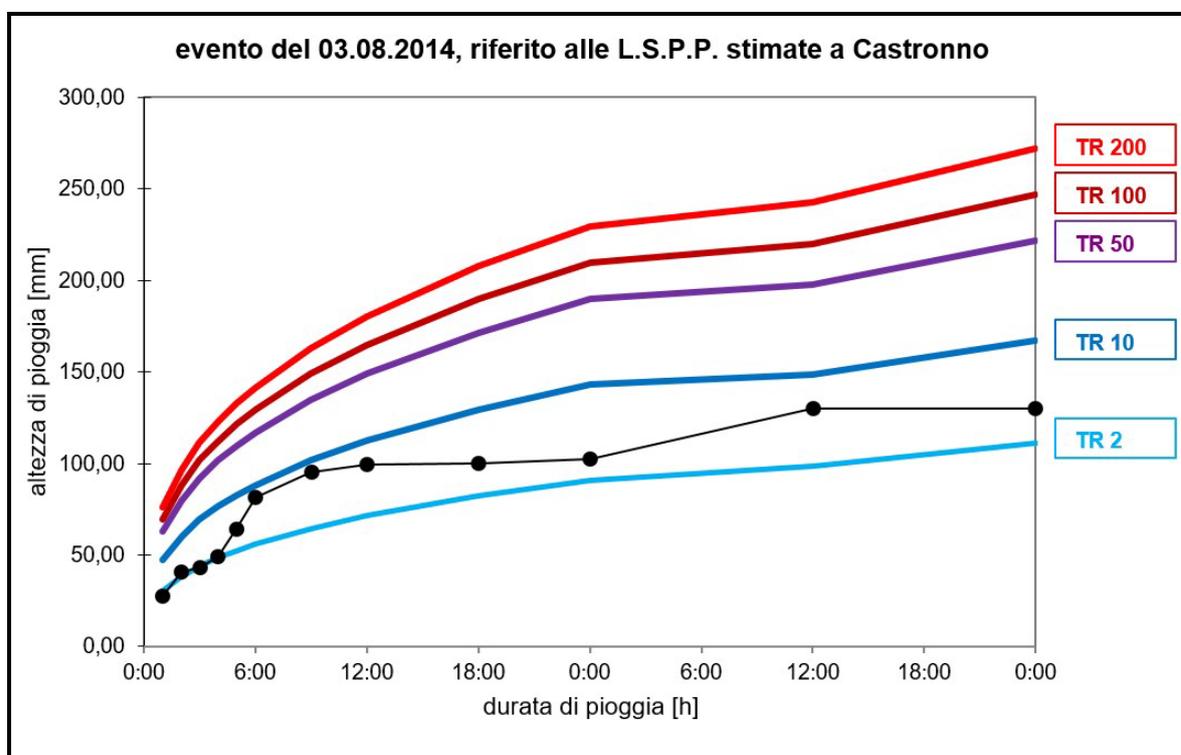


Figura 15: la successione di altezze cumulate di pioggia registrate presso la stazione ARPA Lombardia di Castronno a partire dal 2 agosto 2014 (segni di colore nero); per confronto, sono riportate le Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (L.S.P.P.) stimate da ARPA Lombardia per il medesimo sito

2.1.2.7 Evento del 5 novembre 2014

Come accennato nel paragrafo che precede, l'episodio dell'agosto 2014 non rappresentò un caso isolato, ma fu anzi l'intero anno 2014 a far registrare un gran numero eventi meteorici caratterizzati da apprezzabile rilevanza statistica.

Nel mese di novembre si registrarono due episodi degni di nota, nella prima e nella seconda decade del mese. Nel dettaglio, la parte meridionale della Provincia e l'alto milanese furono particolarmente interessati dagli eventi occorsi a cavallo del giorno 5 novembre. Nell'occasione, le

intensità di pioggia non furono particolarmente rilevanti: ciò che attribuì rilevanza statistica agli eventi non fu tanto l'intensità di picco, quanto la persistenza di rovesci a media intensità, tanto da determinare, per le più lunghe durate di pioggia soggette ad esame, altezze cumulate mediamente raggiungibili ogni 10 anni circa (figure nn. 16 e 17), con intensità sostanzialmente analoga nelle due stazioni di misura assunte a riferimento.

A dispetto della elevata intensità di pioggia rilevata, anche in questo caso l'evento produsse effetti di piena lungo l'Olona, con esondazioni a partire da Fagnano Olona, e lungo le altre principali aste fluviali della Provincia. Se si escludono le apprensioni che nell'occasione vennero generate per la sicurezza delle aree in valle, lungo le sponde del fiume, non si ha notizia di altre conseguenze significative nel territorio comunale.

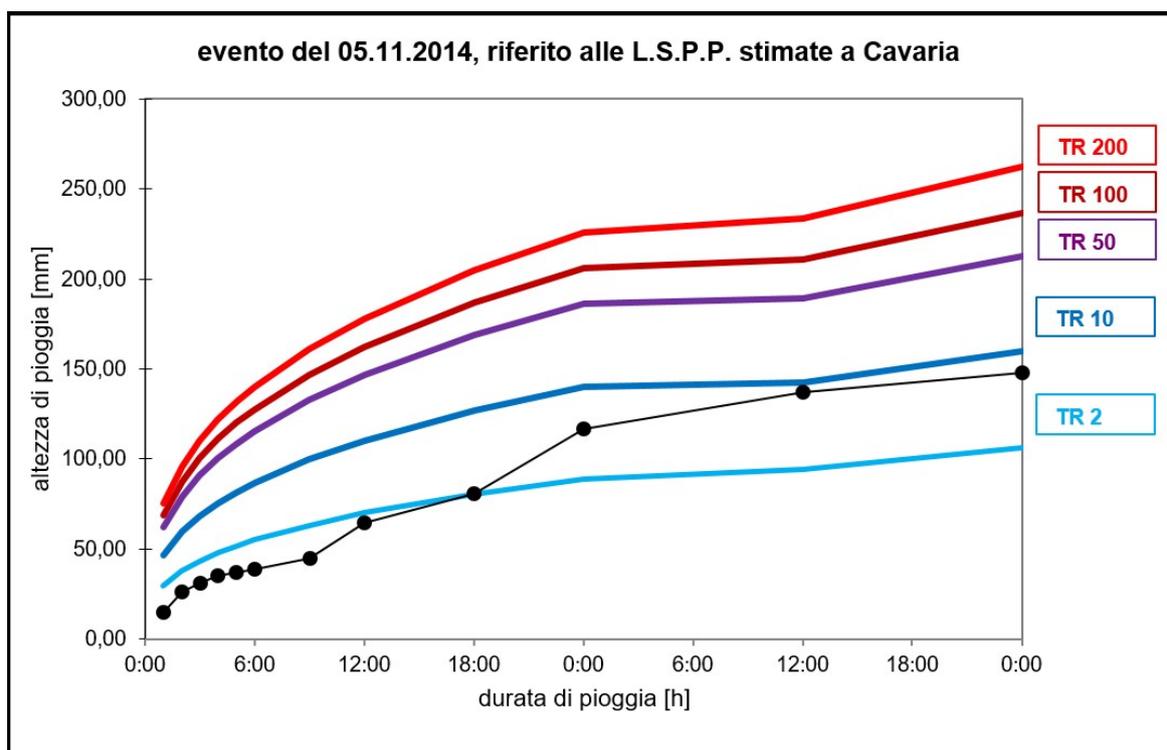


Figura 16: la successione di altezze cumulate di pioggia registrate presso la stazione ARPA Lombardia di Cavaria con Premezzo a partire dal 5 novembre 2014 (segni di colore nero); per confronto, sono riportate le Linee Segnatrici di Probabilità Pluviometrica (L.S.P.P.) stimate da ARPA Lombardia per il medesimo sito

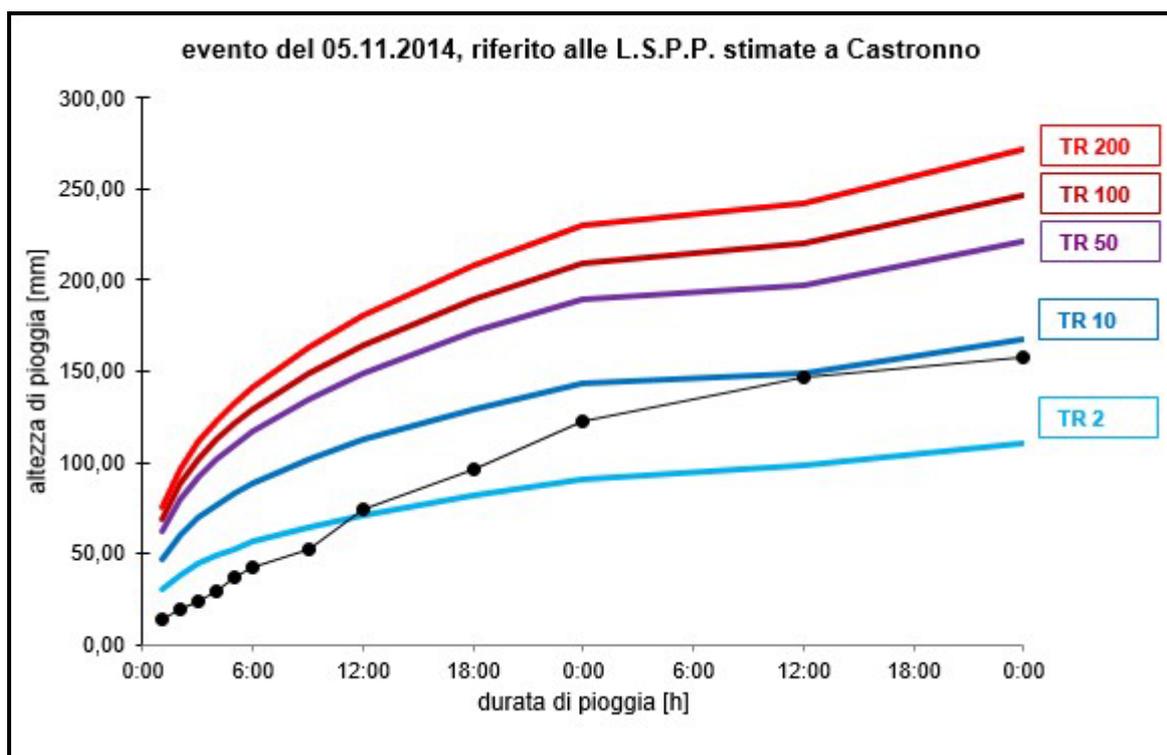


Figura 17: la successione di altezze cumulate di pioggia registrate presso la stazione ARPA Lombardia di Castronno a partire dal 5 novembre 2014 (segni di colore nero); per confronto, sono riportate le Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (L.S.P.P.) stimate da ARPA Lombardia per il medesimo sito

2.1.2.8 Evento del luglio 2018

L'ultimo episodio esaminato riguarda un evento a carattere temporalesco, occorso nella notte fra il 4 ed il 5 luglio, esteso su buona parte del territorio provinciale, che assunse intensità significativa soprattutto per brevi durate, con altezze di pioggia cumulate che per valori inferiori a due ore assunsero valori superiori a quelli attesi con tempo di ritorno di 50 anni (figura n. 18, riferita ai dati raccolti presso la stazione di Castronno: la stazione di Cavarina era infatti nell'occasione fuori servizio).

Le cronache riportarono notizia dell'occorrenza di locali esondazioni nella valle dell'Arno, ma non citano allagamenti occorsi entro il perimetro del territorio comunale.

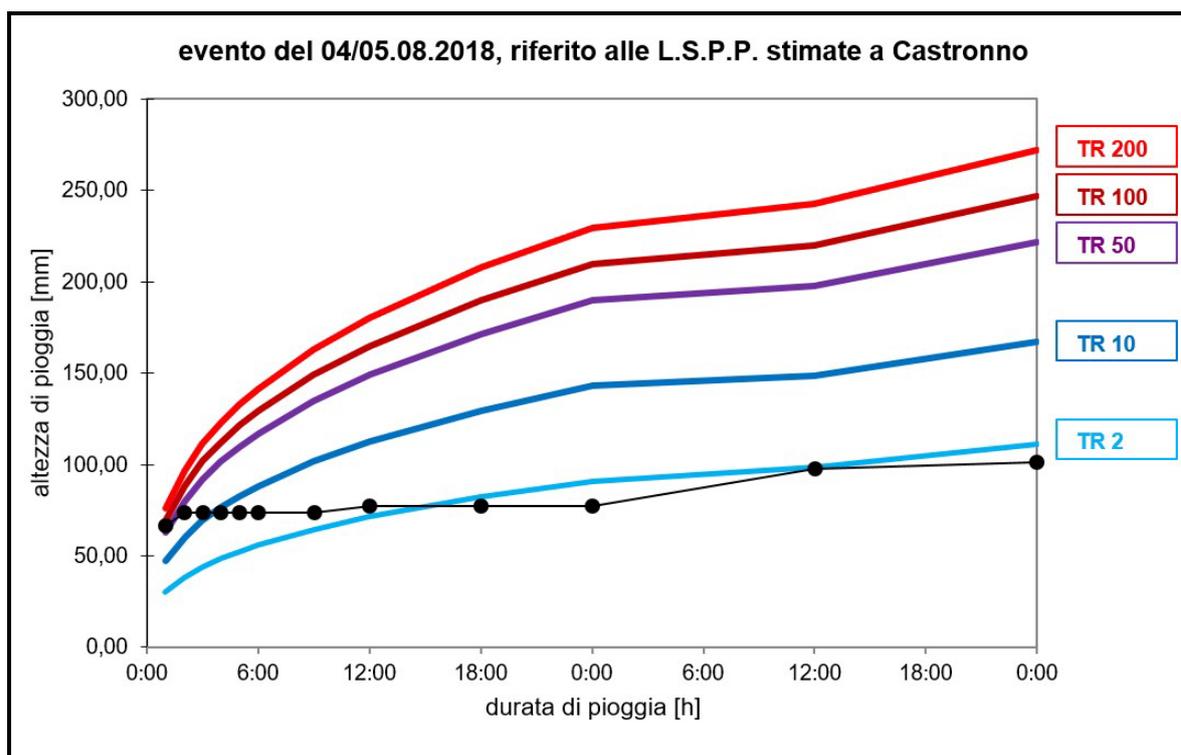


Figura 18: massime altezze cumulate di pioggia registrate presso la stazione ARPA di Castronno, nel corso dell'evento occorso nel mese di settembre 2008 (segni neri), per diverse durate di pioggia, sovrapposte alle L.S.P.P. stimate da ARPA Lombardia per il medesimo sito

2.1.2.9 Valutazioni sintetiche finali

Il quadro che emerge dalla considerazione dei più significativi eventi meteorici occorsi nel recente passato sembra portare a delineare uno scenario locale nel quale le più significative condizioni di rischio idraulico appaiono localmente confinate entro il solco vallivo dell'Olona, senza interessare altre parti del territorio comunale.

Nel dettaglio, il corso del fiume Olona, negli ultimi trenta anni circa è stato teatro di numerosi episodi di piena, caratterizzati da diversi gradi di gravità, come ampiamente documentato sul web (giugno 1992, settembre 1995, aprile 1997, giugno 1999, luglio 2000, maggio 2002, novembre 2002, maggio 2004, agosto 2007, aprile e luglio 2009, maggio 2010, novembre 2011, dicembre 2013, luglio, agosto e novembre 2014, giugno 2020). Più ad Ovest, nella valle dell'Arno, a mostrare caratteri di criticità idraulica è soprattutto l'area di fondovalle compresa nel territorio del comune di Castronno, ove gli allagamenti della sede autostradale si susseguono con cadenza poco più che annuale (agosto e novembre 2014, giugno ed agosto 2016, giugno 2017, agosto 2018, per citare solo gli episodi più recenti).

I medesimi episodi di pioggia che furono in grado di dare luogo a conseguenze nefaste nelle aree di fondovalle non produssero al contrario che effetti marginali sulle alture comprese fra queste due depressioni. Come sopra indicato, è quindi ragionevole attendersi uno sviluppo complessivamente modesto delle aree allagabili nel territorio comunale, concentrato lungo le sponde del fiume Olona, in sostanziale assenza di rilevanti scenari di rischio idraulico al di fuori dell'ambiente di valle.

2.2 Notizie desunte dagli strumenti di pianificazione vigenti e da studi pregressi

2.2.1 Note geologiche e geomorfologiche

2.2.1.1 Orografia del territorio comunale

Il territorio del comune di Gornate Olona si estende per poco meno di 5,00 km², su un'area afferente ad ambiti collinari, caratterizzata dalla presenza di una importante depressione fluviale (il solco della valle Olona), alla quale fanno da coronamento diversi terrazzi morfologici, prodotti delle successive attività di escavazione e deposito proprie dei periodi glaciali.

Stando ai testi consultati e riportati nelle note bibliografiche, i depositi più antichi sono riferiti al periodo Mindel, ed occupano i rilievi più elevati, ad una certa distanza dall'asta fluviale. I successivi episodi glaciali, risalenti al periodo Wurm, esercitarono la loro azione di modellazione del territorio escavando i depositi precedenti e sovrapponendo a questi, nei nuovi avvallamenti così ricavati, nuovi depositi, a loro volta destinati ad essere parzialmente rimossi e ricoperti nel corso delle glaciazioni successive. L'insieme di eventi così sommariamente descritto diede luogo alla serie di terrazzi oggi distintamente riconoscibili, come sopra indicato, nella quale i depositi più recenti occupano generalmente i pianalti posti in posizione meno elevata e più vicina al corso d'acqua. In particolare, discendendo verso il fondovalle dalle alture originatesi nel periodo Mindel, si riconoscono dapprima forme afferenti al cosiddetto *allogruppo di Besnate*, a quote comprese fra 290 e 300 m s.l.m. (cascina Ceriano e località Bicccera, in sponda sinistra, e l'abitato principale, in sponda destra), e quindi i suoli afferenti alla *alloformazione di Cantù* (cascina Tuss, monastero di Torba, a quote 265÷270 m s.l.m.), mentre il fondovalle ospita i depositi prodotti dalle alluvioni più recenti. La base rocciosa originaria (substrato gonfolitico, di norma sottoposto al Ceppo dell'Olona) affiora solo localmente, sotto agli orli dei terrazzi alluvionali, verso la base dei versanti più scoscesi.

I versanti sciolano verso l'asta del fiume Olona, con la sola eccezione di una piccola porzione di territorio posta presso il confine occidentale del territorio comunale, afferente al corso del torrente Tenore, lungo il confine comunale.

I principali insediamenti antropici occupano in generale i pianalti più elevati (santa Monica, Gornate, in destra idrografica, e Bicccera, sul versante opposto). Lungo il corso del fiume Olona sorgono l'agglomerato di san Pancrazio e la frazione di Torba, negli ultimi decenni oggetto di una importante espansione industriale.

2.2.1.2 Caratteristiche geologiche e di permeabilità dei suoli

Per la definizione delle caratteristiche litologiche del territorio comunale, si attinse allo studio geologico del territorio comunale prodotto a supporto della pianificazione urbanistica, condotto a cura dei tecnici dello studio geologico associato GEDA (dott. Roberto Carimati e dott. Giovanni Zaro, luglio 2004). Nel dettaglio, le informazioni qui riportate vennero di massima desunte dai grafici allegati allo studio della "Componente Geologica, Idrologica e Sismica", ed in particolare alla "Carta di inquadramento geologico" e nella "Carta di inquadramento idrogeologico", redatte in pari data.

Come sopra descritto, l'indicazione della genesi del territorio ivi contenuta evidenzia come questa procedette per cicli successivi di deposito ed erosione, sino a giungere alla conformazione terrazzata descritta in precedenza, con i ripiani caratterizzati da età e da quote via via crescenti con il progressivo allontanamento dall'asta fluviale dell'Olona. I depositi, talvolta già in origine ricchi in frazione fine, furono poi soggetti a successivi processi di alterazione chimica, con degradazione per decalcificazione dei clasti originari, e progressivo ulteriore aumento della frazione fine, soprattutto per i depositi più antichi, nei quali i processi di alterazione sono più avanzati. Nei depositi più antichi, ove il processo si sviluppò per un tempo più lungo, ne risultò una prevalenza di

suoli a granulometria fine, oggi prevalenti nei rilievi più elevati. I terrazzi inferiori, originati in periodi glaciali più recenti (Wurm), meno alterati, sono in generale più ricchi di frazione grossolana e più permeabili, mentre i valori di permeabilità maggiore vengono rinvenuti nelle alluvioni recenti di fondovalle.

Nelle aree di affioramento del substrato roccioso, relativamente poco frequenti, la circolazione idrica sotterranea è legata al grado di fratturazione ed alla presenza di cavità: può essere anche relativamente elevata nel Ceppo, mentre è in genere limitata ai primissimi orizzonti superiori nelle formazioni gonfolitiche.

I valori di permeabilità dei suoli assumono i valori che seguono:

- permeabilità da media ad alta (con tendenza alla diminuzione verso Sud), per i suoli alluvionali di fondovalle, con prevalenza di sabbie, ghiaie e ciottoli;
- permeabilità da media a bassa, per le aree di terrazzo di origine wurmiana;
- permeabilità bassa, per i rilievi più elevati, caratterizzati dalla presenza di una copertura argillosa fortemente alterata
- permeabilità variabile, per gli affioramenti rocciosi, con valori pressoché nulli nella gonfolite, e variabili nel ceppo, in relazione alle condizioni locali di fratturazione.

I caratteri di permeabilità dei suoli qui sommariamente descritti trovano rappresentazione di maggiore dettaglio nel grafico di tavola n. 1.

2.2.1.3 Dinamica geomorfologica

La pianificazione delle aree interessate da rischio idrogeologico venne regolata per la prima volta con L. 18.05.1989, n. 183 (Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo), ove veniva individuata nel bacino idrografico l'unità territoriale di riferimento per l'analisi dello stato di dissesto e per la pianificazione degli interventi volti alla riduzione del rischio.

In particolare, l'art. 17, al comma 6.ter, ammetteva la facoltà di procedere alla redazione di piani stralcio parziali, relativi a sottobacini ovvero a specifici settori funzionali, sia pure tenendo conto del quadro generale costituito dall'intero bacino di riferimento.

In applicazione a tale facoltà, l'Autorità di Bacino del fiume Po (AdBPo, competente sul territorio comunale in esame) adottò, con deliberazione del Comitato Istituzionale 11.05.1999, n. 1, il Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), comprendente (elaborato 2) l'"Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici", a sua volta composto da una relazione generale, dall'elenco dei comuni per classe di rischio (allegato 1), dal quadro di sintesi dei fenomeni di dissesto a livello comunale (allegato 2), dall'inventario centri abitati montani esposti a pericolo (allegato 3), dalla delimitazione aree in dissesto scala 1:25.000 (allegato 4), dalla perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico elevato (allegato 4-1) e dalla perimetrazione aree in dissesto con applicazione delle misure di salvaguardia (allegato 4-2).

A tutto ciò fece seguito, dopo breve, la redazione del "Piano Straordinario per le aree a rischio idrogeologico molto elevato" (normalmente identificato con la sigla PS-267), previsto dall'art. 1, comma 1-bis del D.L. 11.06.1998, n. 180, convertito, con modificazioni, con la L. 03.08.1998, n. 267. Il Piano venne concepito come strumento in grado di affrontare secondo le procedure più rapide le situazioni più critiche riconosciute nel bacino idrografico, in funzione del rischio idrogeologico presente. Il PS-267 venne approvato con deliberazione del Comitato Istituzionale 26.10.1999 n. 14, mentre i successivi aggiornamenti trovarono approvazione con deliberazioni 26.04.2001, n. 20, e 03.03.2004, n. 5.

Le indicazioni di cui sopra intendevano costituire il quadro complessivo dei dissesti osservati alla data di approvazione del PAI (24.04.2001), demandando ai singoli Comuni, in sede di attuazione del PAI, l'onere di svolgere ogni successivo approfondimento, integrazione o modifica, ai sensi

dell'art. 18 delle Norme di Attuazione del PAI.

In forza della D.G.r. 11.12.2001, n. VII/7365, il Comune di Gornate Olona veniva esonerato da tali incombenze. In ragione di ciò, la cartografia allegata allo studio geologico del territorio comunale non comprende la “Carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI”, prevista al § 3.3 dell'allegato B alla D.G.r. 30.11.2011, n. IX/2616. Le informazioni sullo stato di dissesto vengono pertanto desunte dall'esame della “Carta della dinamica geomorfologica”, ove vengono indicati i dissesti puntuali (fenomeni franosi ovvero aree con episodi di erosione torrentizia localizzata) rispettivamente in stato attivo, quiescente (se potenzialmente riattivabile dalle sue cause originarie) ed inattivo o stabilizzato (se non più influenzabile dalle cause che lo hanno generato, o se è stato da queste protetto, mediante messa in opera di misure di stabilizzazione).

In particolare, lo studio geologico del territorio comunale pone in evidenza una miriade di eventi localizzati, con aree in erosione accelerata o frane in stato anche attivo, generalmente più frequenti alla base dei rilievi risalenti al periodo Mindel, ove sono spesso connessi alla presenza di un'asta di drenaggio, e più rari invece nei versanti più vicini al fiume Olona, ove appaiono invece privi di relazione con il reticolo idrografico di superficie. Particolare rilevanza acquisiscono nel territorio comunale i dissesti afferenti alla tipologia del “soliflusso”, movimenti a dinamica lenta responsabili di deformazioni ed inclinazioni di muri di sostegno, di rotazione dei fusti degli alberi, e di piccoli distacchi di superficie. Si rileva, in particolare, come le diffuse instabilità possano dare luogo a consistenti portate di trasporto solido, suscettibili di occludere le sezioni di imbocco degli eventuali alvei tombati di recapito, con conseguente divagazione delle correnti di piena nelle aree circostanti.

Le indicazioni qui riportate trovano rappresentazione nel grafico di tavola n. 2, dal cui esame non si ravvisa, in ogni caso, alcuna relazione fra gli episodi di instabilità censiti e la presenza di punti di scarico delle reti comunali di scolo.

2.2.2 Idrografia di superficie ed idrogeologia

2.2.2.1 Reticolo principale

2.2.2.1.1 Note generali sulle condizioni di pericolosità idraulica

Il territorio del comune di Gornate Olona è interessato da due corpi idrici afferenti agli elenchi del reticolo idrografico principale: si tratta del fiume Olona e del torrente Tenore.

Mentre non si ha notizia di episodi alluvionali occorsi lungo il torrente Tenore, che nel territorio comunale attraversa aree boschive, entro una valle piuttosto incassata e relativamente lontana da insediamenti antropici, vi è al contrario ampio riscontro documentale in merito al regime del fiume Olona, che fa registrare episodi di piena con cadenza media annuale, ed appare in grado di generare allagamenti nelle aree di fondovalle più vicine all'alveo con cadenza grossomodo decennale.

Storicamente (figure nn. 19, 20, 21, 22 e 23, tratte da resoconti giornalistici al passaggio di un episodio di piena di entità relativamente modesta) le esondazioni hanno origine a San Pancrazio, a monte del sottopasso stradale (in sponda destra), sotto cascina Tuss (in sponda sinistra), ed in corrispondenza della zona industriale di Torba, circa 350 m a monte del sottopasso di via Cesare Battisti (in prevalenza, sempre in sponda sinistra), e giungono ad interessare ampie porzioni del fondovalle, fino al confine con il territorio del comune di Castelseprio. Le indicazioni riportate trovano riscontro nei grafici allegati al già citato studio geologico del territorio comunale condotto con finalità di supporto alla pianificazione urbanistica (dott. Roberto Carimati e dott. Giovanni Zaro, luglio 2004), ove, oltre ai principali punti di divagazione della corrente di piena, venne dato un tracciamento sommario dei limiti di esondazione, localmente estesi a comprendere le possibili aree di spagliamento connesse ai corpi idrici minori tributari del fiume Olona, con particolare riferimento agli affluenti con recapito in sponda destra, a valle del ponte di San Pancrazio.



Figura 19: il fiume Olona in condizioni di piena ordinaria, in località San Pancrazio (maggio 2010 – fonte:www.varesenews.it)



Figura 20: il fiume Olona in condizioni di piena ordinaria, dal ponte di via primo Maggio verso monte (maggio 2010 – fonte:www.varesenews.it)



Figura 21: l'area industriale di Torba in sponda destra, ripresa in condizioni di piena ordinaria dal ponte di via Battisti verso monte (maggio 2010 – fonte:www.varesenews.it)



Figura 22: l'area industriale di Torba in sponda destra, ripresa in condizioni di piena ordinaria dal ponte di via Battisti verso valle (maggio 2010 – fonte:www.varesenews.it)



Figura 23: il fiume Olona in condizioni di piena ordinaria, dal ponte di via Battisti verso Sud (maggio 2010 – fonte:www.varesenews.it)

2.2.2.1.2 Valutazione semi-quantitativa della pericolosità

A partire dalle ricostruzioni basate su notizie storiche, una prima caratterizzazione, semi-quantitativa, delle condizioni di pericolosità idraulica insistenti sulle aree limitrofe ai corsi d'acqua afferenti al reticolo principale può essere elaborata facendo riferimento alle indicazioni contenute negli atti pianificatori formulati a cura dell'Autorità di Bacino, ed in particolare nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) e nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.).

Il P.G.R.A. venne elaborato in attuazione della direttiva 2007/60/CE, recepita con D.Lgs. 23.02.2010, n. 49, relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni: si tratta di uno strumento operativo per l'individuazione e la programmazione di azioni mirate a limitare l'entità dei danni arrecati dai fenomeni alluvionali alla popolazione e al territorio, redatto a livello di distretto idrografico (per il comune di Gornate Olona, per l'appunto, il Distretto Idrografico Padano, gestito da AdBPo). I contenuti del Piano sono riferiti alla gestione del rischio alluvioni in tutti i suoi aspetti (prevenzione, protezione e preparazione), tenendo conto delle caratteristiche del bacino idrografico, e dando luogo alla redazione di mappe di pericolosità e di rischio, ove vengono rappresentate le aree potenzialmente interessate dalle alluvioni secondo scenari riferiti alla *probabilità di occorrenza* del fenomeno alluvionale ed all'*ambito geografico* di riferimento per la formazione dell'evento di piena.

Dal punto di vista della probabilità di occorrenza dell'evento, il Piano distingue:

- alluvioni “*frequenti*” (caratterizzate da tempo di ritorno – TR – pari a circa 30÷50 anni);
- alluvioni “*poco frequenti*” (TR pari a circa a 100÷200 anni);
- alluvioni “*rare*” (TR fino a 500 anni),

mentre dal punto di vista dell'ambito geografico di riferimento si individuano:

- *reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP)*;
- *reticolo secondario collinare e montano (RSCM)*;
- *reticolo secondario di pianura (RSP)*;
- *aree costiere lacuali (ACL)*.

Il territorio comunale di Gornate Olona, in particolare, risulta interessato dal tracciamento delle aree alluvionali riferite al reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP), per le aree limitrofe al corso del fiume Olona, con individuazione di aree interessate da alluvioni “frequenti” (a ridosso dell’alveo e nelle campagne a Sud della zona industriale di Torba), e di aree interessate da alluvioni “poco frequenti” (comprendenti la maggior parte delle aree boschive e dei terreni agricoli a Sud della frazione di San Pancrazio). La zona industriale di Torba, compresi gli insediamenti artigianali realizzati in fregio all’alveo, così come l’abitato di San Pancrazio, viene invece definita come interessata da alluvioni “rare”. A conferma delle indicazioni già riportate, non risultano, invece, entro il territorio comunale, aree allagabili lungo il corso del torrente Tenore.

In tempi più remoti, per i soli corsi d’acqua principali, l’Autorità di Bacino si era dotata di un altro strumento di pianificazione, denominato Piano Stralcio delle Fasce Fluviali sui corsi d’acqua principali del bacino idrografico del fiume Po (P.S.F.F., successivamente confluito nel già citato P.A.I.), nel cui ambito si individuavano:

- la fascia di deflusso della piena ordinaria (fascia “A”)
- la fascia di esondazione per la piena di riferimento (normalmente, coincidente con quella che n linea teorica ricorre con tempo di ritorno 200 anni, fascia “B”);
- la fascia potenzialmente interessata da inondazione per piena catastrofica (fascia “C”, comunemente identificata con la piena con tempo teorico di ricorrenza pari a 500 anni).

Lungo il corso del fiume Olona, il tracciamento delle fasce fluviali insisteva sulle medesime aree di fondovalle successivamente riclassificate secondo le categorie previste nel P.G.R.A., mentre le indicazioni relative al torrente Tenore avevano inizio più a Sud, entro il territorio comunale di Castelseprio. La considerazione di tali fasce non apporta quindi alcun nuovo elemento al quadro cognitivo di interesse ai fini del presente elaborato.

2.2.2.1.3 Rappresentazione cartografica delle conoscenze maturate

I principali elementi descrittivi del reticolo idrografico, con indicazione dei limiti delle aree allagabili individuate nel P.G.R.A. e nel P.A.I., vengono illustrati nel grafico di tavola n. 3. Secondo quanto anticipato in Premessa, gli elementi così illustrati saranno oggetto di successive verifiche di calcolo, condotte secondo le indicazioni contenute in allegato alla D.G.r. 30.11.2011, n. IX/2616. Per la descrizione di tali elaborazioni e dei relativi risultati, si rimanda a quanto contenuto in § 3.2.

2.2.2.2 Reticolo idrico minore

L’individuazione del reticolo idrico minore di competenza comunale fu oggetto di un’indagine svolta su incarico dell’Amministrazione Comunale dai geologi Roberto Carimati e Giovanni Zaro, dello studio associato di geologia GEDA (2013).

In generale, dalla lettura dei documenti da questi elaborati emerge una sostanziale omogeneità, per area territoriale di appartenenza, dei corpi idrici che solcano il territorio comunale, che possono essere grossolanamente suddivisi in tre gruppi, con rispettivo recapito lungo la sponda destra del fiume Olona, lungo la sponda sinistra di questo e verso il Tenore.

A fini di caratterizzazione del rischio idraulico sussistente sul territorio comunale, i corpi idrici cui pare necessario prestare le maggiori attenzioni sono interamente compresi nel primo gruppo. Essi hanno origine nei solchi vallivi ove scolano le acque drenate lungo i versanti orientali delle alture

Mindel dai suoli morenici e che attraversano i pianalti rissiani, e vengono identificati nei documenti a suo tempo redatti dai tecnici incaricati dall'Amministrazione Comunale con i numeri da 1 a 8. In particolare, vengono segnalate le criticità idrauliche che seguono:

- per il corpo idrico individuato dal numero 1, le condizioni di avanzato degrado, con conseguente indebolimento strutturale, in cui versa il manufatto di attraversamento, in sottopasso, della pista ciclopedonale esistente in fregio al corso del fiume Olona;
- per il corpo idrico identificato con il numero 3, l'assenza di un vero e proprio recapito, sostituito, nella fattispecie, da un manufatto che convoglia per intero la portata affluente nella rete di fognatura di via Campi Aperti, con possibile formazione di rigurgiti per intasamento della griglia di protezione dell'imbocco, secondo quanto presumibilmente verificatosi nel corso dell'evento alluvionale del settembre 1995 (eventualità, questa, cui si è cercato di porre rimedio con la disposizione di un'opera di ritenuta dei solidi sospesi realizzata a monte dell'imbocco);
- per il corpo idrico n. 4 (torrente Marrubio), l'esistenza di un lungo tratto intubato, sviluppato lungo un percorso di diverse centinaia di metri, di sezione presumibilmente inadeguata (diametro presunto, nel tratto iniziale, pari a 400 mm) e sovente ingombra di materiale vegetale, con possibile diversione delle acque di esubero verso il centro cittadino, lungo il percorso formato dalle vie Diaz e IV novembre; a valle della sezione di sbocco della tombinatura, ove confluiscono diversi rami della rete di scolo comunale, si rileva una debole attività erosiva;
- per il corpo idrico n. 5, gli elementi di criticità appaiono costituiti dal sottopasso della via Matteotti, e soprattutto dalla lunga tombinatura realizzata sotto alla sede stradale di via I maggio, ove, ai lati della sede stradale, si rilevano i segni di frequenti episodi di ruscellamento, con evidenti effetti di erosione presso lo sbocco della tombinatura;
- per i corpi idrici nn. 6, 7 ed 8, i possibili allagamenti della sede stradale (S.P. 42), legati ad episodi di occasionale inadeguatezza dei manufatti di attraversamento, da ascrivere prevalentemente ad eccesso di sedimento di depositi lapidei e vegetali.

Per il caso del corpo idrico n. 8, nel corso delle indagini fu anche possibile raccogliere testimonianze visive degli scenari di pericolosità idraulica che ad esso possono essere associati, secondo quanto riportato nelle immagini riportate a partire da pagina seguente.

Sulla scorta delle analisi condotte, come sopra sommariamente riportate, i tecnici estensori dello studio geologico del territorio comunale tratterebbero aree allagabili connesse al regime idraulico dei corpi idrici minori defluenti nel territorio comunale, distribuite come segue.

Una prima superficie allagabile venne individuata nella parte occidentale del pianalto di Gornate, in una vasta area al piede dei rilievi che salgono verso il terrazzo morenico Mindel, con origine presso l'imbocco della tombinatura di via Campi Aperti (corso d'acqua n. 3) ed estensione fino ai corsi dei torrenti Val Dessera, a Nord, e Marrubio, a Sud. L'area potenzialmente allagabile si estende per diversi ettari di terreno agricolo, al margine occidentale dell'area abitata, e pare potenzialmente alimentata, oltre che dalle acque rigurgitate dall'imbocco della tombinatura di via Campi Aperti, dalle acque di scolo del soprastante versante, e da parte della portata veicolata dal torrente Marrubio, qualora anche questa non trovi pienamente scolo nella tombinatura di propria pertinenza.

Una seconda area di spagliamento, di minori proporzioni, venne individuata in corrispondenza della depressione attraversata dai vari rami del torrente n. 5, a Nord del cimitero di Gornate, in area prevalentemente boschiva.

Fenomeni di ruscellamento diffuso furono invece riconosciuti come abbastanza frequenti verso il piede delle scarpate che delimitano, sia verso monte che verso valle, il pianalto di Gornate, interessando aree destinate poi a congiungersi con le aree allagabili sopra descritte.



Figura 24: allagamento della sede stradale della S.P. 42 in corrispondenza dell'attraversamento del corpo idrico rubricato al numero 8, in occasione delle piogge occorse nel maggio 2010 (fonte:www.varesenews.it)



Figura 25: allagamento della sede stradale della S.P. 42, fra Torba e Castelseprio, in corrispondenza dell'attraversamento del corpo idrico rubricato al numero 8, in occasione delle piogge occorse nel maggio 2010 (fonte:www.varesenews.it)



Figura 26: allagamento della sede stradale della S.P. 42, fra Torba e Castelseprio, in corrispondenza dell'attraversamento del corpo idrico rubricato al numero 8, in occasione delle piogge occorse nel maggio 2010 (fonte:www.varesenews.it)

La distribuzione spaziale dei fenomeni così descritti trova illustrazione nel grafico di tavola n. 3. Gli elementi così rappresentati, costituiscono base per gli approfondimenti di calcolo richiesti dalla norma, e presentati più oltre, in § 3.3.

2.2.2.3 Emergenze idriche e ristagni di acque superficiali

Lo studio geologico del territorio comunale individua cinque distinte aree di ristagno, distribuite in maniera abbastanza uniforme fra tutte le unità idrogeologiche in precedenza individuate, in coincidenza con piccole depressioni locali. Due di queste interessano il pianalto Mindel, in aree relativamente lontane da insediamenti antropici, due interessano il fondovalle (in riva destra, fra San Pancrazio e Torba, ed in sponda sinistra, in area limitrofa ad un fontanile a Sud di Torba), mentre l'ultima interessa il solco vallivo generato alla base del rilievo Mindel dal corso del torrente elencato al numero 5, non lontano dalle propaggini meridionali dell'abitato di Gornate.

La distribuzione delle aree soggette a ristagno e ad emergenze idriche viene raffigurata nella planimetria di tavola n. 3.

2.2.2.4 Caratteristiche qualitative delle acque sotterranee

Dai documenti esaminati, non si ha ad oggi notizia di presenza significativa di inquinanti nelle acque emergenti dal suolo, né si ha notizia – se non per una area circoscritta, presso il confine meridionale del territorio comunale, già assoggettata a piano di caratterizzazione ed analisi di rischio – dell'esistenza di terreni contaminati, dai quali la circolazione idrica sotterranea potrebbe causare il rilascio di sostanze pericolose.

Può peraltro essere agevolmente riconosciuta la presenza di diverse potenziali fonti di

inquinamento, elencate, in accordo con le definizioni riportate nei grafici dello studio geologico del territorio comunale, come segue:

- aree che ospitano (o che hanno ospitato in passato) terminali di scarico della rete di fognatura comunale, ovvero gli scarichi di “troppo pieno” delle stazioni di sollevamento della rete di scolo;
- aree urbanizzate prive di rete dei scolo delle acque “nere”;
- aree adibite – ad oggi oppure in passato – all’esercizio di attività produttive (individuate a partire dallo studio geologico del territorio comunale, dalle tavole di azionamento del P.G.T. vigente e dalla cartografia storica);
- aree adibite a produzione agricola;
- aree adibite a produzione zootecnica, soprattutto in presenza di bestiame non stabulato;
- aree interessate da riporti di materiale e rilevati antropici (caso nel quale il fattore di rischio è legato all’incerta origine del materiale utilizzato per i riporti), con particolare riferimento, per le finalità di cui al presente documento, all’area occupata da una discarica per materiali inerti in passato attiva a Sud del cimitero di Gornate Olona, in fregio a via Matteotti, ed all’area in passato utilizzata da Italtubi S.p.A., al limite della zona industriale di Torba, come anzidetto già sottoposta a piano di caratterizzazione e ad analisi di rischio.

La distribuzione sul territorio comunale delle aree contraddistinte dalle caratteristiche sopra elencate viene sommariamente rappresentata nel grafico di tavola n. 4. Per affinità tematica, in essa trovano rappresentazione anche le rispettive estensioni delle aree soggette a vincolo di tutela per presenza di punti di captazione delle acque sotterranee destinate al consumo umano.

2.2.3 Rete di drenaggio urbano

La caratterizzazione della rete di drenaggio urbano venne condotta a partire dalle informazioni raccolte presso l’ufficio tecnico Comunale, oltre che dai documenti a suo tempo redatti su incarico dell’Amministrazione Comunale a cura dello studio associato Mazzucchelli Pozzi Mazzucchelli, di Morazzone, ai fini della redazione del Piano Urbano Generale dei Servizi Sottosuolo (maggio 2014), mentre l’estensione complessiva delle porzioni di territorio provviste di rete dinamica di scolo dei liquami venne individuata attingendo a tipi planimetrici messi a disposizione da parte dell’Amministrazione Comunale, con descrizione della situazione aggiornata all’anno 2018.

Si tratta di una caratterizzazione molto sommaria: i documenti raccolti consentirono la ricostruzione del solo tracciato dei condotti appartenenti alla rete comunale di scolo, non comprendendo – se non in casi molto limitati – indicazioni né sulla tipologia (dimensioni e materiali di costruzione) dei condotti, né su pendenze e profondità di posa, rendendo di fatto impossibile la redazione di qualsiasi calcolo di valutazione della capacità di scolo del sistema.

Il risultato delle ricerche condotte viene rappresentato nella planimetria di tavola n. 3, utilizzata a base per gli approfondimenti di calcolo illustrati più oltre (§ 3).

Stando ai documenti raccolti, l’elenco delle aree servite da pubblica fognatura non include, oppure include in maniera solo parziale, diverse aree urbanizzate sulle alture ad Est del corso del fiume Olona (in località cascina Lonati, cascina Ceriano, cascina Tuss, in corrispondenza delle aree di cava e nel centro storico di Torba), oltre a piccoli insediamenti in sponda destra dinanzi a San Pancrazio e ad un insediamento di maggiori dimensioni che fronteggia l’area della ex discarica di via Matteotti.

3 Elaborazioni di calcolo

3.1 Introduzione

Come anticipato in Premessa, il disposto normativo risultante dalla lettura combinata delle vigenti norme regionali che regolano il recepimento negli strumenti urbanistici comunali dei principi di invarianza idraulica ed idrologica e dei contenuti del P.G.R.A. richiede l'esecuzione di una articolata serie di valutazioni idrauliche, aventi la finalità comune di individuare la distribuzione delle aree allagabili esistenti nel territorio comunale, distinguendone quindi le rispettive condizioni di pericolosità e di rischio idraulico, secondo le procedure fissate in allegato 4 all'allegato B alla D.G.r. 30.11.2011, n. IX/2616. Con tali valutazioni viene dato adempimento alle indicazioni contenute nella delibera citata, relativamente al punto in cui è richiesto che la delimitazione delle aree a diverso livello di rischio sia riportata sulla cartografia dello strumento urbanistico comunale.

Nel dettaglio, il calcolo interessa con procedure distinte il reticolo principale già oggetto delle attenzioni del P.G.R.A., affidato alla gestione dell'Agenzia Interregionale per il Po (AIPO), il reticolo minore di pertinenza comunale, e la rete artificiale deputata allo scolo delle acque meteoriche, di competenza del gestore locale del servizio idrico integrato (ALFA S.r.l.).

Nel primo caso, le elaborazioni di calcolo vengono condotte assumendo le portate di progetto fissate nei documenti allegati al P.G.R.A. e conducendo, sulla base di queste, un nuovo studio idraulico del comportamento dell'asta fluviale in caso di piena, comprendente la costruzione di un modello geometrico dell'alveo, la determinazione dei tiranti idrici e delle velocità di deflusso, con riferimento a scenari rispettivamente caratterizzati da tempi di ritorno di 10, 100 e 500 anni, e la determinazione puntuale delle condizioni di pericolosità e di rischio idraulico, valutate con riferimento allo scenario atteso con tempo di ritorno 100 anni, in accordo con il dettato normativo. I calcoli vengono svolti con riferimento alla sola asta del fiume Olona, dal momento che, come già indicato, le mappe del P.G.R.A. non riconoscono, lungo il corso del torrente Tenore, condizioni di criticità idraulica che interessino il territorio comunale. Le valutazioni vengono condotte secondo i principi fisici che governano il moto delle correnti a pelo libero, riassunti in Appendice n. 2.

A differenza di quanto indicato a proposito del reticolo principale, nel caso del reticolo minore di pertinenza comunale non sono date portate ufficiali di riferimento. In virtù di questo, le valutazioni richieste prendono avvio dalle stime idrologiche finalizzate alla delimitazione e caratterizzazione del bacino idrografico di pertinenza di ciascun corpo idrico, e dal calcolo delle portate di piena, secondo gli scenari individuati nel precedente § 2.1.1. Il calcolo è eseguito sulla base dei modelli che illustrano i processi di formazione delle onde di piena in bacini prevalentemente naturali ("metodo CN", sommariamente illustrato in Appendice n. 3), assumendo gli scenari di calcolo raccomandati nel vigente Regolamento in materia di invarianza idraulica ed idrologica (10, 50 e 100 anni). In accordo con quanto richiesto ai sensi del Regolamento, in assenza di studi o di rilievi di dettaglio le successive valutazioni degli scenari di piena lungo le aste dei corpi idrici minori vengono svolte in maniera sommaria, con determinazione semplificata della capacità di smaltimento in corrispondenza di alcune sezioni ritenute di particolare significato ai fini dei calcoli (tombinature, attraversamenti, restrizioni di sezione, ...). La valutazione puntuale delle condizioni di rischio e di pericolosità idraulica (svolta, in ossequio alla normativa regionale, assumendo lo scenario atteso ogni 100 anni) è limitata all'intorno di tali sezioni singolari.

Per quanto infine attiene alla rete di scolo, nell'ambito del presente elaborato il calcolo è limitato alla valutazione dei deflussi meteorici, in termini di portate e volumi, come indicato all'art. 14, comma 7, lettera a), punto 3.1, del Regolamento. La valutazione della capacità di smaltimento della rete, richiesta al successivo punto 3.3, deve essere giocoforza rimandata ad una fase successiva,

dopo che siano rese disponibili le informazioni essenziali sulla geometria dei singoli rami della rete. Il calcolo delle portate è condotto attingendo ai modelli che illustrano la formazione delle piene entro bacini di prevalente natura urbana (“antico metodo italiano”, Appendice n. 4). In presenza di forte commistione fra bacini antropizzati e bacini naturali, caratterizzati da tempi di formazione delle onde di piena molto differenti, l’impiego del modello è preceduto da una fase di taratura dei principali parametri, come più oltre illustrato.

Ove compiutamente sviluppati, i calcoli idraulici consentono di definire la distribuzione spaziale dei valori locali di velocità di deflusso ed altezza di colonna d’acqua al suolo, nelle aree interessate da onde di piena ricorrenti con i diversi tempi di ritorno assunti, sia nelle aree interessate da allagamenti connessi con il regime di piena del fiume Olona, sia nelle aree interessate da esondazioni occasionali dei corpi idrici minori. Ai fini del tracciamento sulla cartografia di supporto alla pianificazione urbanistica comunale, la distribuzione delle condizioni di pericolosità viene quindi stimata, come indicato, a partire dal solo scenario caratterizzato da tempo di ritorno di 100 anni, facendo riferimento ai valori limite indicati nel grafico sottostante, congruente con le indicazioni normative (§ 3.4 dell’allegato 4 all’allegato 4 all’allegato B alla d.G.R. 30.11.2011, n. IX/2616, “Procedure la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio esondazione”).

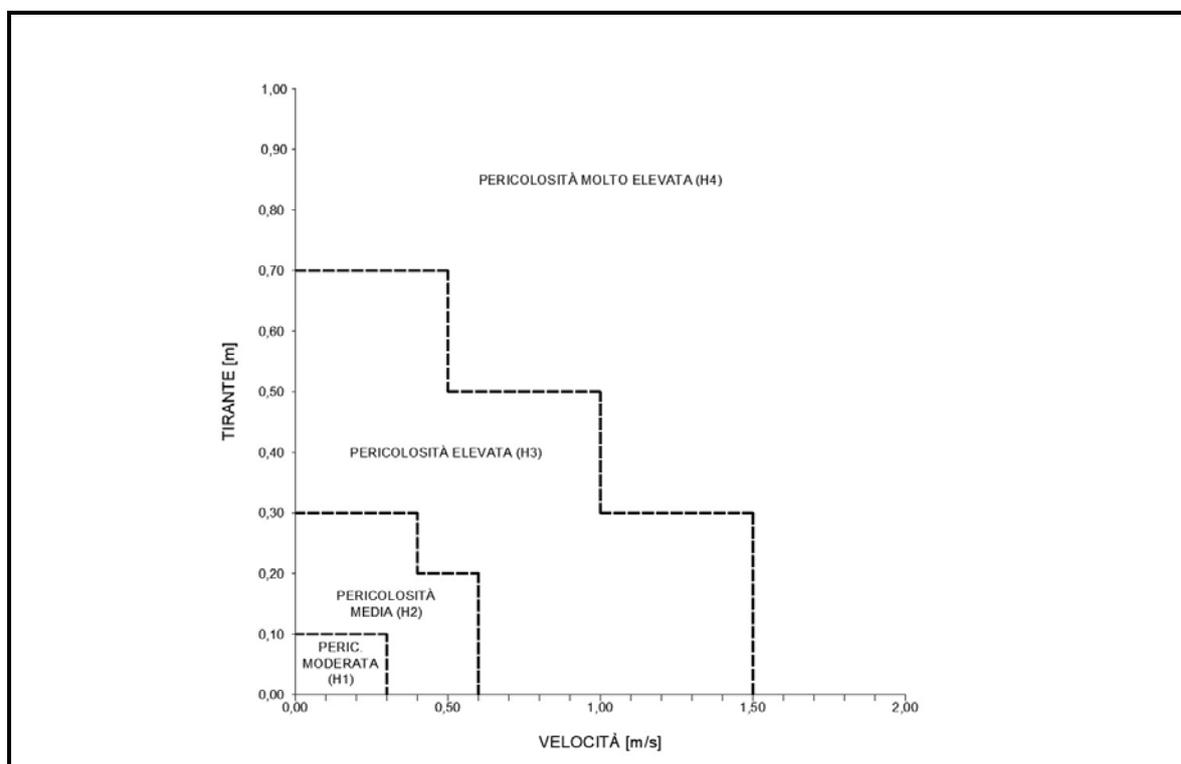


Figura 27: convenzioni adottate per la definizione della pericolosità idraulica, a partire dai valori puntuali di altezza di corrente al suolo e velocità di deflusso

Definita punto per punto la pericolosità locale, le condizioni di rischio idraulico vengono calcolate incrociando fra loro i dati rappresentativi delle classi di pericolosità e delle classi di danno attese (valutate, queste ultime, in funzione degli usi dei suoli, assumendo le medesime convenzioni già in uso negli elaborati P.G.R.A., che per la valutazione delle classi di danno adottano una suddivisione tipologica molto simile a quella contenuta nell’allegato 4 all’allegato B alla d.G.R. 30.11.2011, n. IX/2616).

In relazione al percorso seguito nella redazione dei calcoli, i valori di pericolosità e di rischio

idraulico possono essere definiti solo laddove il modello di calcolo abbia riconosciuto possibilità di allagamento nel corso dell'evento ricorrente con tempo di ritorno di 100 anni. Alle aree esterne a tale delimitazione, se interessate dalla pianificazione di bacino (P.A.I. o P.G.R.A.), ovvero se già riconosciute come potenzialmente allagabili in altra sede, vengono in ogni caso attribuite condizioni di pericolosità e di rischio "marginali".

3.2 Calcoli idraulici svolti lungo l'asta del fiume Olona

3.2.1 Assetto geometrico dell'alveo

Il tratto di alveo del fiume Olona compreso entro i limiti del territorio comunale presenta uno sviluppo di circa 2,50 km, e ne segna il confine Nord-occidentale per circa 0,90 km, per un totale di circa 3,40 km. Nella parte settentrionale, per lo sviluppo di 1,00 km circa, fino alla frazione di San Pancrazio, il corso d'acqua scorre in una valle molto stretta, praticamente priva di installazioni antropiche. Più a valle, il fondovalle si allarga, sino a raggiungere un'ampiezza massima di poco inferiore a 500 m in corrispondenza della frazione di Torba, in un'area densamente sfruttata a fini industriali.

All'epoca della redazione del già citato Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, il fondovalle venne descritto da una serie di sezioni topografiche, tracciate a cura dell'Autorità di Bacino ai fini della determinazione dei limiti massimi di allagamento per eventi ricorrenti con tempi di ritorno fino a 500 anni.

Il tracciato planimetrico di tali sezioni viene riportato in tavola n. 5a. Nel dettaglio, a partire dalla sezione PAI.OL-39.2, in territorio del Comune di Castelseprio, sono disponibili le seguenti sezioni:

- PAI.OL-39.2.1, PAI.OL-40, PAI.OL-40.1.bis, PAI.OL-40.1 e PAI.OL-41, a descrizione del tratto di alveo a valle del sottopasso di via Cesare Battisti, in corrispondenza dell'abitato di Torba;
- PAI.OL-41.1, PAI.OL-41.2, PAI.OL-41.3, PAI.OL-42, PAI.OL-42.1, nel tratto di alveo compreso fra gli insediamenti di Torba e di San Pancrazio;
- PAI.OL-42.2 e PAI.OL-43, a descrizione della geometria dell'alveo in corrispondenza dell'abitato di San Pancrazio;
- PAI.OL-43.1, PAI.OL-44 e PAI.OL-44.1, nel tratto in cui l'alveo segna il confine con il territorio del comune di Castiglione Olona.

Le esigenze di migliore conoscenza dell'alveo ai fini dello svolgimento dei calcoli idraulici di dettaglio richiesti nell'incarico imposero l'esecuzione di una campagna di rilievi integrativa, per la migliore conoscenza della geometria, nei tratti compresi fra le sezioni già disponibili, per la caratterizzazione di alcune sezioni singolari, in corrispondenza di soglie o traverse, e con finalità di aggiornamento delle conoscenze pregresse, laddove successive opere di arginatura e regimazione successivamente intervenute avessero inciso sensibilmente sullo stato originario dei luoghi.

La nuova campagna di rilievi portò al tracciamento di 26 nuove sezioni, distribuite come segue:

- sezione i-01, in corrispondenza di un'ansa verso destra, a valle di un tratto con andamento meandriforme;
- sezione i-02, presso un'ansa verso sinistra;
- sezione i-03, ad una nuova deviazione del corso verso sinistra;
- sezione i-04, tracciata in corrispondenza del confine fra i territori dei comuni di Gornate Olona

- e Castelseprio;
- sezione i-05, ad un'ansa verso destra;
 - sezione i-06, all'inizio del tratto a meandri;
 - sezione i-07, in corrispondenza di una deviazione verso sinistra, a valle del depuratore;
 - sezione i-08, nella sezione che ospita lo scarico del depuratore;
 - sezione i-09, in corrispondenza della traversa di alimentazione del canale diretto al mulino Zacchetto;
 - sezione i-10, a monte della traversa
 - sezione i-11, in sostituzione della PAI.OL-41;
 - sezione i-12, a monte del sottopasso di via Cesare Battisti, all'inizio dell'area industriale in fregio all'alveo in sponda destra;
 - sezione i-13, in corrispondenza di una soglia di fondo;
 - sezione i-14, a valle di un tratto dall'aspetto meandriforme, in corrispondenza di un'ansa verso sinistra;
 - sezione i-15, in un'ansa verso destra;
 - sezione i-16, ad un'ansa verso sinistra;
 - sezione i-17, in sostituzione della PAI.OL-41.3;
 - sezione i-18, a valle di un tratto di rapide originato da una antica traversa;
 - sezione i-19, a monte delle rapide;
 - sezione i-20, in corrispondenza di un'ansa verso sinistra;
 - sezione i-21, a valle di un tratto sensibilmente rettilineo, con corrente regolare
 - sezione i-22, lungo un tratto rettilineo;
 - sezione i-23, in corrispondenza di un'ansa verso destra;
 - sezione i-24, alla base di un tratto di rapide, in fregio al tracciato di via Cascina Tuss;
 - sezione i-25, in sommità alle rapide;
 - sezione i-26, in corrispondenza del sottopasso di via primo Maggio, in località San Pancrazio.

Nel complesso, con le integrazioni di rilievo eseguite vengono rese disponibili 37 sezioni, distribuite in un tronco esteso su circa 3,65 km, con distanza media fra due sezioni consecutive di circa 300 m, nel tratto di valle più angusto, privo di installazione antropiche, e di circa 80 m, a partire dall'abitato di San Pancrazio, verso Sud.

Il quadro completo delle sezioni utilizzate nel corso dello studio viene illustrato nella planimetria di tavola 5a (quadro n. 3).

3.2.2 Determinazione delle portate di piena

Il calcolo delle portate di riferimento venne omesso, dal momento che – per l'intera asta del fiume Olona – l'Autorità di Bacino ha già provveduto a caratterizzare la piena di riferimento in sezioni successive, definendo per un congruo numero di sezioni le caratteristiche dell'evento di piena da assumere a riferimento per tutte le valutazioni successive.

In particolare, in corrispondenza della sezione PAI.OL-43 si assumono i valori che seguono:

- per l'evento ricorrente con tempo di ritorno 10 anni: 85 m³/s;
- per l'evento ricorrente con tempo di ritorno 100 anni: 120 m³/s;
- per l'evento ricorrente con tempo di ritorno 500 anni: 155 m³/s.

3.2.3 Determinazione dei livelli attesi in alveo

3.2.3.1 Introduzione

Il calcolo dei livelli di piena conseguenti al passaggio della portata di piena assunta venne eseguito con riferimento alle teorie che illustrano il moto a pelo libero, secondo quanto descritto con maggiore precisione nella allegata Appendice n. 2.

Ad essa si rimanda anche per l'illustrazione di dettaglio dei risultati delle elaborazioni eseguite.

3.2.3.2 Calcolo della condizione al contorno di valle

In via preliminare, il calcolo dei tiranti idrici in alveo procedette – come di solito accade – da valle verso monte, assumendo quale ipotesi iniziale che le condizioni di moto corrispondano costantemente a quelle di una corrente “lenta”. In tale ipotesi, le condizioni di moto in qualsiasi sezione dipendono unicamente dalla portata in transito e da quanto avviene a valle della sezione in esame.

Il tipo di approccio seguito comporta implicitamente la necessità di introdurre delle ulteriori ipotesi per definire le condizioni di moto nella prima sezione a valle del tratto considerato (PAI.OL-39.2). Nel caso in esame, quale condizione di valle si assunse il livello già calcolato a cura dei tecnici incaricati dall'Autorità di Bacino in sede di redazione degli elaborati del P.G.R.A. e riportato nella pubblicazione “Profili di piena dei corsi d'acqua del reticolo principale”, come segue

- per l'evento ricorrente con tempo di ritorno 10 anni: 241,29 m s.l.m.;
- per l'evento ricorrente con tempo di ritorno 100 anni: 241,48 m s.l.m.;
- per l'evento ricorrente con tempo di ritorno 500 anni: 241,57 m s.l.m.

A partire da tale ipotesi venne eseguito un primo sommario esame dell'alveo, sino a consentire di riconoscere le zone sicuramente caratterizzate da corrente “lenta” e quelle caratterizzate al contrario da corrente “veloce”. Tale riconoscimento portò ad individuare sezioni singolari, nei punti di separazione fra tratti di alveo con corrente “lenta”, a monte, e tratti con corrente “veloce” a valle. La condizione di transizione descritta, corrispondente a moto allo “*stato critico*”, consente la definizione di una “scala delle portate” univoca, non condizionata dai successivi processi di valle, né dalle caratteristiche del moto a monte, ed è quindi da considerare ideale per il tracciamento, sia verso valle che verso monte, di profili di piena sufficientemente attendibili, rimuovendo con ciò tutte le ipotesi preliminari, in larga parte arbitrarie.

3.2.3.3 Individuazione dei tronchi con caratteristiche morfologiche approssimativamente costanti

La stima dei massimi livelli raggiunti dalla corrente fu eseguita utilizzando le sezioni topografiche tracciate nell'ambito del presente studio. Il calcolo procedette ipotizzando che le caratteristiche di pendenza dell'alveo si mantengano costanti all'interno di ciascuno dei tratti delimitati da due sezioni successive.

Per la scelta del valore da assegnare al coefficiente di scabrezza, che fu espresso secondo la formulazione di Manning, la fase di calcolo fu preceduta da una fase di taratura del modello, operata per confronto fra i livelli calcolati ex novo ed i livelli già pubblicati, per le sezioni PAI.OL disponibili, nei documenti allegati al P.G.R.A. In generale, il comportamento dell'alveo si rivelò descritto con sufficiente approssimazione adottando il valore 0,030, che stando a dati di letteratura

corrisponde ad alvei non vegetati, rettilinei e con corrente regolare. Valori di scabrezza più elevati vennero utilizzati in corrispondenza dell'abitato di San Pancrazio, soprattutto nel tratto a valle del sottopasso stradale, in relazione alla presenza di un tratto di rapide, con fondale costituito da clasti di apprezzabili dimensioni.

Si evidenzia che, lungo l'intero tratto di alveo oggetto di calcolo, i risultati ottenuti in fase di taratura si rivelarono leggermente ma costantemente più cautelativi rispetto ai corrispondenti valori adottati in sede di redazione del P.G.R.A.

3.2.3.4 Calcolo delle condizioni di moto

I principali risultati dei calcoli eseguiti vengono riportati nelle tabelle che seguono. I calcoli furono condotti individuando preventivamente per ogni sezione le posizioni del ciglio sinistro e destro dell'alveo, assumendo in ogni caso nullo il contributo di portata dato dall'area della sezione esterna alle verticali passanti per i due cigli, qualora il calcolo dimostrasse che la corrente in una certa sezione superi il livello del piano campagna circostante, introducendo così una nuova approssimazione in favore di sicurezza. Tronco per tronco, il calcolo venne eseguito nell'ipotesi di portata costante.

All'illustrazione di dettaglio dei risultati, conviene anteporre una ultima considerazione in merito alla attendibilità dei livelli massimi ottenuti dai calcoli. In teoria, non vi è un limite superiore, né a livello teorico, né dal punto di vista fisico, al livello che può essere raggiunto dalla corrente in una sezione. Nella pratica, un vincolo esiste, ed è dato dalla tendenza dell'acqua a sfruttare tutte le piccole depressioni del terreno, anche quelle non rilevabili alla nostra scala di indagine, prima di annullare la propria velocità ed innalzare il proprio livello verso l'alto. Tenuto conto di ciò, si ritiene di norma non ragionevole supporre che l'onda di piena possa innalzarsi di oltre 1,00 m sopra il piano campagna, nelle aree pianeggianti, ed oltre in 3,00 m, nelle aree più scoscese.

Chiarito quanto sopra, i principali parametri per la descrizione del moto nelle varie sezioni di riferimento, prodotti dal calcolo riferito agli scenari rispettivamente corrispondenti al transito delle onde di piena ricorrenti con tempi di ritorno di 10, 100 e 500 anni vengono riassunti nella tabelle che seguono.

I risultati, espressi in forma tabellare, trovano rappresentazione nel grafico di tavola n. 5a, ove, sulla base dei livelli calcolati, vennero tracciate le rispettive estensioni delle aree allagabili (quadro n. 3), e furono nuovamente valutate le distribuzioni territoriali della pericolosità idraulica (quadro n. 4) e del rischio idraulico (quadro n. 5), adottando le convenzioni in uso nei documenti P.G.R.A. (ove la pericolosità idraulica viene stimata con prevalente riferimento alla frequenza di allagamento, anziché, come invece raccomandato negli allegati alla D.G.r. 30.11.2011, n. IX/2616, alla valutazione congiunta di tirante idrico al suolo e velocità di deflusso riferite al singolo evento caratterizzato da una probabilità di una volta ogni 100 anni).

sezione	coeff. di scabrezza (Manning)	portata	velocità media	tipo di corrente	quota fondo alveo	livello idrometrico	quota livello idrometrico
N°	n	Q [m³/s]	v [m/s]		[m]	H [cm]	m s.l.m.
OL-39.2	0,030	85,000	2,47	LENTA	239,49	180,00	241,290
i-01	0,030	85,000	2,71	LENTA	239,57	216,00	241,730

Tabella 1: risultati dei calcoli eseguiti per tempo di ritorno 10 anni

sezione	coeff. di scabrezza (Manning)	portata	velocità media	tipo di corrente	quota fondo alveo	livello idrometrico	quota livello idrometrico
N°	n	Q [m³/s]	v [m/s]		[m]	H [cm]	m s.l.m.
i-02	0,030	85,000	3,53	LENTA	240,25	201,20	242,262
i-03	0,030	85,000	2,89	LENTA	239,73	296,45	242,695
OL-39.2.1	0,030	85,000	2,57	LENTA	240,43	243,36	242,864
i-04	0,030	85,000	2,50	LENTA	240,67	234,15	243,012
i-05	0,030	85,000	2,45	LENTA	241,12	211,96	243,240
i-06	0,030	85,000	2,07	LENTA	240,34	311,42	243,454
i-07	0,030	85,000	3,03	LENTA	241,67	195,89	243,629
OL-40	0,030	85,000	2,56	LENTA	241,78	259,81	244,378
i-08	0,030	85,000	3,32	LENTA	242,10	208,83	244,188
i-09	0,030	85,000	3,05	CRITICA	243,56	138,22	244,942
OL-40.1b	0,030	85,000	1,81	LENTA	242,12	317,67	245,297
OL-40.1	0,030	85,000	2,58	LENTA	243,01	227,19	245,282
i-10	0,030	85,000	3,62	LENTA	242,62	247,58	245,096
i-11	0,030	85,000	2,46	LENTA	243,64	246,99	246,110
i-12	0,030	85,000	2,73	LENTA	244,07	238,57	246,456
i-13	0,030	85,000	2,49	LENTA	244,37	227,71	246,647
i-14	0,030	85,000	2,51	LENTA	244,26	251,22	246,772
i-15	0,030	85,000	1,77	LENTA	244,28	286,35	247,143
i-16	0,030	85,000	2,48	LENTA	244,80	228,54	247,085
i-17	0,030	85,000	2,61	LENTA	245,54	195,63	247,496
i-18	0,030	85,000	3,89	VELOCE	245,80	153,54	247,335
i-19	0,030	85,000	3,04	CRITICA	245,78	220,03	247,980
i-20	0,030	85,000	3,61	CRITICA	245,80	216,47	247,965
i-21	0,030	85,000	2,62	LENTA	246,63	193,47	248,565
i-22	0,030	85,000	1,90	LENTA	247,26	178,52	249,045
i-23	0,030	85,000	2,65	LENTA	247,41	183,83	249,248
OL-42.1	0,030	85,000	2,85	CRITICA	247,08	239,46	249,475
i-24	0,039	85,000	3,47	CRITICA	247,85	168,18	249,532
i-25	0,055	85,000	2,35	LENTA	248,36	194,94	250,309
i-26	0,055	85,000	2,15	LENTA	248,83	263,17	251,462
OL-42.2	0,035	85,000	1,63	LENTA	248,95	271,43	251,664
OL-43	0,035	85,000	2,16	LENTA	249,09	265,65	251,746
OL-43.1	0,029	85,000	2,77	LENTA	250,22	191,10	252,131
OL-44	0,035	85,000	4,13	LENTA	252,18	228,37	254,464
OL-44.1	0,025	85,000	3,42	LENTA	253,95	229,82	256,248

Tabella 1 (segue): risultati dei calcoli eseguiti per tempo di ritorno 10 anni

sezione	coeff. di scabrezza (Manning)	portata	velocità media	tipo di corrente	quota fondo alveo	livello idrometrico	quota livello idrometrico
N°	n	Q [m³/s]	v [m/s]		[m]	H [cm]	m s.l.m.
OL-39.2	0,030	120,000	2,94	LENTA	239,49	199,00	241,480
i-01	0,030	120,000	3,07	LENTA	239,57	243,46	242,005
i-02	0,030	120,000	4,25	CRITICA	240,25	230,42	242,554
i-03	0,030	120,000	3,37	LENTA	239,73	340,92	243,139
OL-39.2.1	0,030	120,000	2,82	LENTA	240,43	296,50	243,395
i-04	0,030	120,000	2,73	LENTA	240,67	286,83	243,538
i-05	0,030	120,000	2,70	LENTA	241,12	261,96	243,740
i-06	0,030	120,000	2,29	LENTA	240,34	361,80	243,958
i-07	0,030	120,000	3,37	LENTA	241,67	235,61	244,026
OL-40	0,030	120,000	2,94	LENTA	241,78	301,40	244,794
i-08	0,030	120,000	3,69	LENTA	242,10	247,71	244,577
i-09	0,030	120,000	3,39	CRITICA	243,56	165,43	245,214
OL-40.1b	0,030	120,000	2,28	LENTA	242,12	346,44	245,584
OL-40.1	0,030	120,000	3,19	LENTA	243,01	253,40	245,544
i-10	0,030	120,000	4,04	CRITICA	242,62	287,19	245,492
i-11	0,030	120,000	2,80	LENTA	243,64	296,24	246,602
i-12	0,030	120,000	3,13	LENTA	244,07	288,27	246,953
i-13	0,030	120,000	2,66	LENTA	244,37	285,90	247,229
i-14	0,030	120,000	2,65	LENTA	244,26	308,61	247,346
i-15	0,030	120,000	1,91	LENTA	244,28	341,92	247,699
i-16	0,030	120,000	2,74	LENTA	244,80	278,07	247,581
i-17	0,030	120,000	2,86	LENTA	245,54	233,81	247,878
i-18	0,030	120,000	2,19	LENTA	245,80	249,04	248,290
i-19	0,030	120,000	2,81	CRITICA	245,78	259,63	248,376
i-20	0,030	120,000	3,88	CRITICA	245,80	257,50	248,375
i-21	0,030	120,000	2,77	LENTA	246,63	236,72	248,997
i-22	0,030	120,000	1,95	LENTA	247,26	219,95	249,460
i-23	0,030	120,000	3,16	LENTA	247,41	211,28	249,523
OL-42.1	0,030	120,000	2,60	LENTA	247,08	285,42	249,934
i-24	0,039	120,000	3,82	CRITICA	247,85	204,30	249,893
i-25	0,055	120,000	2,65	LENTA	248,36	236,20	250,722
i-26	0,055	120,000	2,50	LENTA	248,83	312,62	251,956
OL-42.2	0,035	120,000	1,73	LENTA	248,95	328,69	252,237
OL-43	0,035	120,000	2,45	LENTA	249,09	317,46	252,265
OL-43.1	0,029	120,000	2,95	LENTA	250,22	240,55	252,625
OL-44	0,035	120,000	4,84	LENTA	252,18	271,88	254,899
OL-44.1	0,025	120,000	3,77	LENTA	253,95	291,48	256,865

Tabella 2: risultati dei calcoli eseguiti per tempo di ritorno 100 anni

sezione	coeff. di scabrezza (Manning)	portata	velocità media	tipo di corrente	quota fondo alveo	livello idrometrico	quota livello idrometrico
N°	n	Q [m³/s]	v [m/s]		[m]	H [cm]	m s.l.m.
OL-39.2	0,030	155,000	3,54	VELOCE	239,49	208,00	241,570
i-01	0,030	155,000	4,02	VELOCE	239,57	241,51	241,985
i-02	0,030	155,000	4,62	CRITICA	240,25	267,01	242,920
i-03	0,030	155,000	3,76	LENTA	239,73	380,70	243,537
OL-39.2.1	0,030	155,000	3,01	LENTA	240,43	345,41	243,884
i-04	0,030	155,000	2,91	LENTA	240,67	335,43	244,024
i-05	0,030	155,000	2,90	LENTA	241,12	308,00	244,200
i-06	0,030	155,000	2,47	LENTA	240,34	408,41	244,424
i-07	0,030	155,000	3,59	LENTA	241,67	274,18	244,412
OL-40	0,030	155,000	3,26	LENTA	241,78	337,96	245,160
i-08	0,030	155,000	3,99	LENTA	242,10	282,48	244,925
i-09	0,030	155,000	3,69	CRITICA	243,56	188,72	245,447
OL-40.1b	0,030	155,000	2,70	LENTA	242,12	370,18	245,822
OL-40.1	0,030	155,000	5,06	VELOCE	243,01	214,54	245,155
i-10	0,030	155,000	4,32	CRITICA	242,62	323,02	245,850
i-11	0,030	155,000	3,10	LENTA	243,64	337,65	247,016
i-12	0,030	155,000	3,48	LENTA	244,07	329,17	247,362
i-13	0,030	155,000	2,85	LENTA	244,37	334,49	247,715
i-14	0,030	155,000	2,80	LENTA	244,26	357,30	247,833
i-15	0,030	155,000	2,03	LENTA	244,28	390,25	248,183
i-16	0,030	155,000	2,99	LENTA	244,80	320,76	248,008
i-17	0,030	155,000	2,96	LENTA	245,54	274,53	248,285
i-18	0,030	155,000	2,17	LENTA	245,80	289,26	248,693
i-19	0,030	155,000	2,80	LENTA	245,78	284,93	248,629
i-20	0,030	155,000	4,20	CRITICA	245,80	288,94	248,689
i-21	0,030	155,000	2,91	LENTA	246,63	275,68	249,387
i-22	0,030	155,000	2,00	LENTA	247,26	258,62	249,846
i-23	0,030	155,000	3,59	LENTA	247,41	234,58	249,756
OL-42.1	0,030	155,000	2,33	LENTA	247,08	329,26	250,373
i-24	0,039	155,000	4,12	CRITICA	247,85	235,02	250,200
i-25	0,055	155,000	2,92	LENTA	248,36	271,07	251,071
i-26	0,055	155,000	2,80	LENTA	248,83	355,23	252,382
OL-42.2	0,035	155,000	1,79	LENTA	248,95	379,47	252,745
OL-43	0,035	155,000	2,67	LENTA	249,09	362,53	252,715
OL-43.1	0,029	155,000	3,08	LENTA	250,22	285,08	253,071
OL-44	0,035	155,000	5,27	CRITICA	252,18	319,66	255,377
OL-44.1	0,025	155,000	4,03	LENTA	253,95	349,07	257,441

Tabella 3: risultati dei calcoli eseguiti per tempo di ritorno 500 anni

3.2.3.5 Differenze rispetto agli scenari contemplati nelle mappe P.G.R.A.

Le elaborazioni riportate nei quadri nn. 4 e 5 del grafico non costituiscono oggetto dell'incarico, e vennero condotte al solo scopo di dare risalto alle differenze riscontrate fra risultati ottenuti dal calcolo e gli scenari descritti nei documenti allegati al P.G.R.A.

In termini di pericolosità idraulica (valutata assimilando l'evento "frequente" allo scenario calcolato con tempo di ritorno 10 anni, l'evento "poco frequente" allo scenario corrispondente al tempo di ritorno di 100 anni, e l'evento "raro" al tempo di ritorno 500 anni), le differenze riguardano in particolare quattro ambiti. In località San Pancrazio, appena a valle del sottopasso stradale, in sponda destra l'esondazione prodotta dal calcolo appare molto meno frequente di quanto non sia stato stimato in ambito P.G.R.A. Poco più a valle, al contrario, le aree potenzialmente raggiunte dalle onde di piena più frequenti appaiono leggermente più estese di quanto non appaia nelle mappe P.G.R.A., in entrambe le sponde, per l'intero tratto compreso fra le sezioni nn. 13 e 19. Gli ambiti nei quali le differenze rispetto al contenuto delle mappe vigenti si fanno più rilevanti sono però concentrate più a Sud, in corrispondenza della zona industriale di Torba, ed in particolare a tergo degli insediamenti allineati lungo via delle Industrie, in sponda sinistra, ove l'area a pericolosità P2/M appare troppo estesa verso monte, ed in corrispondenza dell'impianto di depurazione, sempre in sponda sinistra, ove una vasta area individuata in ambito P.G.R.A. come soggetta a pericolosità P2/M dovrebbe, stando ai calcoli eseguiti, essere scissa in una parte, più vicina all'alveo, soggetta a condizioni P3/H, ed in una seconda parte, a ridosso del tracciato stradale, soggetta invece a condizioni P1/L. Stando ai risultati dei calcoli, lo stesso sedime ove sorge l'impianto di depurazione (fotografia di figura n. 28) deve essere considerato soggetto a condizioni di pericolosità P2/M unicamente in virtù del muro arginale che circonda completamente, su tre lati, il complesso.



Figura 28: dettaglio dei capannoni dell'impianto di depurazione consortile di Gornate Olona, ripreso dalla sponda sinistra del fiume con evidenza del rilevato eretto a protezione dalle piene fluviali

Il limite fra le aree caratterizzate da differenti condizioni di pericolosità dovrebbe essere individuato in corrispondenza di una scarpata dello sviluppo in altezza di alcuni metri, a tergo degli stabili industriali affacciati su una diramazione laterale di via delle Industrie (figura n. 29).



Figura 29: dettaglio della scarpata che delimita, verso monte, l'area individuata dal calcolo come soggetta ad allagamenti con cadenza "frequente" (pericolosità P3/H)

In termini di modifica delle condizioni di rischio idraulico, la lettura del territorio conseguente ai calcoli eseguiti (quadro n. 5 del grafico di tavola 5a) comporta modifiche significative soltanto nella zona industriale di Torba, ove si riconosce l'esistenza di un ambito agricolo (seminativo) cui dovrebbero essere attribuite, nelle convenzioni P.G.R.A., condizioni di rischio R3, e di un ambito produttivo a ridosso del tracciato della diramazione laterale di via delle Industrie cui dovrebbero invece essere attribuite condizioni di rischio R2.

3.2.4 Calcolo della distribuzione delle condizioni di pericolosità e rischio idraulico, ai sensi degli allegati alla D.G.r. 30.11.2011, n. IX/2616

L'ultimo atto delle elaborazioni di calcolo svolte con riferimento all'asta del fiume Olona viene rappresentato nel grafico di tavola 5b, nella quale, in relazione ai tiranti idrici calcolati al suolo all'occorrenza dell'onda di piena ricorrente ogni 100 anni, associati alle velocità locali di deflusso stimate nel medesimo scenario, vengono definiti punto per punto i livelli di pericolosità idraulica (quadro n. 1) e di rischio idraulico (quadro n. 2), utilizzando le convenzioni richieste dalla norma regionale vigente.

Fra gli ambiti edificati, il calcolo svolto portò a riconoscere la sussistenza di condizioni di rischio R4 (molto elevato) in corrispondenza di una parte dell'abitato di San Pancrazio, in fregio all'insediamento di Torba e sul sedime del depuratore. Per la restante parte, le aree edificate interessate dalla presenza di edifici si suddividono fra condizioni di rischio R2 e di rischio

marginale (nuova categoria, introdotta come illustrato nel precedente § 3.1). Stando ai calcoli eseguiti ed alle osservazioni condotte, la casistica corrispondente alla classe di rischio R3 non trova invece riscontro all'interno del territorio comunale.

3.3 Calcoli idrologici ed idraulici condotti con riferimento ai copri idrici minori

3.3.1 Introduzione

Nella presente sezione si illustra l'insieme di valutazioni che in adempimento all'incarico conferito vennero svolte a proposito dei corpi idrici afferenti al reticolo minore di competenza comunale. In tutti i casi di seguito descritti, le valutazioni svolte presero avvio dalle note contenute nello studio di individuazione del reticolo minore di competenza comunale condotto per conto dell'Amministrazione Comunale a cura del dott. geol. Roberto Carimati e del dott. geol. Giovanni Zaro, di Gazzada Schianno (maggio 2013). In particolare, a tale studio si fece riferimento per l'assunzione di notizie storiche sugli allagamenti trascorsi, per la denominazione e per la numerazione dei corpi idrici (vennero qui adottati i medesimi toponimi e la medesima numerazione di allora, con la sola eccezione dei torrenti nn. 12 e 14 – valle Scura – accorpati in un unico bacino) e per una prima individuazione delle sezioni singolari e delle criticità idrauliche già riconosciute.

Ciascun corpo idrico venne assoggettato ad una serie di valutazioni, comprendenti:

- l'individuazione del bacino idrografico di rispettiva pertinenza, con successiva valutazione delle condizioni di permeabilità e di copertura dei suoli;
- il rilievo sommario, ai fini della identificazione delle sezioni potenzialmente soggette a condizioni di criticità idraulica;
- il calcolo delle portate di piena attese, negli scenari previsti secondo il Regolamento Regionale n. 7/2017, nella sua formulazione oggi vigente (tempi di ritorno di 10, 50 e 100 anni);
- il calcolo sommario delle capacità di deflusso nelle sezioni precedentemente individuate a mezzo di rilievo sommario;
- la valutazione dei conseguenti scenari di pericolosità idraulica indotti nell'intorno delle sezioni sottoposte ad esame di dettaglio.

In assenza di rilievi di dettaglio, la valutazione della capacità di deflusso venne condotta in maniera sommaria, secondo due distinti approcci.

In presenza di manufatti idraulici di una certa importanza e di agevole accessibilità, questi vennero compiutamente rilevati, ed il calcolo venne condotto attingendo alle teorie che governano il moto delle correnti a pelo libero, descritte in Appendice n. 2.

In presenza di tombinature non accessibili, il rilievo fu ridotto alla caratterizzazione geometrica delle sezioni di imbocco, ed il calcolo fu svolto assimilando il deflusso in direzione della tombinatura ad un processo di efflusso da un serbatoio, in presenza di un tubo addizionale esterno, secondo la relazione che segue:

$$Q = \mu S \cdot \sqrt{2gh}$$

nella quale la portata defluente (Q , espressa in m^3/s) viene espressa come prodotto dell'estensione areale del foro di uscita (S , in m^2) e della cosiddetta “*velocità torricelliana*”, funzione della accelerazione di gravità (g , in m/s) e dell'affondamento del baricentro della sezione di transito della

portata defluente rispetto al pelo libero della lama fluida a monte dell'imbocco (h , espresso in m). Nella relazione compare un coefficiente di deflusso, μ , che nella configurazione indicata (presenza di tubo a valle della luce di efflusso) vale circa 0,80.

Più precisamente, nelle condizioni di calcolo di interesse ai fini del presente elaborato, l'espressione di cui sopra venne utilizzata in maniera del tutto analoga nella sua forma differenziale:

$$Q = \mu \cdot \int \sqrt{2gh} \cdot b(h) \cdot dh$$

nella quale il termine S , riferito alla intera superficie occupata dalla vena liquida effluente, viene sostituito dal termine $b(h) \cdot dh$, prodotto della larghezza della sezione (normalmente variabile con l'affondamento h , nel caso di sezioni circolari) per l'altezza infinitesima dh .

I riferimenti grafici per l'illustrazione del contenuto della presente sezione sono costituiti dalle tavole nn. 6a (planimetria generale, con individuazione dei limiti di bacino) e 6b (particolari riferiti a ciascun copro idrico, con indicazione dei livelli di piena calcolati nei diversi scenari assunti).

3.3.2 Corpo idrico n. 1 (val Dessera)

3.3.2.1 Bacino di pertinenza

Il corso d'acqua è ubicato nella parte settentrionale del territorio comunale, dove segna, per un tratto, il confine comunale, in direzione di Castiglione Olona.

Esso presenta un bacino abbastanza articolato, sviluppato in prevalenza in ambito boschivo, composto da un primo settore a monte della confluenza del corpo idrico n. 2 (0,23 km²), da un tratto relativamente pianeggiante, a monte del sottopasso della S.P. 42 (via Cadorna) e da un tratto di valle, con sbocco lungo la sponda destra del fiume Olona, a valle del sottopasso della pista ciclopedonale di fondovalle.

Nel complesso, la sezione di confluenza sottende un bacino di circa 0,54 km².

3.3.2.2 Individuazione delle sezioni di calcolo

Nel tratto più vicino all'abitato, l'alveo di cui trattasi si snoda entro una vallecchia alberata, ben incisa, sita ad apprezzabile distanza dalle aree edificate.

La valutazione della capacità di smaltimento venne valutata in corrispondenza delle principali strutture antropiche interferenti con l'alveo, ovvero al sottopasso della S.P. 42 (via Cadorna, fotografia di figura n. 30) e presso la foce, in corrispondenza del sottopasso della pista ciclopedonale (figure nn. 31 e 32). Si evidenzia, in quest'ultimo caso, come le strutture murarie che compongono l'opera di attraversamento presentino evidenti segni di un processo degenerativo in stadio ormai avanzato, legati alla scarsa resistenza dell'opera all'azione erosiva esercitata dalla corrente.



Figura 30: il sottopasso della S.P. 42 (via Cadorna), visto da valle



Figura 31: ripresa del sottopasso della pista ciclopedonale, da monte



Figura 32: dettaglio delle lesioni murarie alla base del manufatto di attraversamento

3.3.2.3 Calcoli idrologici

I calcoli finalizzati alla determinazione della portata massima attesa negli scenari di riferimento furono condotti a partire dalle curve di pioggia individuate in § 2.1, con successiva applicazione del procedimento di calcolo specificato in Appendice n. 3, tenuto conto dei parametri morfometrici del bacino e della suo grado di impermeabilizzazione, sintetizzato nel parametro CN.

I principali risultati dei calcoli condotti con riferimento al bacino di pertinenza del corpo idrico in esame vengono riassunti nella tabella che segue, ove trovano spazio, oltre ai valori di portata, i dati descrittivi degli eventi di pioggia in grado di generare le portate indicate.

bacino	impermeab. media	tempo di ritorno	durata di pioggia	altezza di pioggia	coeff. di deflusso	istante di picco	portata di picco
n	CN	T [anni]	d [h]	h [mm]	f_a	t_p [h]	Q_p [m ³ /s]
1/a.b.c+2	75,47	10	2h18'	60,31	0,26	2h01'	1,51
1/a.b.c+2	75,47	50	1h53'	74,67	0,33	1h46'	2,74
1/a.b.c+2	75,47	100	1h46'	80,77	0,35	1h41'	3,34
1/b.c+2	74,53	10	2h28'	61,75	0,25	2h12'	1,10
1/b.c+2	74,53	50	2h0'	76,25	0,32	1h55'	2,00
1/b.c+2	74,53	100	1h53'	82,48	0,34	1h50'	2,45
1/c	73,40	10	2h22'	60,92	0,22	1h59'	0,57
1/c	73,40	50	1h48'	73,58	0,28	1h38'	1,09
1/c	73,40	100	1h40'	79,00	0,31	1h33'	1,35

Tabella 4: calcoli idrologici sviluppati con riferimento al bacino n. 1 (val Dessera)

3.3.2.4 Calcoli idraulici

Nel caso del sottopasso della S.P. 42 (figura n. 30), il calcolo procede secondo quanto indicato in Appendice n. 2, ipotizzando che il deflusso avvenga su una superficie piana a pendenza nulla, governata dallo stramazzone a valle del sottopasso, in corrispondenza del quale furono imposte condizioni di moto corrispondenti allo “stato critico”.

Nel caso del sottopasso della pista ciclopedonale di fondovalle (figura n. 31), invece, il calcolo venne svolto secondo le modalità semplificative illustrate nel precedente § 3.3.1, valutando il livello di corrente necessario a monte del manufatto, affinché – in assenza di altre perdite – l’intera portata affluente possa introdursi nel cunicolo.

3.3.2.5 Scenari di pericolosità e di rischio idraulici

I risultati dei calcoli eseguiti sono riportati nel grafico di tavola 6b, nei riquadri 1-a ed 1-b.

In ambo i casi, i manufatti si rivelano più che sufficienti a garantire un deflusso regolare delle correnti di piena, in tutti gli scenari assunti per la redazione dei calcoli.

Rimane, per il caso del sottopasso della pista ciclopedonale, una criticità che esula dalla sfera dei calcoli qui eseguiti, legata unicamente al forte degrado della struttura.

3.3.3 Corpo idrico n. 2

3.3.3.1 Bacino di pertinenza

L’alveo del torrente n. 2 costituisce una sorta di gronda al piede dei pendii che risalgono verso la chiesa della Madonnetta e la località cascina Martina, con scolo verso Nord, al fianco di una pista sterrata che ne delimita il bacino verso valle. Raggiunto il pianalto inferiore, il corso d’acqua prosegue il suo tracciato in direzione del confine settentrionale del territorio comunale, per poi sfociare nell’alveo del torrente val Dessera (corpo idrico n. 1), attraverso un condotto circolare.

Il bacino è così costituito dalla porzione di versante compresa fra la sommità e tale pista, per una estensione di circa 0,07 km².

3.3.3.2 Individuazione delle sezioni di calcolo

Il tratto di alveo a fianco della pista sterrata è interessato da una serie di attraversamenti costituiti da condotti circolari in calcestruzzo, del diametro pari ad 80 cm, disposti per consentire l’accesso a fondi privati (fotografie di figure nn. 33 e 34), in corrispondenza dei quali si rileva frequente tendenza al deposito di materiale fine e residui vegetali.

A valle dell’ultimo attraversamento, l’alveo è definito da due palificate rustiche (figura n. 35), che conducono ad un nuovo tratto intubato, realizzato mediante posa di due condotti affiancati, in materiale plastico, di diametro esterno 630 mm (figure nn. 36 e 37). Anche in questo caso, i condotti tendono a costituire zone preferenziali per il deposito del materiale solido veicolato dalla corrente di piena.

A valle dello sbocco, la corrente scorre in un canale ricavato in fregio ad una proprietà privata, per poi trovare recapito nel torrente val Dessera per il tramite di un nuovo condotto in calcestruzzo, di diametro non rilevato (figura n. 38).

La valutazione della capacità di scolo venne condotta con riferimento alle sezioni illustrate nelle fotografie di figure nn. 33, 34 e 36, assumendo, ove ritenuto necessario, condizioni di parziale occlusione dei condotti.



Figura 33: l'imbocco di una delle opere disposte in alveo per garantire l'accesso ai fondi privati



Figura 34: dettaglio in corrispondenza della sezione di imbocco di un secondo attraversamento, interessato da rilevante attività di deposito



Figura 35: opere di consolidamento delle sponde, in un tratto di alveo in fregio alla strada



Figura 36: l'imbocco della tombinatura di attraversamento della pista che costeggia l'alveo



Figura 37: sezione di uscita della tombinatura già raffigurata nell'immagine precedente, in direzione di un canale ricavato in proprietà privata, con evidenza degli accumuli di materiale presso l'uscita dei condotti



Figura 38: lo sbocco del torrente nella sponda destra del torrente val Dessera

3.3.3.3 Calcoli idrologici

La seguente tabella n. 5 riassume i principali risultati dei calcoli eseguiti ai fini del calcolo delle portate di riferimento, condotti secondo le medesime modalità già descritte in § 3.3.2.3.

bacino	impermeab. media	tempo di ritorno	durata di pioggia	altezza di pioggia	coeff. di deflusso	istante di picco	portata di picco
n	CN	T [anni]	d [h]	h [mm]	f_a	t_p [h]	Q_p [m ³ /s]
2	79,53	10	1h06'	48,04	0,26	1h04'	0,29
2	79,53	50	1h00'	61,76	0,34	0h59'	0,52
2	79,53	100	1h00'	67,99	0,37	1h00'	0,64

Tabella 5: calcoli idrologici sviluppati con riferimento al bacino n. 2

3.3.3.4 Calcoli idraulici

Il calcolo viene condotto in assenza di rilievi di dettaglio, secondo la valutazione speditiva indicata in § 3.3.1, tenuto conto, ove ritenuto opportuno, delle parziali ostruzioni dell'alveo dovute ad eccesso di deposito nei condotti.

3.3.3.5 Scenari di pericolosità e di rischio idraulici

I risultati dei calcoli eseguiti sono riportati nel grafico di tavola 6b, nei riquadri 2-a, 2-b e 2-c.

In caso di tubi soggetti a corretta manutenzione, in assenza di depositi, i condotti esistenti appaiono idonei a garantire il corretto deflusso delle correnti di piena. Ripetuto con sezione parzialmente occlusa, il calcolo diede invece luogo a rigurgiti a monte delle sezioni di imbocco dei condotti, potenzialmente in grado di sovrastare i livelli di sponda, dando con ciò luogo a divagazione delle correnti di piena verso la strada che costeggia l'alveo, e di qui verso le sottostanti aree pianeggianti.

I conseguenti allagamenti, valutati con criterio esclusivamente morfologico, possono spingersi sino a saturare le aree verdi pianeggianti a ridosso delle abitazioni, con lama d'acqua pressoché ferma, di spessore massimo di un paio di decimetri, e di qui, eventualmente, trovare sfogo in direzione dei tracciati viari che discendono verso via Manzoni, prima di essere definitivamente intercettati dalle griglie stradali.

Le condizioni descritte, alla luce delle convenzioni raccomandate negli allegati alla D.G.r. 30.11.2011, n. IX/2616 (figura n. 27) corrispondono ad uno scenario di pericolosità "media" (H2).

3.3.4 Corpo idrico n. 3

3.3.4.1 Bacino di pertinenza

Il bacino di alimentazione del torrente n. 3 ricopre un'estensione di circa 0,09 km², e coincide con un vallone boscoso intagliato nel versante a Sud della località cascina Martina.

3.3.4.2 Individuazione delle sezioni di calcolo

Il torrente trova recapito entro la rete comunale di scolo, per il tramite di un manufatto di intercettazione disposto ai piedi del pendio, ove ha inizio la sede stradale di via Campi Aperti (fotografie di figure nn. 39 e 40). L'imbocco del condotto di recapito (f 100 cm, in calcestruzzo) è protetto da una griglia metallica, mentre a monte del manufatto (fotografie di figura n. 41) è presente una vasca di calma, presumibilmente realizzata per ridurre l'apporto ed il conseguente possibile deposito di materiale solido nei condotti di valle.



Figura 39: panoramica del manufatto di recapito del corso d'acqua, in direzione di via Campi Aperti



Figura 40: dettaglio del manufatto di recapito, con evidenza della griglia disposta a protezione dell'imbocco, e del rilevato arginale esistente verso destra, realizzato anche con impiego di massi ciclopici



Figura 41: particolare relativo allo sbarramento, ed al relativo bacino di calma, disposto ai piedi del pendio, a monte del manufatto

3.3.4.3 Calcoli idrologici

I risultati dei calcoli finalizzati alla valutazione delle portate di piena, condotti secondo le modalità ormai consuete, vengono riassunti nella tabella che segue.

bacino	impermeab. media	tempo di ritorno	durata di pioggia	altezza di pioggia	coeff. di deflusso	istante di picco	portata di picco
n	CN	T [anni]	d [h]	h [mm]	f_a	t_p [h]	Q_p [m ³ /s]
3	79,07	10	1h13'	49,58	0,25	1h06'	0,39
3	79,07	50	1h01'	61,82	0,33	0h59'	0,72
3	79,07	100	1h00'	67,79	0,36	0h58'	0,88

Tabella 6: calcoli idrologici sviluppati con riferimento al bacino n. 3

3.3.4.4 Calcoli idraulici

Nella fattispecie, il rilievo completo del manufatto di sbocco rese possibile il tracciamento del profilo teorico di pelo libero lungo l'intero sviluppo del manufatto stesso, dall'ingresso nel condotto sino allo stramazzo di monte, secondo i principi delle correnti a pelo libero illustrati in Appendice n. 2.

In assenza di informazioni di dettaglio sulle condizioni della rete di valle, il calcolo fu eseguito senza prendere in esame eventuali effetti di rigurgito da questa. I risultati ottenuti potranno quindi

essere eventualmente ripresi a qualora sarà possibile eseguire la modellazione completa della rete urbana di scolo.

3.3.4.5 Scenari di pericolosità e di rischio idraulici

I risultati ottenuti dal calcolo possono essere sintetizzati nel grafico riportato in tavola 6b, nel riquadro n. 3.

Dal punto di vista teorico, le dimensioni del manufatto sono tali da consentire che il deflusso delle correnti di piena possa avvenire in tutta sicurezza, per tutti gli scenari di calcolo considerati.

Il calcolo, però, non prende in considerazione l'eventualità che nel corso stesso dell'evento di pioggia la corrente trascini con sé residui vegetali in misura tale da intasare completamente le maglie della griglia annessa al manufatto. Secondo tale scenario, la corrente proveniente da monte si troverebbe così a colmare in tempi relativamente brevi il volume interno dell'opera, per dare poi il via ad una corrente destinata a scolare in direzione di via Campi Aperti e dei prati disposti a Nord del manufatto, dando luogo, in analogia a quanto già descritto in precedenza (§ 3.3.3.5) a condizioni di pericolosità "media" (H2)

3.3.5 Corpo idrico n. 4 (torrente Marrubio)

3.3.5.1 Bacino di pertinenza

Fra i corsi d'acqua stagionali che solcano il territorio comunale, il torrente Marrubio è quello forse più condizionato dalle trasformazioni del territorio conseguenti alla crescita urbana.

In origine, il torrente, che raccoglie le acque scolanti dai valloni che solcano il versante che dall'abitato di Gornate risale verso Ovest, verso la località Belvedere, doveva presumibilmente attraversare l'intero centro abitato, secondo un percorso grossomodo corrispondente ai tracciati delle vie Montello, Diaz e Matri Muratori, per poi raggiungere l'orlo del terrazzo che delimita il pianalto di Gornate e discendere quindi a recapito, nel fiume Olona.

In tempi abbastanza remoti l'intero tratto di attraversamento urbano del torrente venne intubato, e la canalizzazione così ottenuta iniziò verosimilmente a fungere da rete di scolo dei liquami e delle acque scolanti da tetti e cortili. Il tracciato della tombinatura venne prolungato fino all'orlo del terrazzo, dove fu realizzato un manufatto scolmatore, in grado di restituire alla rete idrografica di superficie le sole acque di piena, adducendo invece ai collettori di valle le acque di scarico.

L'assetto del torrente venne nuovamente modificato in tempi più recenti, probabilmente a seguito degli eventi alluvionali occorsi negli anni '90 del secolo scorso. A monte dell'abitato venne realizzata una vasca di ripartizione delle portate, concepita per alimentare una tubazione posata con lo scopo di deviare verso Sud la maggior parte delle portate raccolte lungo i versanti, in direzione di altro corpo idrico di superficie.

L'assetto conseguente a tali vicissitudini viene rappresentato nella planimetria di tavola n. 6a, dove il bacino originario, delimitato con criteri esclusivamente geomorfologici, viene articolato in quattro sottobacini, che da valle verso monte possono essere così definiti:

- un primo sottobacino (4/a), con caratteristiche essenzialmente urbane, è costituito dalla parte dell'abitato gravitante su via Cavour, che scarica nel tratto terminale del torrente le acque raccolte dalla rete urbana di scolo; il sottobacino comprende anche buona parte del centro storico, nell'area compresa fra piazza Grigioni e via IV Novembre, per una estensione totale di circa 0,08 km²;
- un secondo sottobacino (4/b), di grande estensione (0,38 km²), che pure presenta caratteristiche proprie del bacino urbano, comprende le parti urbane asservite alla rete di drenaggio "mista" che trova scolo nella tubazione a suo posata lungo l'originario corso del torrente Marrubio, grossomodo a partire dall'asse costituito dai tracciati viari di via Diaz e via Matri Muratori,

verso Nord; entro tale sottobacino, per il tramite della fognatura di via Campi Aperti, confluiscono per intero anche le acque scolanti nel bacino afferente al torrente n. 3;

- un terzo sottobacino (4/c) comprende le aree sottese nel tratto di alveo compreso fra il manufatto ripartitore, a monte, e la sezione iniziale della tombinatura, a valle: si tratta di un bacino di modeste proporzioni, esteso per circa 2,50 ha, con caratteristiche proprie di un bacino naturale;
- un quarto ed ultimo sottobacino (4/d) viene individuato a monte del manufatto di ripartizione delle portate, ed in forza delle descrizioni sopra riportate deve oggi essere considerato tributario del torrente n. 5; si tratta di un sottobacino di estensione relativamente vasta (0,19 km²) comprendente i versanti boschivi che risalgono verso la località Belvedere.

3.3.5.2 Individuazione delle sezioni di calcolo

Alla luce della descrizione sopra riportata, il calcolo idraulico deve in questo caso accertare in primo luogo le condizioni di funzionamento del manufatto di ripartizione delle portate (fotografia di figura n. 42), ai fini della valutazione delle portate effettivamente deviate verso Sud, e delle portate destinate invece a trovare recapito più a valle, entro la rete comunale di scolo.

In aggiunta, si evidenzia la necessità di valutare la capacità di scolo in corrispondenza della sezione di recapito nella rete urbana di smaltimento (figura n. 43), ed in corrispondenza del sottopasso della pista ciclopedonale, in fregio al corso del fiume Olona (figura n. 44).



Figura 42: particolare del manufatto di ripartizione delle portate realizzato ai piedi del pendio, con evidenza del condotto \varnothing 80 cm, sul fondo (al centro della foto), destinato a deviare verso Sud la maggior parte delle portate affluenti, per il tramite di una condotta (non rilevata) dello sviluppo approssimativo di 320 m; a tale condotto si aggiunge (in posizione più elevata, leggermente spostato a sinistra) il condotto \varnothing 70 cm destinato invece a mantenere traccia dell'originario percorso dell'alveo



Figura 43: dettaglio relativo alla sezione di imbocco del condotto f 60 cm, per lo recapito del torrente in direzione della rete comunale di scolo



Figura 44: particolare ripreso presso la pista ciclopedonale di fondovalle, con evidenza (seminascosta dalla vegetazione) della calotta superiore del tubo f 110 cm posato in attraversamento del rilevato stradale

3.3.5.3 Calcoli idrologici

Nel caso del bacino in esame, il calcolo, svolto secondo i principi indicati in Appendice n. 3, fu limitato ai soli sottobacini 4/c e 4/d, che sono gli unici, a seguito della descrizione riportata in precedenza, a poter essere definiti “naturali”. Per i sottobacini 4/a e 4/b, dalle caratteristiche essenzialmente antropiche, il calcolo verrà illustrato più oltre, nella sezione dedicata al calcolo delle portate defluenti nelle reti di scolo artificiali.

I principali risultati ottenuti sono riassunti nella tabella che segue.

bacino	impermeab. media	tempo di ritorno	durata di pioggia	altezza di pioggia	coeff. di deflusso	istante di picco	portata di picco
n	CN	T [anni]	d [h]	h [mm]	f_a	t_p [h]	Q_p [m ³ /s]
4/c	81,24	10	1h00'	46,92	0,30	1h10'	0,12
4/c	81,24	50	1h00'	62,26	0,39	1h10'	0,21
4/c	81,24	100	1h00'	68,83	0,42	1h10'	0,25
4/d	73,29	10	1h54'	57,26	0,21	1h35'	0,50
4/d	73,29	50	1h28'	69,38	0,27	1h19'	0,96
4/d	73,29	100	1h20'	74,27	0,29	1h14'	1,19
4/c.d	74,23	10	1h52'	56,97	0,22	1h36'	0,61
4/c.d	74,23	50	1h27'	69,10	0,28	1h20'	1,14
4/c.d	74,23	100	1h23'	75,31	0,31	1h18'	1,40

Tabella 7: calcoli idrologici sviluppati con riferimento al bacino n. 4

3.3.5.4 Calcoli idraulici

I calcoli furono condotti secondo le modalità semplificative illustrate nel precedente § 3.3.1, valutando i livelli di corrente necessari affinché – in assenza di altre perdite – l’intera portata affluente possa defluire regolarmente negli orifizi di imbocco che fungono da recapito.

3.3.5.5 Scenari di pericolosità e di rischio idraulici

I risultati dei calcoli, come sopra sinteticamente descritti, diedero luogo agli scenari illustrati in tavola 6b (riquadri 4-a, 4-b e 4-c).

Il manufatto di ripartizione delle portate appare in grado di deviare per intero verso Sud, distogliendole dal loro corso naturale, le portate prodotte secondo eventi meteorici ricorrenti con tempo di ritorno fino a 50 anni, mentre in caso di evento ricorrente con tempo di ritorno 100 anni la diversione interessa comunque una percentuale pari al 99% della portata affluente (1.180 l/s, su un totale di 1.190 l/s).

In tali condizioni, l’imbocco rappresentato in figura n. 43 risulta sgravato dalle portate prodotte nel sottobacino 4/d, ed appare perfettamente idoneo a ricevere le portate ad esso afferenti. Questo, a meno di rigurgiti provenienti dalla rete, allo stato delle conoscenze non valutabili.

L’attraversamento rappresentato in figura n. 44, al contrario, appare gravato dell’intera portata prodotta dalla rete comunale di scolo afferente allo scarico di via Cavour (sottobacino 4/a, e sottobacino 4/b, ove confluiscono per intero anche le portate drenate nel bacino n. 3 e nel sottobacino 4/c). Il manufatto si mostra gravemente inadeguato allo scolo delle portate ad esso afferenti, e nel caso di eventi ricorrenti con tempo di ritorno almeno cinquantennale il rigurgito può raggiungere e superare il piano di calpestio della pista ciclabile, dando luogo ad una corrente destinata a transitare sul piano viario, in senso trasversale a questo.

3.3.6 Corpo idrico n. 5

3.3.6.1 Bacino di pertinenza

Il torrente n. 5 ha origine nella depressione esistente fra le vie Monte Grappa e Matteotti, a Sud dell'abitato, in corrispondenza dello sbocco del condotto deviatore f 80 cm descritto nel precedente paragrafo 3.3.5.1 (fotografia di figura n. 45). Nel tratto iniziale, l'alveo prosegue con direzione Nord-Sud, entro una valle con tracciato grossolanamente parallelo al tracciato della S.P. 42, passando dietro al cimitero di Gornate Olona, per piegare poi verso Est in prossimità del cimitero di Torba, dopo aver alimentato un piccolo laghetto artificiale. A valle dell'invaso, l'alveo piega decisamente verso Est, attraversando in cunicolo dapprima il rilevato stradale di via Matteotti (S.P. 42), e poi, in una tombinatura lunga circa 160 m ricavata sotto alla sede stradale, via primo Maggio, prima di piegare nuovamente ad Est e trovare recapito nel corso del fiume Olona.



Figura 45: la sezione terminale della condotta f 80 cm che funge da deviatore delle portate del Marrubio, coincidente con la sezione iniziale del torrente n. 5

In relazione alle caratteristiche così enunciate, il bacino di pertinenza del torrente è stato suddiviso in tre sottobacini, rispettivamente delimitati, verso valle, dalla confluenza a valle del cimitero di Gornate Olona, dal sottopasso della S.P. 42, e dall'imbocco della tombinatura di attraversamento di via primo Maggio.

3.3.6.2 Individuazione delle sezioni di calcolo

Alla luce delle descrizioni riportate nel paragrafo che precede, si è ritenuto di verificare le capacità di scolo dei manufatti disposti lungo il corso del torrente, in corrispondenza della sezione di uscita dal laghetto (fotografia di figura n. 46), della sezione in attraversamento in sottopasso della S.P. 42 (figure nn. 47 e 48), e della sezione di imbocco della tombinatura sotto a via primo Maggio (figure nn. 49, 50 e 51).



Figura 46: la sponda meridionale del lago alimentato dal corso d'acqua, con indicazione della posizione del manufatto di sbocco (evidenziata da un circolo bianco)



Figura 47: la sezione di imbocco del cunicolo di sottopasso della S.P. 42, costituito da un vano con copertura a volta, di raggio pari a circa 1,00 m)

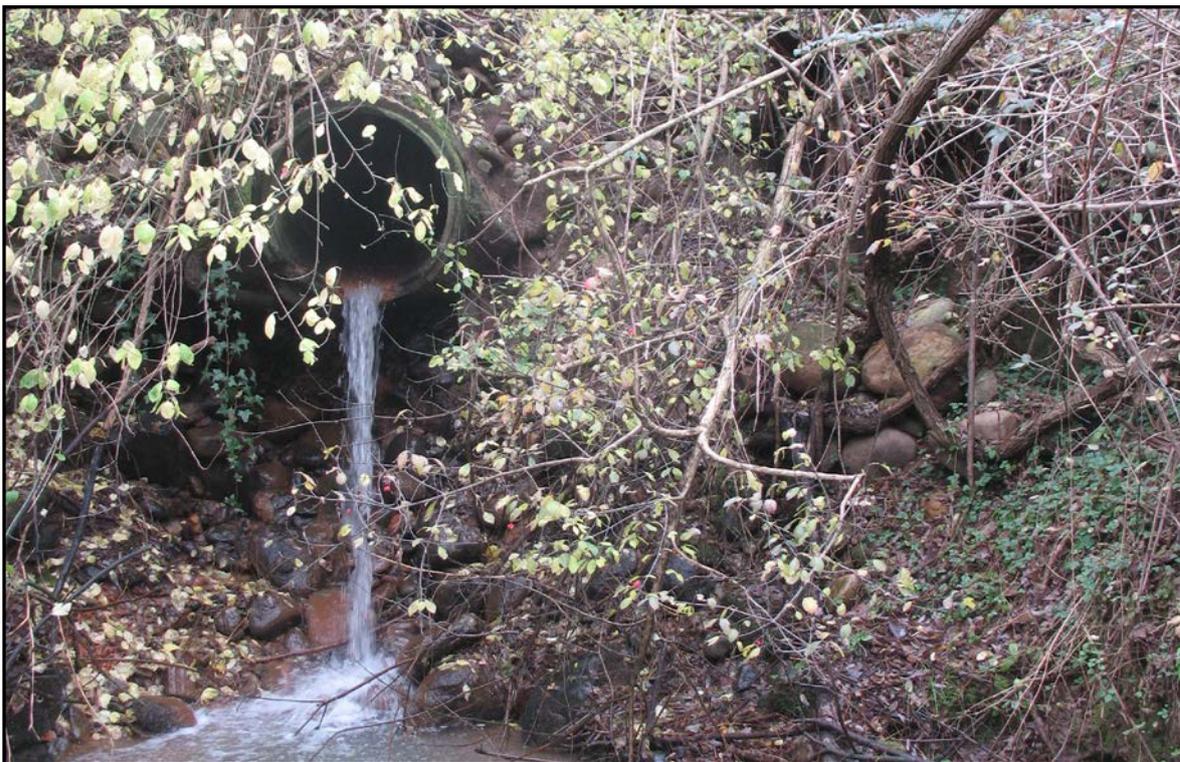


Figura 48: il manufatto di attraversamento, in sottopasso, della S.P. 42, costituito verso valle da un condotto circolare di dimensioni non rilevate



Figura 49: panoramica della sezione di imbocco della tombinatura di attraversamento di via primo Maggio



Figura 50: dettaglio del manufatto di imbocco, con evidenza della griglia di protezione e della sezione iniziale del condotto, di diametro pari a 60 cm



Figura 51: la sezione terminale della tombinatura sotto alla sede stradale di via primo Maggio, con evidenza dei segni dell'erosione provocati dalle correnti di divagazione sul piano stradale, che tendono qui a rientrare in alveo

3.3.6.3 Calcoli idrologici

In questo caso, la conformazione del bacino impose, ai fini della determinazione dei valori massimi di portata da assumere a riferimento, di scindere il calcolo in due fasi.

Per il bacino a valle dell'invaso, il calcolo venne condotto secondo le medesime modalità sinora adottate, sino alla compilazione della consueta tabella di sintesi (tabella n. 8), la cui validità è però limitata a piogge che interessino il solo sottobacino 5/a.

bacino n	impermeab. media CN	tempo di ritorno T [anni]	durata di pioggia d [h]	altezza di pioggia h [mm]	coeff. di deflusso f_a	istante di picco t_p [h]	portata di picco Q_p [m ³ /s]
5/a	87,70	10	1h08'	47,33	0,55	1h19'	1,06
5/a	87,70	50	1h07'	62,42	0,61	1h19'	1,56
5/a	87,70	100	1h07'	69,01	0,63	1h19'	1,78

Tabella 8: calcoli idrologici sviluppati con riferimento al bacino n. 5/a

Ai fini del calcolo della portata complessiva, nella valutazione del contributo di portata in uscita dall'invaso si dovette invece considerare che questo funge, sia pure in maniera limitata, da bacino di invaso, capace di ritardare la trasmissione a valle del picco di piena, riducendone l'intensità. Il calcolo fu quindi eseguito per tentativi, assumendo diverse durate di pioggia, sino a determinare quella cui compete il picco di portata in uscita, con i risultati riassunti nella tabella che segue.

tempo di ritorno T [anni]	durata critica di pioggia d [h]	portata in uscita dall'invaso Q_1 [m ³ /s]	portata drenata a valle dell'invaso Q_2 [m ³ /s]	portata totale Q [m ³ /s]
10	2h12'	1,00	0,95	1,95
50	1h42'	2,08	1,48	3,56
100	1h36'	2,53	1,72	4,25

Tabella 8: calcoli idrologici sviluppati con riferimento all'intero bacino n. 5

3.3.6.4 Calcoli idraulici

Ancora una volta, si operò in assenza di rilievo, ed i calcoli vennero condotti secondo le modalità semplificative illustrate nel precedente § 3.3.1.

3.3.6.5 Scenari di pericolosità e di rischio idraulici

I risultati ottenuti a seguito delle valutazioni condotte trovano rappresentazione grafica nei riquadri 5-a, 5-b e 5-c del grafico di tavola n 6b, ove vengono evidenziate due situazioni di criticità, in corrispondenza dello scarico del lago e dell'imbocco della tombinatura di via primo Maggio.

Nel primo caso, il riempimento dell'invaso prodotto dalle portate drenate nel bacino ad esso afferente provoca innalzamenti nel livello di pelo libero tali da dare luogo ad una tracimazione lungo la sponda meridionale del lago, con conseguente formazione di una lama d'acqua destinata a rientrare in alveo a monte del sottopasso della S.P. 42. Si tratta, verosimilmente, di una lama d'acqua caratterizzata da velocità di deflusso e tiranti modesti, ed allo scenario può essere

ragionevolmente attribuito un grado di pericolosità idraulica medio (H2). Il fenomeno può presentarsi in forma incipiente anche nel corso di eventi ricorrenti con tempo di ritorno di 10 anni.

Nel secondo caso, l'insufficienza della sezione interna della tombinatura dà luogo ad un vistoso rigurgito, capace di generare importanti correnti di divagazione sulla sede stradale anche per eventi di pioggia caratterizzati da tempi di ritorno modesti. Allo scenario debbono essere associate condizioni di pericolosità idraulica molto elevata, soprattutto in relazione alle elevate velocità di deflusso che la corrente di divagazione può raggiungere sulla sede stradale.

3.3.7 Corpo idrico n. 6

3.3.7.1 Bacino di pertinenza

Il torrente n. 6 ha origine in Comune di Castelseprio, nella zona degli scavi, e giunge in territorio di Gornate Olona dopo aver solcato un vallone che termina poco a Nord del monastero di Torba.

Il bacino di alimentazione del torrente è interamente boscoso, e copre una estensione di circa 0,15 km².

3.3.7.2 Individuazione delle sezioni di calcolo

Per l'intero suo percorso, l'alveo non si avvicina ad aree abitate, e la sola sezione di interesse, ai nostri fini, è quella nella quale il corso d'acqua attraversa, in sottopasso, la sede stradale, con un condotto in calcestruzzo di diametro pari a 60 cm (schizzo di figura n. 52).

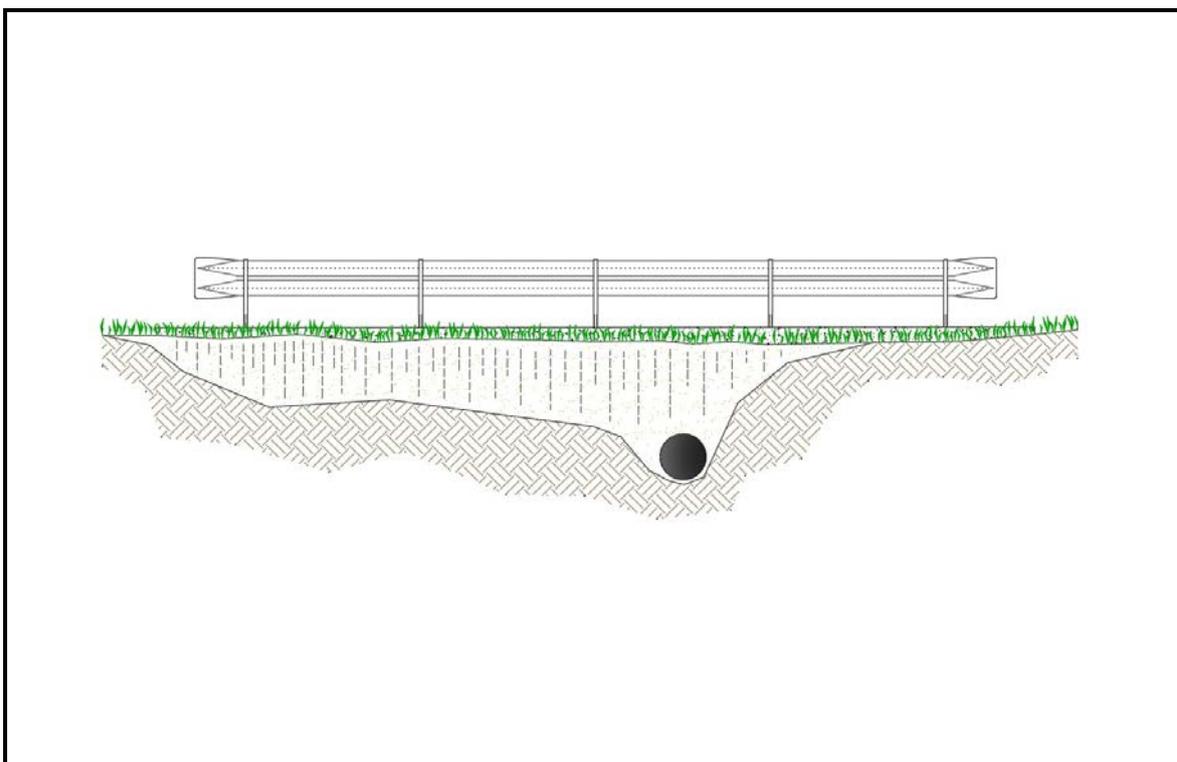


Figura 52: rappresentazione schematica del sottopasso della S.P. 42, costituito da condotto in calcestruzzo ϕ 60 cm, visto da monte

3.3.7.3 Calcoli idrologici

I risultati dei calcoli finalizzati alla valutazione delle portate di piena sono sintetizzati nella tabella che segue.

bacino	impermeab. media	tempo di ritorno	durata di pioggia	altezza di pioggia	coeff. di deflusso	istante di picco	portata di picco
n	CN	T [anni]	d [h]	h [mm]	f_a	t_p [h]	Q_p [m ³ /s]
6	77,78	10	1h23'	51,49	0,24	1h11'	0,57
6	77,78	50	1h05'	62,88	0,31	1h01'	1,06
6	77,78	100	1h01'	67,90	0,33	0h58'	1,30

Tabella 9: calcoli idrologici sviluppati con riferimento al bacino n. 6

3.3.7.4 Calcoli idraulici

Il calcolo contemplò, al solito, la valutazione del carico idraulico necessario a monte dell'attraversamento per garantire il deflusso delle portate di calcolo, secondo quanto indicato in § 3.3.1.

3.3.7.5 Scenari di pericolosità e di rischio idraulici

I risultati ottenuti sono stati come di consueto trasposti nel grafico di tavola n. 6b, nel riquadro n. 6, ove si evidenzia che il deflusso della portata avviene in condizioni di moto “in pressione” per tutti gli scenari di calcolo, senza però dare luogo a condizioni di passaggio della corrente sulla sede stradale (condizione sfiorata, ma non raggiunta, nello scenario corrispondente al tempo di ritorno di 100 anni).

Cautelativamente, si è comunque scelto di attribuire a tale attraversamento condizioni di pericolosità idraulica “moderata” (H1).

3.3.8 Corpo idrico n. 7 (Vallone)

3.3.8.1 Bacino di pertinenza

Il bacino di alimentazione del torrente n. 7 si estende per larga parte (0,14 km², sottobacino 7/b) in territorio del Comune di Castelseprio, nei versanti boscati situati sopra alla chiesa parrocchiale di Torba, e per una piccola parte (0,02 km², sottobacino 7/a) in territorio del Comune di Gornate Olona, nell'area urbana di Torba.

Il torrente trova recapito nell'alveo del fiume Olona, a valle di una tombinatura che sfocia a breve distanza dal ponte di via Cesare Battisti.

3.3.8.2 Individuazione delle sezioni di calcolo

Nella sua parte urbana, il corso del torrente è denso di attraversamenti, a partire dal sottopasso della S.P. 42 (figura n. 53), per proseguire poi con il sottopasso della pista ciclopedonale di fondovalle (figura n. 54), con un nuovo sottopasso per accesso ad un'area industriale (figura n. 55) e con la tombinatura di valle, compresa tra via Cesare Battisti ed il muro di sponda dell'Olona (figure nn. 56 e 57).



Figura 53: dettaglio relativo al cunicolo di sottopasso della S.P. 42, visto da valle



Figura 54: il sottopasso della pista ciclopedonale dell'Olona, visto da valle



Figura 55: condotta f 180 cm in calcestruzzo, in corrispondenza dell'accesso ad un'area industriale, vista da monte



Figura 56: la sezione di imbocco della tombinatura terminale, a monte di via Battisti (condotta f 180 cm in calcestruzzo)



Figura 57: lo sbocco della tombinatura terminale, nel muro in sponda destra a valle del ponte di via Battisti, sul fiume Olona

3.3.8.3 Calcoli idrologici

I dati relativi al calcolo degli eventi di piena che caratterizzano gli scenari di riferimento nei due sottobacini in esame vengono riassunti nella tabella che segue.

bacino	impermeab. media	tempo di ritorno	durata di pioggia	altezza di pioggia	coeff. di deflusso	istante di picco	portata di picco
n	CN	T [anni]	d [h]	h [mm]	f_a	t_p [h]	Q_p [m ³ /s]
7/b	59,77	10	6h39'	88,40	0,15	4h13'	0,13
7/b	59,77	50	3h14'	91,57	0,16	2h15'	0,29
7/b	59,77	100	2h37'	93,95	0,16	1h53'	0,38
7/a.b	62,37	10	4h1'	74,34	0,14	2h45'	0,20
7/a.b	62,37	50	2h18'	81,40	0,16	1h45'	0,43
7/a.b	62,37	100	1h59'	85,48	0,18	1h33'	0,56

Tabella 10: calcoli idrologici sviluppati con riferimento al bacino n. 7

3.3.8.4 Calcoli idraulici

Come nei casi che precedono, il calcolo fu condotto in assenza di rilievo di dettaglio, secondo il metodo speditivo descritto in § 3.3.1.

3.3.8.5 Scenari di pericolosità e di rischio idraulici

I risultati dei calcoli idraulici eseguiti sono riportati nel grafico di tavola n. 6b, nei riquadri 7-a, 7-b,

7-c e 7-d, con evidenza dei livelli attesi nelle sezioni di riferimento, nel corso degli eventi di piena rispettivamente ricorrenti ogni 10, 50 e 100 anni. I calcoli eseguiti non evidenziano in questo caso criticità di sorta.

3.3.9 Corpi idrici nn. 8 ed 8-bis

3.3.9.1 Bacino di pertinenza

I torrenti scolanti dai bacini identificati con i codici 8 ed 8-bis sono accomunati dalla posizione geografica (sono entrambi ubicati per lo più in territorio del Comune di Castelseprio, ed entrambi comprendono porzioni del versante boschivo che dal tracciato della S.P. 42, nel tratto compreso fra Torba e Castelseprio, risale sino al pianalto ove si trovano le località cascina Quirespiro e cascina Ronchè), dalla marginalità rispetto al territorio di Gornate Olona (interessano il territorio comunale solo per pochi metri, in aree lontane dai centri edificati), ed alla mancanza di un recapito (dalle osservazioni svolte, confortate per il caso del torrente n. 8 dalle indicazioni formulate a suo tempo dai tecnici estensori dei documenti di individuazione del reticolo minore di competenza comunale, in ambo i casi i rispettivi alvei cessano di avere definizione a valle del sottopasso della S.P. 42, e le relative portate tendono quindi a spagliarsi nelle aree verdi sottostanti, prima di giungere a recapito nel corso del fiume Olona). Inoltre, entrambi i corpi idrici sono dotati di manufatti di ritenuta a monte del sottopasso della sede stradale, ed in ambo i casi il bacino afferente al corpo idrico si caratterizza per la morfologia particolarmente scoscesa e per le modeste dimensioni (circa 1,50 ha per il bacino n. 8, meno di 1,20 ha per il bacino n. 8-bis).

A partire da queste dimensioni, gli algoritmi di calcolo delle portate di massima piena meteorica produssero, in entrambi i casi, portate meno che modeste, come indicato nella tabella che segue.

bacino	impermeab. media	tempo di ritorno	durata di pioggia	altezza di pioggia	coeff. di deflusso	istante di picco	portata di picco
n	CN	T [anni]	d [h]	h [mm]	f_a	t_p [h]	Q_p [m ³ /s]
8	79,00	10	0h59'	46,78	0,23	0h43'	0,08
8	79,00	50	0h59'	62,06	0,33	0h43'	0,14
8	79,00	100	0h59'	68,61	0,36	0h43'	0,17
8-bis	79,00	10	1h0'	46,83	0,24	0h42'	0,06
8-bis	79,00	50	1h0'	62,13	0,33	0h42'	0,11
8-bis	79,00	100	1h0'	68,69	0,36	0h42'	0,14

Tabella 11: calcoli idrologici sviluppati con riferimento ai bacini nn. 8 ed 8-bis

Il calcolo idraulico, in questo caso, apparve superfluo, trattandosi – anche in caso di eventi estremi – di portate compatibili con condotti di qualsiasi natura e dimensione. Per questi due corpi idrici la fonte di criticità pare essere non tanto un eccesso di portata, rispetto alla capacità di smaltimento dei condotti, quanto piuttosto un eccesso di trasporto solido, in grado di intasare i bacini di ritenuta e le condotte di attraversamento, in sottopasso della sede stradale, come pare sia accaduto nel maggio 2010 (§ 2.2.2.2, fotografie di figure nn. 25 e 26). La considerazione dei valori di portata calcolati porta a riconoscere, in relazione al possibile ripetersi dei fenomeni ivi illustrati, condizioni di pericolosità idraulica moderata (H1) in corrispondenza dei due sottopassi stradali.

3.3.10 Corpo idrico n. 9

3.3.10.1 Bacino di pertinenza

Il torrente n. 9 si presenta nelle forme di una debole depressione, appena definita, che inizia a

prendere forma soltanto in corrispondenza del sottopasso di via Monte Grappa.

Il tracciamento dei limiti di bacino non può in questo caso essere condotto con i consueti criteri morfologici, per assenza di rilievi di particolare evidenza, ma soprattutto per il fatto che le aree a monte della depressione sono tutte urbanizzate, con reti di scolo che trovano recapito proprio in alveo, e che verosimilmente debbono essere considerate come origine della maggior parte delle portate scolanti in alveo.

In ragione di ciò, in questo caso i limiti di bacino non vengono tracciati nel grafico di tavola 6a, come per gli altri casi, ma nel grafico di tavola n. 7, dedicato alla individuazione dei limiti delle zone scolanti asservite alle reti di scolo presenti nel territorio comunale. Nel dettaglio, al torrente n. 9 sono associate le zone scolanti individuate dalle lettere G ed H, per una estensione complessiva di circa 0,11 km².

3.3.10.2 Individuazione delle sezioni di calcolo

La capacità di scolo del copro idrico recipiente viene valutata in corrispondenza del sottopasso stradale di via Monte Grappa (figura n. 58).



Figura 58: sottopasso del rilevato stradale di via Monte Grappa (condotto in calcestruzzo, f 100 cm)

3.3.10.3 Calcoli idrologici

Come indicato in § 3.3.10.1, le portate di riferimento derivano in questo caso da scarichi di reti di scolo artificiali, asservite ad aree urbanizzate. Il calcolo delle portate di massima piena meteorica venne quindi svolto secondo le modalità descritte in Appendice n. 4, come applicate, per ciascuna zona scolante, a partire dal successivo § 3.4.

Attingendo da tali calcoli, più oltre illustrati, si anticipano qui i valori di portata ivi prodotti:

- per tempo di ritorno 10 anni: 550 l/s circa;

- per tempo di ritorno 50 anni: 715 l/s circa;
- per tempo di ritorno 100 anni: 790 l/s circa.

3.3.10.4 Calcoli idraulici

Come per la maggior parte dei casi sinora illustrati, la valutazione della capacità di scolo del corpo idrico venne eseguita in assenza di rilievi, assumendo le modalità semplificate illustrate in § 3.3.1.

3.3.10.5 Scenari di pericolosità e di rischio idraulici

Gli scenari prodotti dal calcolo vengono illustrati nel riquadro n. 9 del grafico di tavola 6b.

Il deflusso avviene in condizioni regolari in tutti gli scenari di calcoli assunti.

3.3.11 Corpi idrici nn. 10 ed 11

Con i numeri 10 ed 11 vengono identificati due corpi idrici minori, al confine occidentale del territorio comunale, in aree boschive e del tutto prive di interferenze con le attività antropiche.

In questo caso, si ritenne di omettere le valutazioni di natura idrologica ed idraulica sinora svolte in tutti gli altri casi.

3.3.12 Corpo idrico n. 13 (fontanile Refreggio)

Il numero 13 individua un corpo idrico ubicato in fregio al corso del fiume Olona, in prossimità del confine meridionale del territorio comunale, ove si raccolgono, in forma spesso stagnante, le acque del fontanile che si trova poco discosto dall'area del depuratore consortile.

Anche in questo caso, ci troviamo dinanzi ad un corpo idrico che interessa solo marginalmente il territorio comunale, in assenza di qualsiasi relazione con aree edificate ovvero installazioni antropiche.

Come nel caso precedente, si omette qualsiasi ulteriore valutazione di calcolo.

3.3.13 Corpo idrico n. 14 (valle Scura)

3.3.13.1 Bacino di pertinenza

Con il numero 14 si individua un ampio bacino (0,45 km² circa) che occupa una depressione situata ai margini del territorio comunale, in direzione della zona industriale di Venegono Inferiore e del tracciato della S.P. 66, e che trova recapito in un manufatto situato a Torba, in prossimità all'ingresso dell'area di cava.

Il bacino può grossolanamente essere suddiviso in due sottobacini.

Partendo da monte, il primo tratto (sottobacino 14/b, 0,37 km² circa) attraversa una valle morfologicamente ben definita, entro la quale trovano recapito le acque scolanti dalla zona industriale di Venegono Inferiore, che si raccolgono in un alveo inizialmente ben riconoscibile, ma destinato a perdere definizione a mano a mano che procede verso valle, avvicinandosi al ciglio dell'area di cava, fino a far perdere ogni traccia di sé in corrispondenza dei manufatti di captazione del pozzo "Ceppine".

L'alveo riprende forma a valle del pozzo, in un'area la cui morfologia è verosimilmente stata profondamente modificata dall'esercizio delle attività di cava. A partire da questo punto si individua un secondo sottobacino (14/a, 0,08 km² circa), costantemente delimitato, da un lato, dal ciglio della cavità risultante dalle attività di cava, che come anzidetto trova recapito finale in un manufatto ubicato in fregio al tracciato di via delle Industrie, non lontano dall'ingresso all'area di cava. Entro il manufatto, protetto da una griglia, si intravede l'imbocco di una condotta in

calcestruzzo, di diametro pari a 40 cm, della quale però non sono noti né il tracciato, né il punto di sbocco.

3.3.13.2 Individuazione delle sezioni di calcolo

Come sopra indicato, l'alveo interessa il territorio comunale nella sola parte terminale, in corrispondenza del manufatto di recapito illustrato nella fotografia di figura n. 59.



Figura 59: dettaglio del manufatto ove trovano recapito le acque scolanti dal bacino n. 14, con evidenza della griglia di protezione, dietro alla quale si intravede la sagoma di una tubazione di recapito (calcestruzzo f 40 cm).

3.3.13.3 Calcoli idrologici

La conformazione del bacino suggerì, ai fini del calcolo della portata gravante sul manufatto terminale di recapito, di assumere il solo contributo proveniente dal sottobacino 14/a. con i risultati riportati di seguito.

bacino	impermeab. media	tempo di ritorno	durata di pioggia	altezza di pioggia	coeff. di deflusso	istante di picco	portata di picco
n	CN	T [anni]	d [h]	h [mm]	f_a	t_p [h]	Q_p [m ³ /s]
14-a-	68,44	10	2h56'	67,17	0,18	2h20'	0,14
14-a-	68,44	50	2h3'	78,75	0,23	1h48'	0,28
14-a-	68,44	100	1h51'	84,17	0,25	1h41'	0,35

Tabella 12: calcoli idrologici sviluppati con riferimento al sottobacino n. 14/a

3.3.13.4 Calcoli idraulici

Ancora una volta, l'assenza di informazioni sulla tombinatura a valle del manufatto descritto in figura n. 59 impose l'impiego della procedura di calcolo semplificata descritta in § 3.1.1.

3.3.13.5 Scenari di pericolosità e di rischio idraulici

Il calcolo produsse i risultati teorici riportati nel grafico di tavola n. 6b (riquadro 14).

Stando ai calcoli, il manufatto possiede caratteristiche che lo rendono idoneo al recapito integrale della portata raccolta nel bacino, dando luogo a rigurgiti all'imbocco contenuti e comunque compatibili con le dimensioni del manufatto stesso.

Nella realtà, la presenza della griglia, nella sezione terminale di un alveo il cui bacino, lascia temere possibili condizioni di intasamento delle maglie della griglia, con conseguente divagazione della corrente verso Ovest. Alla luce dei valori di portata in precedenza calcolati, all'area potenzialmente raggiunta da tali correnti di divagazione possono essere attribuite condizioni di pericolosità idraulica "media" (H2).

3.4 Valutazioni idrologiche condotte sulla rete comunale di scolo

3.4.1 Introduzione

Lo studio delle condizioni di funzionamento della rete comunale di scolo costituisce uno fra gli adempimenti richiesti ai fini della redazione dello Studio comunale di Gestione del Rischio Idraulico.

Nel dettaglio, nel corso della compilazione di questo la norma vigente chiede espressamente:

- di valutare la capacità di smaltimento dei reticoli fognari presenti sul territorio, attingendo al locale gestore del Servizio Idrico Integrato per quanto riguarda il rilievo di dettaglio della rete e l'eventuale studio idraulico del suo funzionamento, ove disponibile;
- di individuare i ricettori che ricevono e smaltiscono le acque meteoriche di dilavamento, e di indicarne i rispettivi gestori, valutandone la capacità di smaltimento, utilizzando in proposito studi o rilievi di dettaglio, ove disponibili, oppure attraverso valutazioni di massima.

Tenuto conto di quanto sopra, la presente sezione del documento è dedicata alla caratterizzazione della rete comunale di scolo, alla valutazione delle portate ad essa afferenti ed alla individuazione dei corpi idrici destinati al recapito delle acque meteoriche drenate.

Come già indicato in precedenza, il calcolo delle portate viene condotto con riferimento alle curve di pioggia già calcolate (§ 2.1.1), e tenendo conto delle peculiarità dei bacini scolanti di carattere urbano, mediante ricorso a modelli di calcolo attinenti alla sfera dell'idrologia urbana (Appendice n. 4).

In presenza di bacini di tipo misto, nei quali vi sia forte commistione fra acque provenienti da bacini in stato di naturalità, ed acque prodotte in aree urbane, il modello di calcolo venne utilizzato nella forma più idonea a rappresentare il bacino urbano (ovvero, utilizzando le modalità di calcolo previste nell'"antico metodo italiano", come descritte in Appendice n. 4), tenendo conto del fatto che fra il principale parametro di calcolo utilizzato nel "metodo CN" ed i parametri di calcolo necessari all'impiego del metodo italiano possono approssimativamente stabilirsi le corrispondenze riportate in tabella n. 13.

parametri in uso nel metodo CN	parametri in uso nell'antico metodo italiano					
	superfici permeabili		superfici semipermeabili		superfici impermeabili	
	coefficiente di deflusso	coefficiente di invaso superficiale	coefficiente di deflusso	coefficiente di invaso superficiale	coefficiente di deflusso	coefficiente di invaso superficiale
curve Number	ϕ_1	w_1	ϕ_1	w_1	ϕ_1	w_1
CN						
[n]		[l/m ²]		[l/m ²]		[l/m ²]
55	0,20	25,00	0,33	25,00	1,00	6,00
60	0,20	25,00	0,36	21,00	1,00	6,00
65	0,20	25,00	0,41	20,00	1,00	6,00
70	0,20	25,00	0,45	18,00	1,00	6,00
75	0,20	25,00	0,48	15,00	1,00	6,00
80	0,20	25,00	0,55	11,00	1,00	6,00
85	0,20	25,00	0,61	9,00	1,00	6,00
90	0,20	25,00	0,70	7,00	1,00	6,00
95	0,20	25,00	0,77	5,00	1,00	6,00
98	0,20	25,00	0,80	4,00	1,00	6,00

Tabella 13: corrispondenza fra i valori dei parametri di taratura utilizzati nel “metodo CN” (Appendice n. 3) e nell’ “antico metodo italiano” (Appendice n. 4)

In aggiunta a quanto sopra, la sezione verrà completata con brevi valutazioni inerenti le opere necessarie a ridurre le portate scaricate nel reticolo idrico di superficie. Si tratterà di valutazioni svolte in maniera soltanto sommaria, dal momento che, per chiarimento giunto dagli Uffici regionali, l’onere delle relative opere dovrà essere in capo al locale gestore del Servizio Idrico Integrato.

3.4.2 Descrizione generale della rete

Il riferimento cartografico per l’illustrazione dello stato della rete comunale di scolo è costituito dalla planimetria generale di tavola n. 7.

Si tratta, per lo più, di una rete “separata”, con condotti distinti per lo scolo delle acque meteoriche e dei liquami, con ricorso piuttosto sporadico a condotte “miste”, generalmente recapitanti a scolmatori di piena con rispettivo recapito dei contributi veicolati verso le condotte di rete “bianca” e “nera” di valle.

Con riferimento all’efficienza della rete di scolo, si evidenzia che nel corso dell’indagine non venne raccolta alcuna notizie relativa a criticità idrauliche note.

3.4.3 Calcolo delle portate

3.4.3.1 Generalità

Un primo esame della rete consente di riconoscere in questa dieci reti reciprocamente indipendenti, asserviti a dieci bacini distinti (macro-zone scolanti), individuati progressivamente con lettere da A ad L. In diversi casi, poi, le macro-zone scolanti possono essere ulteriormente in zone scolanti elementari, asservite ai singoli tronchi di rete, fra due successive confluenze.

I paragrafi che seguono sono dedicati al calcolo delle portate attese in ciascun tronco, valutate per composizione dei valori riferiti a ciascuna zona scolante elementare afferente a quel tronco.

Per maggiore facilità di lettura, il calcolo viene diviso per macro-zone scolanti, assumendo, per ciascuna di queste, gli scenari di calcolo raccomandati nel testo normativo (tempi di ritorno rispettivamente pari a 10, 50 e 100 anni).

3.4.3.2 Macro-zona scolante “A”

Con il simbolo “A” è stata identificata la principale macro-zona scolante, comprendente gran parte del centro storico e la vasta area di espansione residenziale a Nord di questo. In essa confluiscono anche le acque prodotte nei bacini nn. 3 e 4 (sottobacino 4/c), identificati in precedenza. Il recapito della rete è costituito dal torrente Marrubio, per il tramite di uno scarico ubicato in prossimità dell’orlo della scarpata che scende verso la valle Olona.

I risultati dei calcoli eseguiti per la valutazione delle portate circolanti in rete nei tre differenti scenari di calcolo vengono riportati nelle tabelle che seguono.

zona scolante	portata	durata critica di pioggia
n	Q [l/s]	d [hh:mm:ss]
A-01	16,691	1h:13m:55s
A-03	88,213	0h:54m:08s
A-04	148,878	0h:40m:49s
A-05	71,076	0h:34m:58s
A-06	41,182	0h:59m:60s
A-07	71,995	0h:26m:38s
A-08	179,570	0h:22m:06s
A-09	12,101	0h:19m:31s
A-10	189,573	0h:33m:24s
A-11	165,104	0h:29m:27s
A-12	124,509	0h:36m:38s
A-13	66,451	0h:36m:21s
A-14	104,048	0h:47m:22s
A-15	296,329	0h:28m:19s
A-16	46,866	0h:19m:31s
A-17	386,650	0h:23m:06s
A-18	91,692	0h:35m:25s
A-19	6,844	0h:06m:54s
A-20	53,077	0h:34m:58s
A-21	61,227	0h:34m:58s
A-22	67,105	0h:43m:41s
A-23	118,061	0h:38m:14s
A-24	106,673	0h:36m:01s
A-25	10,520	0h:10m:13s
A-26	39,066	0h:10m:13s
A-27	42,697	0h:55m:11s
A-28	9,787	0h:59m:60s
A-29	98,716	0h:59m:60s
A-30	79,855	0h:59m:60s
(bacino naturale) RIM-03	392,658	2h:01m:10s
(bacino naturale) RIM-04/c	100,004	2h:12m:23s

Tabella 14: portate attese in rete nel corso dell’evento di pioggia atteso con tempo di ritorno di 10 anni, nei tronchi che compongono la rete asservita alla macro-zona scolante “A”

zona scolante	portata	durata critica di pioggia
n	Q [l/s]	d [hh:mm:ss]
A-30+29+28	185,974	0h:59m:60s
RIM-04/c + A-27	158,007	0h:59m:60s
RIM-04/c + A-30+29+28+27	337,027	0h:59m:60s
RIM-04/c + A-30+29+28+27+26	364,499	0h:59m:60s
A-22+21	126,844	0h:40m:20s
A-22+21+20	177,216	0h:40m:36s
A-23+22+21+20	289,525	0h:42m:26s
A-23+22+21+20+19	294,355	0h:41m:54s
A-24+23+22+21+20+19	393,759	0h:42m:39s
A-24+23+22+21+20+19+18	478,025	0h:43m:14s
A-24+...+17	825,389	0h:37m:22s
RIM-04/c + A-30+...+26 + A-24+...+17	1144,400	0h:49m:40s
RIM-04/c + A-30+...+17	1150,916	0h:49m:35s
RIM-04/c + A-30+...+16	1189,966	0h:48m:32s
RIM-03+A-15	709,868	0h:59m:60s
RIM-03+A-15+14	809,136	0h:59m:60s
A-13+12	187,425	0h:38m:44s
A-13+12+11	343,683	0h:37m:11s
RIM-03+A-15+14+13+12+11	1123,181	0h:59m:60s
RIM-03+A-15+14+13+12+11+10	1289,685	0h:59m:60s
RIM-04/c + RIM-03 + A-30+...+10	2405,310	0h:59m:60s
RIM-04/c + RIM-03 + A-30+...+09	2414,468	0h:59m:60s
RIM-04/c + RIM-03 + A-30+...+08	2556,725	0h:59m:38s
RIM-04/c + RIM-03 + A-30+...+07	2614,180	0h:59m:10s
A-05+04	215,905	0h:41m:12s
A-05+04+03	299,843	0h:45m:59s
A-06+05+04+03	337,723	0h:49m:43s
A-06+05+04+03+02	590,877	0h:38m:41s
RIM-04/c + RIM-03 + A-30+...+02	3124,517	0h:58m:25s
RIM-04/c + RIM-03 + A-30+...+01	3138,432	0h:58m:45s
RIM-04/c + RIM-03 + A + B	3721,186	0h:55m:48s

Tabella 14 (segue): portate attese in rete nel corso dell'evento di pioggia atteso con tempo di ritorno di 10 anni, nei tronchi che compongono la rete asservita alla macro-zona scolante "A"

zona scolante	portata	durata critica di pioggia
n	Q [l/s]	d [hh:mm:ss]
A-01	29,931	1h:00m:00s
A-02	427,829	0h:14m:29s
A-03	134,813	0h:35m:25s
A-04	227,524	0h:26m:42s
A-05	108,623	0h:22m:53s
A-06	63,042	0h:43m:07s

Tabella 15: portate attese in rete nel corso dell'evento di pioggia atteso con tempo di ritorno di 50 anni, nei tronchi che compongono la rete asservita alla macro-zona scolante "A"

zona scolante	portata	durata critica di pioggia
n	Q [l/s]	d [hh:mm:ss]
A-07	110,027	0h:17m:26s
A-08	274,431	0h:14m:28s
A-09	18,493	0h:12m:46s
A-10	289,717	0h:21m:51s
A-11	252,322	0h:19m:16s
A-12	190,282	0h:23m:59s
A-13	101,555	0h:23m:47s
A-14	159,012	0h:30m:60s
A-15	452,868	0h:18m:31s
A-16	71,624	0h:12m:46s
A-17	590,902	0h:15m:07s
A-18	140,130	0h:23m:11s
A-19	10,460	0h:04m:31s
A-20	81,115	0h:22m:53s
A-21	93,571	0h:22m:53s
A-22	102,554	0h:28m:35s
A-23	180,428	0h:25m:01s
A-24	163,025	0h:23m:34s
A-25	16,078	0h:06m:41s
A-26	59,703	0h:06m:41s
A-27	65,252	0h:36m:07s
A-28	14,957	0h:40m:16s
A-29	158,589	0h:59m:60s
A-30	122,040	0h:39m:35s
(bacino naturale) RIM-03	771,457	0h:59m:60s
(bacino naturale) RIM-04/c	185,080	1h:11m:32s
A-30+29	275,255	0h:57m:11s
A-30+29+28	289,762	0h:56m:20s
RIM-04/c + A-27	261,399	0h:59m:60s
RIM-04/c + A-30+29+28+27	543,694	0h:59m:60s
RIM-04/c + A-30+29+28+27+26	578,750	0h:59m:60s
A-22+21	193,851	0h:26m:24s
A-22+21+20	270,832	0h:26m:34s
A-23+22+21+20	442,469	0h:27m:46s
A-23+22+21+20+19	449,851	0h:27m:25s
A-24+23+22+21+20+19+18	730,548	0h:28m:17s
A-24+...+17	1259,531	0h:24m:29s
RIM-04/c + A-30+...+26 + A-24+...+17	1744,455	0h:32m:35s
RIM-04/c + A-30+...+17	1755,796	0h:32m:23s
RIM-04/c + A-30+...+16	1813,785	0h:31m:50s
RIM-03+A-15	1120,071	0h:59m:60s
RIM-03+A-15+14	1263,735	0h:59m:60s
A-13+12	286,434	0h:25m:21s
A-13+12+11	525,238	0h:24m:20s

Tabella 15 (segue): portate attese in rete nel corso dell'evento di pioggia atteso con tempo di ritorno di 50 anni, nei tronchi che compongono la rete asservita alla macro-zona scolante "A"

zona scolante	portata	durata critica di pioggia
n	Q [l/s]	d [hh:mm:ss]
RIM-03+A-15+14+13+12+11	1717,832	0h:46m:35s
RIM-03+A-15+14+13+12+11+10	1966,851	0h:42m:49s
RIM-04/c + RIM-03 + A-30+...+10	3655,722	0h:40m:31s
RIM-04/c + RIM-03 + A-30+...+09	3669,512	0h:40m:24s
RIM-04/c + RIM-03 + A-30+...+08	3884,301	0h:39m:15s
RIM-04/c + RIM-03 + A-30+...+07	3971,157	0h:38m:57s
A-05+04	329,959	0h:26m:58s
A-05+04+03	458,238	0h:30m:05s
A-06+05+04+03	516,129	0h:32m:32s
A-06+05+04+03+02	903,015	0h:25m:19s
RIM-04/c + RIM-03 + A-30+...+02	4741,070	0h:38m:30s
RIM-04/c + RIM-03 + A-30+...+01	4761,884	0h:38m:43s
RIM-04/c + RIM-03 + A + B	5639,709	0h:36m:49s

Tabella 15 (segue): portate attese in rete nel corso dell'evento di pioggia atteso con tempo di ritorno di 50 anni, nei tronchi che compongono la rete asservita alla macro-zona scolante "A"

zona scolante	portata	durata critica di pioggia
n	Q [l/s]	d [hh:mm:ss]
A-01	35,620	1h:00m:00s
A-02	497,322	0h:12m:28s
A-03	156,711	0h:30m:28s
A-04	264,481	0h:22m:58s
A-05	126,267	0h:19m:41s
A-06	73,282	0h:37m:06s
A-07	127,898	0h:14m:60s
A-08	319,007	0h:12m:26s
A-09	21,497	0h:10m:59s
A-10	336,776	0h:18m:48s
A-11	293,307	0h:16m:35s
A-12	221,190	0h:20m:38s
A-13	118,051	0h:20m:28s
A-14	184,841	0h:26m:40s
A-15	526,429	0h:15m:56s
A-16	83,258	0h:10m:59s
A-17	686,883	0h:13m:00s
A-18	162,891	0h:19m:56s
A-19	12,159	0h:03m:53s
A-20	94,291	0h:19m:41s
A-21	108,770	0h:19m:41s
A-22	119,211	0h:24m:35s
A-23	209,735	0h:21m:31s

Tabella 16: portate attese in rete nel corso dell'evento di pioggia atteso con tempo di ritorno di 100 anni, nei tronchi che compongono la rete asservita alla macro-zona scolante "A"

zona scolante	portata	durata critica di pioggia
n	Q [l/s]	d [hh:mm:ss]
A-24	189,505	0h:20m:17s
A-25	18,689	0h:05m:45s
A-26	69,401	0h:05m:45s
A-27	75,851	0h:31m:04s
A-28	17,387	0h:34m:39s
A-29	184,719	0h:57m:12s
A-30	141,863	0h:34m:03s
(bacino naturale) RIM-03	920,116	0h:59m:60s
(bacino naturale) RIM-04/c	238,634	0h:59m:60s
A-30+29	319,965	0h:49m:12s
A-30+29+28	336,828	0h:48m:27s
RIM-04/c + A-27	308,394	0h:59m:60s
RIM-04/c + A-30+29+28+27	635,928	0h:59m:60s
RIM-04/c + A-30+29+28+27+26	674,214	0h:58m:34s
A-22+21	225,339	0h:22m:42s
A-22+21+20	314,824	0h:22m:51s
A-23+22+21+20	514,340	0h:23m:53s
A-24+23+22+21+20+19	699,513	0h:24m:0s
A-24+23+22+21+20+19+18	849,212	0h:24m:20s
A-24+...+17	1463,344	0h:21m:04s
RIM-04/c + A-30+...+26 + A-24+...+17	2025,962	0h:28m:03s
RIM-04/c + A-30+...+17	2039,125	0h:27m:53s
RIM-04/c + A-30+...+16	2106,427	0h:27m:25s
RIM-03+A-15	1305,500	0h:59m:60s
RIM-03+A-15+14	1468,292	0h:54m:07s
A-13+12	332,960	0h:21m:48s
A-13+12+11	610,553	0h:20m:56s
RIM-03+A-15+14+13+12+11	1994,966	0h:40m:6s
RIM-03+A-15+14+13+12+11+10	2283,889	0h:36m:53s
RIM-04/c + RIM-03 + A-30+...+10	4241,069	0h:34m:55s
RIM-04/c + RIM-03 + A-30+...+09	4257,045	0h:34m:50s
RIM-04/c + RIM-03 + A-30+...+08	4505,768	0h:33m:50s
RIM-04/c + RIM-03 + A-30+...+07	4606,342	0h:33m:34s
A-05+04	383,555	0h:23m:11s
A-05+04+03	532,671	0h:25m:53s
A-06+05+04+03	599,964	0h:27m:59s
A-06+05+04+03+02	1049,694	0h:21m:46s
RIM-04/c + RIM-03 + A-30+...+02	5497,209	0h:33m:12s
RIM-04/c + RIM-03 + A-30+...+01	5521,220	0h:33m:24s
RIM-04/c + RIM-03 + A + B	6536,402	0h:31m:46s

Tabella 16 (segue): portate attese in rete nel corso dell'evento di pioggia atteso con tempo di ritorno di 100 anni, nei tronchi che compongono la rete asservita alla macro-zona scolante "A"

3.4.3.3 Macro-zona scolante "B"

Con la macro-zona "B" si identifica una vasta porzione della parte di centro abitato che non rientri

nella macro-zona precedente, con la parte di centro storico gravitante attorno a via IV Novembre, e le successive espansioni addossate all'asse viario di via Cavour. Anche in questo caso, le acque meteoriche drenate vengono immesse nel reticolo idrografico di superficie in corrispondenza del torrente Marrubio, presso la sommità della scarpata degradante verso il fiume Olona.

I valori di portata calcolati sono riassunti come segue.

zona scolante	portata	durata critica di pioggia
n	Q [l/s]	d [hh:mm:ss]
B-01	420,922	0h:30m:57s
B-02	61,660	0h:10m:13s
B-03	2,907	0h:06m:54s
B-04	121,316	0h:10m:13s
B-05	52,843	0h:19m:31s
B-06	93,612	0h:35m:30s
B-05+04	169,273	0h:13m:44s
B-06+05+04	245,996	0h:24m:22s
B-06+05+04+03	248,323	0h:24m:14s
B-06+05+04+03+02	301,600	0h:22m:35s
B-06+05+04+03+02+01	702,660	0h:29m:29s

Tabella 17: portate attese in rete nel corso dell'evento di pioggia atteso con tempo di ritorno di 10 anni, nei tronchi che compongono la rete asservita alla macro-zona scolante "B"

zona scolante	portata	durata critica di pioggia
n	Q [l/s]	d [hh:mm:ss]
B-01	643,279	0h:20m:15s
B-02	94,233	0h:06m:41s
B-03	4,443	0h:04m:31s
B-04	185,403	0h:06m:41s
B-05	80,758	0h:12m:46s
B-06	143,064	0h:23m:14s
B-05+04	258,693	0h:08m:59s
B-06+05+04	375,946	0h:15m:56s
B-06+05+04+03	379,503	0h:15m:52s
B-06+05+04+03+02	460,924	0h:14m:46s
B-06+05+04+03+02+01	1073,848	0h:19m:18s

Tabella 18: portate attese in rete nel corso dell'evento di pioggia atteso con tempo di ritorno di 50 anni, nei tronchi che compongono la rete asservita alla macro-zona scolante "B"

zona scolante	portata	durata critica di pioggia
n	Q [l/s]	d [hh:mm:ss]
B-01	747,768	0h:17m:25s
B-02	109,539	0h:05m:45s
B-03	5,164	0h:03m:53s
B-04	215,518	0h:05m:45s
B-05	93,875	0h:10m:59s
B-06	166,302	0h:19m:59s
B-05+04	300,713	0h:07m:44s
B-06+05+04	437,012	0h:13m:43s
B-06+05+04+03	441,146	0h:13m:39s
B-06+05+04+03+02	535,792	0h:12m:43s
B-06+05+04+03+02+01	1248,275	0h:16m:36s

Tabella 19: portate attese in rete nel corso dell'evento di pioggia atteso con tempo di ritorno di 50 anni, nei tronchi che compongono la rete asservita alla macro-zona scolante "B"

3.4.3.4 Macro-zona scolante "C"

La macro-zona "C" identifica un'area di espansione residenziale di più recente costituzione, al margine orientale dell'abitato, asservita ad una condotta di drenaggio destinata a dispersione al suolo.

Alla macro-zona corrisponde in questo caso una unica zona scolante elementare, nella quale sono attese le portate massime riportate nella tabella che segue

zona scolante	tempo di ritorno	portata	durata critica di pioggia
n	T [anni]	Q [l/s]	d [hh:mm:ss]
C	10	109,273	0h:28m:25s
C	50	166,997	0h:18m:36s
C	100	194,123	0h:16m:00s

Tabella 20: portate attese in rete nel corso degli eventi di pioggia attesi con tempo di ritorno di 10, 50 e 100 anni, nei tronchi che compongono la rete asservita alla macro-zona scolante "C"

3.4.3.5 Macro-zona scolante "D"

La macro-zona scolante "D" corrisponde, come la precedente, ad un'area di espansione recente, con scarichi diretti al suolo.

Le portate calcolate con riferimento all'unica zona scolante elementare contemplata sono riassunte nella seguente tabella.

zona scolante	tempo di ritorno	portata	durata critica di pioggia
n	T [anni]	Q [l/s]	d [hh:mm:ss]
D	10	145,795	0h:37m:16s
D	50	222,813	0h:24m:23s
D	100	259,004	0h:20m:59s

Tabella 21: portate attese in rete nel corso degli eventi di pioggia attesi con tempo di ritorno di 10, 50 e 100 anni, nei tronchi che compongono la rete asservita alla macro-zona scolante “D”

3.4.3.6 Macro-zona scolante “E”

La macro-zona scolante “E” corrisponde alle aree situate a ridosso del centro storico, a Sud di questo, asservite ad una condotta di scolo costruita sotto al sedime stradale di via Matteotti, con recapito nel torrente n. 5, a valle del cimitero.

I valori di portata calcolati nell’unica zona scolante elementare che la compone sono sintetizzati come segue.

zona scolante	tempo di ritorno	portata	durata critica di pioggia
n	T [anni]	Q [l/s]	d [hh:mm:ss]
E	10	212,299	0h:14m:12s
E	50	324,448	0h:09m:18s
E	100	377,149	0h:07m:60s

Tabella 22: portate attese in rete nel corso degli eventi di pioggia attesi con tempo di ritorno di 10, 50 e 100 anni, nei tronchi che compongono la rete asservita alla macro-zona scolante “E”

3.4.3.7 Macro-zona scolante “F”

La macro-zona “F” corrisponde all’insediamento realizzato in località Santa Monica, asservito ad una rete di scolo che trova recapito nel torrente n. 9.

In questo ambito sono state calcolate le portate che seguono.

zona scolante	portata	durata critica di pioggia
n	Q [l/s]	d [hh:mm:ss]
F-01	34,648	1h:00m:00s
F-02	37,665	0h:26m:38s
F-03	25,307	0h:26m:38s
F-04	124,391	0h:27m:33s
F-05	48,384	0h:26m:38s
F-06	117,082	0h:27m:21s
F-07	37,922	0h:26m:38s
F-08	190,569	0h:29m:01s

Tabella 23: portate attese in rete nel corso dell’evento di pioggia atteso con tempo di ritorno di 10 anni, nei tronchi che compongono la rete asservita alla macro-zona scolante “F”

zona scolante	portata	durata critica di pioggia
n	Q [l/s]	d [hh:mm:ss]
F-07+06	152,982	0h:28m:16s
F-07+06+05	198,336	0h:29m:10s
F-07+06+05+04	314,658	0h:30m:47s
F-08+07+06+05+04	493,093	0h:32m:24s
F-08+07+06+05+04+03	515,938	0h:32m:33s
F-08+07+06+05+04+03+02	549,876	0h:32m:47s
F-08+07+06+05+04+03+02+01	581,490	0h:33m:42s

Tabella 23 (segue): portate attese in rete nel corso dell'evento di pioggia atteso con tempo di ritorno di 10 anni, nei tronchi che compongono la rete asservita alla macro-zona scolante "F"

zona scolante	portata	durata critica di pioggia
n	Q [l/s]	d [hh:mm:ss]
F-01	50,889	0h:36m:07s
F-02	57,562	0h:17m:26s
F-03	38,675	0h:17m:26s
F-04	190,103	0h:18m:02s
F-05	73,943	0h:17m:26s
F-06	178,932	0h:17m:54s
F-07	57,955	0h:17m:26s
F-08	291,239	0h:18m:59s
F-07+06	233,796	0h:18m:30s
F-07+06+05	303,110	0h:19m:05s
F-07+06+05+04	480,880	0h:20m:09s
F-08+07+06+05+04	753,575	0h:21m:12s
F-08+07+06+05+04+03	788,489	0h:21m:18s
F-08+07+06+05+04+03+02	840,354	0h:21m:27s
F-08+07+06+05+04+03+02+01	888,669	0h:22m:03s

Tabella 24: portate attese in rete nel corso dell'evento di pioggia atteso con tempo di ritorno di 50 anni, nei tronchi che compongono la rete asservita alla macro-zona scolante "F"

zona scolante	portata	durata critica di pioggia
n	Q [l/s]	d [hh:mm:ss]
F-01	59,155	0h:31m:04s
F-02	66,911	0h:14m:60s
F-03	44,957	0h:14m:60s
F-04	220,981	0h:15m:30s
F-05	85,954	0h:14m:60s
F-06	207,996	0h:15m:23s

Tabella 25: portate attese in rete nel corso dell'evento di pioggia atteso con tempo di ritorno di 100 anni, nei tronchi che compongono la rete asservita alla macro-zona scolante "F"

zona scolante	portata	durata critica di pioggia
n	Q [l/s]	d [hh:mm:ss]
F-07	67,368	0h:14m:60s
F-08	338,546	0h:16m:20s
F-07+06	271,772	0h:15m:55s
F-07+06+05	352,344	0h:16m:25s
F-07+06+05+04	558,991	0h:17m:20s
F-08+07+06+05+04	875,980	0h:18m:14s
F-08+07+06+05+04+03	916,564	0h:18m:20s
F-08+07+06+05+04+03+02	976,855	0h:18m:27s
F-08+07+06+05+04+03+02+01	1033,017	0h:18m:58s

Tabella 25 (segue): portate attese in rete nel corso dell'evento di pioggia atteso con tempo di ritorno di 100 anni, nei tronchi che compongono la rete asservita alla macro-zona scolante "F"

3.4.3.8 Macro-zona scolante "G"

Con la macro-zona scolante "G" si identifica l'area edificata esistente in località Belvedere, asservita ad una linea di scolo che trova successivamente recapito nel torrente n. 9.

Le portate calcolate con riferimento all'unica zona scolante elementare compresa nella macro-zona sono sintetizzate come segue.

zona scolante	tempo di ritorno	portata	durata critica di pioggia
n	T [anni]	Q [l/s]	d [hh:mm:ss]
G	10	311,118	0h:41m:28s
G	50	475,470	0h:27m:08s
G	100	552,701	0h:23m:21s

Tabella 26: portate attese in rete nel corso degli eventi di pioggia attesi con tempo di ritorno di 10, 50 e 100 anni, nei tronchi che compongono la rete asservita alla macro-zona scolante "G"

3.4.3.9 Macro-zona scolante "H"

La macro-zona scolante "H" identifica una parte dell'abitato di Torba, asservita ad una linea di scolo "mista" con recapito nel fiume Olona, a valle di un manufatto scolmatore.

Per la relativa zona scolante elementare si calcolano le portate che seguono.

zona scolante	tempo di ritorno	portata	durata critica di pioggia
n	T [anni]	Q [l/s]	d [hh:mm:ss]
H	10	311,118	0h:41m:28s
H	50	475,470	0h:27m:08s
H	100	552,701	0h:23m:21s

Tabella 27: portate attese in rete nel corso degli eventi di pioggia attesi con tempo di ritorno di 10, 50 e 100 anni, nei tronchi che compongono la rete asservita alla macro-zona scolante “H”

3.4.3.10 Macro-zona scolante “I”

La macro-zona scolante “I” corrisponde ad una piccola porzione dell’abitato di Torba, dotata di linea di scolo delle acque “bianche” che trova recapito nel fiume Olona, a fianco dello scarico proveniente dalla macro-zona “H”.

Si calcolano, in questo caso, le portate che seguono.

zona scolante	tempo di ritorno	portata	durata critica di pioggia
n	T [anni]	Q [l/s]	d [hh:mm:ss]
I	10	311,118	0h:41m:28s
I	50	475,470	0h:27m:08s
I	100	552,701	0h:23m:21s

Tabella 28: portate attese in rete nel corso degli eventi di pioggia attesi con tempo di ritorno di 10, 50 e 100 anni, nei tronchi che compongono la rete asservita alla macro-zona scolante “I”

3.4.3.11 Macro-zona scolante “L”

La macro-zona scolante “L” identifica un’area di recente espansione industriale, in località Biciccera, gravitante su via dei Tigli, dotata di linea di scolo delle acque “bianche” con recapito al suolo.

I parametri descrittivi dell’area portano a stimare le portate di riferimento come riassunto nella tabella che segue.

zona scolante	tempo di ritorno	portata	durata critica di pioggia
n	T [anni]	Q [l/s]	d [hh:mm:ss]
L	10	311,118	0h:41m:28s
L	50	475,470	0h:27m:08s
L	100	552,701	0h:23m:21s

Tabella 29: portate attese in rete nel corso degli eventi di pioggia attesi con tempo di ritorno di 10, 50 e 100 anni, nei tronchi che compongono la rete asservita alla macro-zona scolante “L”

3.4.3.12 Riduzione delle portate addotte allo scarico

Come sommariamente accennato in precedenza, la norma regionale che introduce per i Comuni caratterizzati da criticità idraulica “alta” o “media” la redazione dello Studio di Gestione del Rischio Idraulico impone, agli stessi Comuni, l’adozione di misure utili a ridurre le portate scaricate nel reticolo idrico di superficie, come indicato nel testo normativo, qui riportato per intero: «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, 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.»

Le esigenze indicate dalla norma possono essere soddisfatte con ricorso ad invasi di laminazione opportunamente distribuiti sul territorio comunale, in relazione all’articolazione dei bacini scolanti descritti in precedenza.

Il calcolo viene condotto assumendo a riferimento l’evento di pioggia ricorrente con tempo di ritorno 50 anni, e valutando le caratteristiche degli eventi di pioggia da considerare “critici” per ciascun sottobacino, con ricorso alle formule del metodo dell’invaso lineare, nella forma assunta nella tradizione idrologica italiana (“antico metodo italiano”, Appendice n. 4). Per ciascun bacino i cui contributi meteorici trovano recapito in un corpo idrico di superficie (nel caso in esame, i bacini corrispondenti alle macro-zone scolanti A, B, E, F, G, H ed I) viene valutata la superficie scolante impermeabile, come prodotto della superficie effettiva per il rispettivo coefficiente di deflusso, e viene imposto un limite allo scarico nella misura di 40 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile risultante.

I principali risultati dei calcoli condotti sono riassunti nella tabella che segue, ove per ciascun sottobacino con recapito nel reticolo idrografico di superficie vengono indicati:

- le rispettive dimensioni (S_i), con indicazione delle estensioni delle parti urbanizzate (S_u) e non urbanizzate (S_n);
- i valori dei coefficienti di deflusso, ϕ_i , e di invaso, w_i , adottati;
- i valori della massima portata di scarico ammessa, Q_{lim} , e della portata di piena meteorica drenata nel bacino nel corso dell’evento di riferimento, Q_p ;
- la durata dell’evento da considerare “critico” ai fini della determinazione del volume di laminazione richiesto;
- il volume di laminazione necessario per conseguire la riduzione di portata richiesta dalla norma (W).

Complessivamente, il calcolo produce esigenze di laminazione per un totale di circa 12.250 m³, asserviti a superfici impermeabili di estensione pari a circa 45 ha, con un’incidenza pari a circa 270 m³/ha.

La distribuzione dei volumi effettivamente necessari lungo lo sviluppo della rete dovrà in seguito essere oggetto di valutazione congiunta con l’Ufficio di Ambito e con il gestore di rete, secondo modalità che esulano dai limiti del presente elaborato e delle competenze stesse dell’Amministrazione Comunale.

macro- zona	superficie		coeff. di defl.		coeff. di invaso		portata limite allo scarico	portata di punta	durata evento critico	volume di invaso	
	totale	parte non urban.	parte urban.	parte non urban.	parte urban.	parte non urban.					parte urban.
	S_t	S_u	S_n	ϕ_l	ϕ_l	w_l					w_l
	[ha]	[ha]	[ha]			[l/m ²]					[l/m ²]
A+B	57,314	19,361	37,953	0,612	0,649	22,025	8,143	1458,81	2571,82	2h:37m	7219,61
E	2,227	0,873	1,355	0,480	0,754	15,000	5,374	57,62	121,23	4h:37m	998,49
F	5,789	0,000	5,789	0,550	0,650	11,000	8,000	150,52	308,07	2h:23m	1213,01
G	4,100	0,000	4,100	0,480	0,600	15,000	9,000	98,39	209,45	4h:31	1750,16
H	1,831	0,000	1,831	0,480	0,700	15,000	7,000	51,27	110,70	4h:24m	932,67
I	0,538	0,000	0,538	0,480	0,700	15,000	7,000	15,05	31,88	2h:15m	129,19

Tabella 30: valutazione sommaria delle opere necessarie alla riduzione delle portate meteoriche adottate al reticolo idrografico di superficie, ai sensi dell'art. 8, quinto comma, del testo normativo vigente in materia di invarianza idraulica ed idrologica

4 Elaborati di sintesi

4.1 Mappatura delle aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

L'insieme delle informazioni sintetizzate nei precedenti paragrafi nn. 2 e 3 confluirono in un nuovo grafico (tavola n. 8) dedicato alla rappresentazione della distribuzione delle aree allagabili censite sul territorio comunale, ciascuna con il suo grado di pericolosità.

Nel dettaglio, il nuovo grafico sintetizza le valutazioni già svolte in § 3.2 e riassunte nel grafico di tavola n. 5a, oltre che le indicazioni prodotte dalla minuziosa analisi sul reticolo minore svolta in § 3.3.

Nel grafico trovarono spazio anche le indicazioni desunte dai documenti pregressi, ed in particolare dallo studio geologico del territorio comunale redatto per conto dell'Amministrazione Comunale di Gornate Olona a cura del dott. geol. Roberto Carimati e del dott. geol. Giovanni Zaro (studio associato di geologia, Gazzada Schianno, luglio 2013), nei termini che seguono:

- nelle parti di territorio ove veniva segnalata la potenzialmente occorrenza di fenomeni di ruscellamento diffuso fu ipotizzata la possibile presenza di correnti distribuite su aree ad elevata pendenza, con scorrimento ostacolato dalla presenza della vegetazione: in tali condizioni si stimano velocità di deflusso fino a circa 0,50 m/s e tiranti modesti, configurando, secondo le convenzioni stabilite dagli allegati alla d.G.R. 30.11.2011, n. IX/2616, condizioni di pericolosità idraulica H2;
- le aree indicate come allagate in occasione di eventi alluvionali storici (periodo 1992-2002) lungo l'asta del fiume Olona risultano per lo più già trattate nello studio idraulico condotto ai sensi della d.G.R. 19.06.2017, n. X/6738, ai fini del recepimento del P.G.R.A. nello strumento urbanistico comunale; ove l'analisi abbia condotto a riconoscere l'esistenza di aree indicate

- come allagate in occasione di pregressi episodi di piena ma non soggette ad alcuna campitura nelle mappe del P.G.R.A. vennero assegnate condizioni di pericolosità marginale;
- lo stato di pericolosità idraulica di tutte le aree già indicate come storicamente soggette ad allagamenti storici per cause estranee al regime di piena del fiume Olona venne invece integralmente rivalutato con riferimento agli scenari di piena calcolati nel precedente § 3.3 e raffigurati nel grafico di tavola 6b; ove gli scenari di pericolosità idraulica paventati secondo valutazioni pregresse non abbiano trovato conferma nelle valutazioni di calcolo condotte nel corso del presente studio, alle relative aree furono comunque assegnate, a titolo cautelativo, condizioni di pericolosità almeno marginale;
 - per le aree nelle quali venivano segnalati fenomeni di spagliamento terminale di corpi idrici privi di recapito la valutazione della pericolosità idraulica discese dalla considerazione della massima portata attesa in caso di piena; in generale, le condizioni di pericolosità replicano gli scenari già descritti per il caso delle aree potenzialmente soggette a ruscellamento diffuso, con condizioni di pericolosità H2;
 - da ultimo sono state riconsiderate tutte le aree che venivano segnalate come potenzialmente soggette a ristagno prolungato a causa delle difficoltà di drenaggio: ove non interessate da altre e più rilevanti condizioni di pericolosità, a queste aree si attribuirono, utilizzando la terminologia introdotta con la d.G.R. 30.11.2011, n. IX/2616, condizioni di pericolosità idraulica H1, in relazione alla possibile formazione di lame d'acqua ferma, caratterizzate da spessori sul suolo di pochi centimetri.

La distribuzione delle aree allagabili, così come la valutazione delle condizioni locali di pericolosità idraulica, potrà eventualmente essere soggetta a revisione qualora, a seguito della disponibilità di un rilievo completo della rete comunale di scolo, sarà possibile accertare il comportamento di questa nel corso degli eventi meteorici assunti a rappresentazione degli scenari di piena richiesti dalla normativa.

4.2 Mappatura delle condizioni di rischio idraulico

Alla distribuzione delle condizioni di pericolosità idraulica individuate nel territorio comunale e descritta nel grafico di tavola n. 8 corrisponde la distribuzione delle condizioni di rischio descritta nel grafico di tavola n. 9.

A commento del grafico, si ritiene di evidenziare come gli scenari caratterizzati da condizioni di rischio più elevate siano tutti concentrati in fondovalle, lungo l'asta del fiume Olona e nell'area di via primo Maggio interessata da possibili divagazioni del torrente n. 5, in relazione alla insufficienza della relativa tombinatura.

Per il resto, le condizioni di rischio legate al regime idraulico dei torrenti occasionali afferenti al reticolo minore appaiono ovunque abbastanza modeste.

Come per il caso della pericolosità, anche la distribuzione delle condizioni di rischio potrà eventualmente subire modifiche a seguito della valutazione dettagliata del comportamento della rete fognaria in caso di piena.

4.3 Mappatura delle aree non idonee alla infiltrazione al suolo

4.3.1 Generalità

La terza, ed ultima, tavola di sintesi viene compilata in adempimento a quanto stabilito all'art. 14, comma 7, lettera a), punto 6-bis, del testo normativo regionale in materia di invarianza idraulica ed idrologica.

In linea di principio, la dispersione al suolo deve essere considerato il metodo di smaltimento delle acque meteoriche che meglio riproduce il naturale percorso di queste, ed in quanto tale dovrebbe costituire strumento principe ai fini dell'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica fra i rispettivi stati ante e post-urbanizzazione.

Il Regolamento individua, tuttavia, una serie di casi nei quali le differenze – che ovviamente permangono – fra processo naturale e processo governato da strutture antropiche rendono sconsigliabile la dispersione delle acque di pioggia al suolo, in relazione a criteri che attengono alla affidabilità del sistema di smaltimento ed alle esigenze di tutela della qualità delle acque sotterranee.

In particolare, l'infiltrazione viene generalmente sconsigliata:

- aree caratterizzate da falda sub-affiorante;
- aree con terreni a bassa permeabilità;
- zone instabili o potenzialmente instabili;
- zone suscettibili alla formazione, all'ampliamento o al collasso di cavità sotterranee;
- aree caratterizzate da alta vulnerabilità della falda acquifera;
- aree con terreni contaminati.

Nel caso del comune di Gornate Olona, le caratteristiche geologiche del territorio lasciano supporre che l'infiltrazione delle acque di scorrimento superficiale nel suolo sia in generale processo destinato a svolgersi con una certa difficoltà, a causa della natura del suolo, che quasi ovunque presenta caratteristiche di scarsa permeabilità e della soggiacenza della falda, che in diversi casi deve essere ritenuta piuttosto vicina al piano campagna. Nondimeno, si ritiene necessario favorire in ogni caso tale tipologia di recapito, in tutti i casi in cui si riveli impossibile lo scarico in corpo idrico di superficie. Diversamente, tutti i processi di nuova urbanizzazione finirebbero per gravare unicamente sulle reti urbane di scolo delle acque, con grave pregiudizio, in caso di reti di fognatura "miste", dell'efficienza dei processi di depurazione finale.

Per le finalità di cui sopra, il presente documento non si limita ad individuare la potenziale presenza dei fattori limitanti l'infiltrazione suggeriti dal testo normativo, ma si spinge a definire, per ciascuna casistica, quali debbano essere le condizioni da rispettare affinché l'infiltrazione sia al contrario consentita.

Il grafico di riferimento è costituito dalla planimetria di tavola n. 10, ove vengono individuate:

- le aree con terreni a bassa permeabilità;
- le zone instabili o potenzialmente instabili;
- le aree caratterizzate da falda sub-affiorante (assimilando sotto questa categoria anche le aree di tendenziale ristagno delle acque di superficie);
- le aree caratterizzate da alta vulnerabilità della falda acquifera;
- le aree con terreni potenzialmente contaminati,

ottenute incrociando fra loro i dati delle tavole da n. 1 a n. 4 elaborate nell'ambito del presente studio.

Ove si sovrappongano due o più elementi fra quelli sopra elencati che rendano inidoneo il suolo alla dispersione per infiltrazione, il recapito delle acque meteoriche al suolo o nel sottosuolo deve essere valutato con estrema attenzione.

Per tutti gli altri casi valgono invece le indicazioni di dettaglio contenute nei paragrafi che seguono.

4.3.2 Aree con terreni a bassa permeabilità

Coincidono con le aree caratterizzate da valori di permeabilità da molto bassa a bassa, come indicate nello studio geologico del territorio comunale. La dispersione per infiltrazione in generale non è ammessa, a meno che il progetto delle relative opere non sia accompagnato da uno studio geologico locale di dettaglio, corredato di prove infiltrometriche condotte secondo le indicazioni contenute nell'Allegato F al Regolamento, che dimostri:

- l'esistenza locale di orizzonti caratterizzati da permeabilità sensibilmente superiore a quella stimata, in sede di redazione delle tavole compilate a seguito dello studio geologico del territorio comunale;
- l'esistenza di condizioni locali che consentano la sostenibilità dello smaltimento per infiltrazione, individuando le modalità ed i tempi di svuotamento degli acquiferi caricati durante gli eventi di pioggia a causa della presenza delle opere di dispersione ipotizzate.

4.3.3 Zone instabili o potenzialmente instabili

Si tratta delle zone corrispondenti ad aree interessate da fenomeni franosi di qualsiasi grado, secondo quanto riportato nei grafici allegati allo studio geologico del territorio comunale.

In questo caso, il progetto delle opere che garantiscano la piena dispersione delle acque meteoriche di progetto deve essere corredato da uno studio idrogeologico che individui gli orizzonti destinati a ricevere i volumi di acqua dispersi nel suolo, nei quantitativi di progetto, e che consenta la valutazione della stabilità del versante, nello scenario corrispondente alla realizzazione delle opere di dispersione in progetto, e con il grado di saturazione dei terreni prodotto dalla dispersione dei volumi idrici di progetto.

4.3.4 Aree caratterizzate da falda sub-affiorante

In questo caso, la delimitazione segue la caratterizzazione operata in sede di redazione dello studio geologico del territorio comunale, e comprende le aree ove la profondità della prima falda sia stata stimata in meno di 5,00 m dal piano campagna (10,00 m, ma con possibile occorrenza di aree con falda a profondità inferiore, nel pianalto ove sorge l'abitato di Gornate Olona).

In generale, le opere di dispersione al suolo debbono essere considerate sicure se fra il fondo dei manufatti deputati alla dispersione idrica ed il piano di falda, valutato in corrispondenza del suo massimo stagionale, si può misurare un dislivello non inferiore a 2,00 m. Si tratta di un valore idoneo sia a garantire che l'opera, concepita come disperdente, non finisca, in talune condizioni, a fungere da opera di captazione delle acque sotterranee, sia ad assicurare, in qualsiasi condizione di funzionamento, l'esistenza di uno strato filtrante di apprezzabile spessore, interposto fra il fondo dell'opera di dispersione e la superficie di falda.

Fatta questa premessa, le opere di dispersione al suolo possono essere considerate ammissibili nelle aree indicate come sede di falda sub-affiorante solo qualora il relativo progetto sia corredato di una indagine idrologica, supportata da una serie di osservazioni di sufficiente ampiezza temporale, atta a dimostrare la sussistenza delle condizioni di sicurezza sopra sommariamente descritte.

4.3.5 Aree caratterizzate da alta vulnerabilità della falda acquifera

Per le finalità del presente elaborato, tali aree corrispondono alle zone di rispetto delle opere di captazione ad uso idropotabile, stabilite con criterio geometrico o temporale (per il solo pozzo “Torba 2”, disposto in valle Olona, in prossimità della località cascina Tuss) e riportate nello strumento urbanistico vigente.

In ali condizioni la dispersione per infiltrazione non è mai ammessa.

4.3.6 Aree con terreni potenzialmente contaminati

I terreni contaminati vengono esclusi dall’ambito delle aree ove sia consentita la dispersione al suolo, in ragione della possibilità che i flussi sotterranei indotti dalla dispersione possano rimobilizzare gli inquinanti ivi trattenuti.

A seguito dell’indagine svolta, il solo sito fonte di potenziale contaminazione all’interno del territorio comunale venne individuato a Sud di Torba, presso il confine comunale (area ex Italtubi S.p.A.). Oltre a questo, si possono comunque identificare aree che, in ragione delle destinazioni d’uso attuali o trascorse, suggeriscono come opportuna l’adozione di cautele particolari nella progettazione di opere di dispersione al suolo, secondo la divisione che segue:

- aree urbanizzate prive di rete dei scolo delle acque “nere”: il fattore di rischio per la qualità delle acque sotterranee è legato alla probabile diffusione di fosse “Imhoff” deputate al trattamento dei liquami; la dispersione per infiltrazione è fortemente sconsigliata
- aree adibite all’esercizio di attività produttive: in caso di aree produttive dismesse e convertite ad altri usi, il progetto di eventuali progetti di opere di dispersione al suolo dovrà comprendere lo studio dei possibili meccanismi di contaminazione dei suoli, in relazione alla storia produttiva del sito, e l’acquisizione delle risultanze dell’eventuale piano di caratterizzazione ivi condotto; in caso di attività ancora in esercizio, il piano di gestione e manutenzione delle opere di infiltrazione (previsto all’art. 11, comma 2, lettera c), punto 5 del Regolamento) dovrà indicare gli accorgimenti da porre in atto per scongiurare che sversamenti accidentali di materiali pericolosi possano in alcun modo raggiungere le opere stesse;
- aree adibite a produzione agricola o zootecnica: per aree di questo tipo i fattori di rischio sono legati alla possibile presenza sul suolo ed alla possibile percolazione nei primi strati del sottosuolo di deiezioni animali o di sostanze di uso comune in agricoltura (fertilizzanti, fitofarmaci, rame, ...); il progetto di eventuali progetti di opere di dispersione al suolo dovrà qui comprendere lo studio dei possibili meccanismi di contaminazione dei suoli, in relazione alla storia produttiva e colturale; dovrà inoltre prevedere una rigida compartimentazione delle aree, in modo da escludere dai bacini scolanti afferenti alle opere di dispersione tutte le aree che presentino possibili focolai di inquinamento del suolo;
- aree interessate da riporti di materiale, rilevati antropici: in aree di questa natura la possibile fonte di contaminazione delle acque di dilavamento della superficie del suolo è costituita dal suolo stesso e dalla sua eterogeneità; i progetti delle eventuali opere di dispersione dovranno comprendere idonee indagini atte ad acquisire completa cognizione della natura dei riporti e della loro qualità.

5 Attuazione delle politiche di invarianza a scala comunale

5.1 Introduzione e linee guida

In sintesi, l'analisi svolta nei paragrafi che precedono, come riassunta nel grafico di tavola n. 8, fa emergere un territorio comunale caratterizzato da rilevanti capacità di invaso, non concentrate, come spesso accade, nelle aree di fondovalle a maggiore pericolosità idraulica, lungo le sponde del fiume Olona, ma diffuse anche nei terrazzi morfologici che bordano la valle.

Ove non costituiscano danno o pericolo per le attività antropiche, gli invasi diffusi nel territorio debbono essere considerati come utili opportunità, al fine di contenere i danni alluvionali nelle parti di territorio caratterizzate da maggior grado di pericolosità idraulica.

Oltre alla diffusa capacità di invaso, l'assetto idraulico locale si caratterizza per la rilevanza che localmente assumono i tratti coperti di alcuni corpi idrici di superficie (in particolare, quello ove trova recapito il torrente n. 3, confluendo nella rete di fognatura comunale, quello che ospita il corso del torrente Marrubio, nel tratto di attraversamento urbano, e quello realizzato lungo il corso del torrente n. 5, in corrispondenza del sottopasso di via primo Maggio), e per la frequente presenza di aree di ruscellamento diffuso. Il sottopasso di via primo Maggio, in particolare, si rivela gravemente insufficiente anche a fronte di una indagine speditiva come quella condotta nei paragrafi che precedono.

In questi casi, si impone la verifica delle condizioni di rischio potenzialmente indotte da una eventuale insufficienza di deflusso, ed i possibili pregiudizi che da queste possono derivare per le attività antropiche.

5.2 Misure strutturali

5.2.1 Definizione normativa

Le tipologie di misure strutturali ai fini dell'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica su scala urbanistica vengono indicate all'art. 14 del Regolamento (Modalità di integrazione tra pianificazione urbanistica comunale e previsioni del piano d'ambito, al fine del conseguimento degli obiettivi di invarianza idraulica e idrologica), in particolare al comma 7, lettera a), punto 5. Essi debbono essere riferiti sia alla parte già urbanizzata del territorio comunale, sia agli ambiti di nuova trasformazione, e possono comprendere vasche di laminazione (con o senza disperdimento in falda), vie d'acqua superficiali per il drenaggio delle acque meteoriche eccezionali, e via dicendo. Fra le misure strutturali debbono essere considerati, ove dovuti, gli interventi di adeguamento degli scarichi provenienti dalle pubbliche reti di scolo, riferite a sfioratori di piena (in caso di reti fognarie unitarie) o da terminali di scarico delle reti "bianche", secondo quanto indicato all'art. 8, quinto comma, del Regolamento.

In linea generale, le misure a carattere strutturali possono per comodità espositiva e di individuazione essere ripartite secondo criteri di affinità disciplinare, come segue:

- misure riferite al reticolo idrografico di superficie;
- misure riferite alla rete artificiale di scolo;
- misure puntali di dettaglio da realizzare parallelamente alle trasformazioni programmate sul

territorio comunale, secondo le indicazioni dello strumento urbanistico vigente.

5.2.2 Misure inerenti la gestione del reticolo idrografico di superficie

Secondo quanto sopra indicato, l'attività dell'Amministrazione Comunale, a riguardo del reticolo idrografico minore di propria competenza, deve essere rivolta a tre obiettivi:

- intervenire a regimare i flussi incontrollati di versante;
- tutelare (o ripristinare, ove questa sia stata compromessa) la capacità di scolo degli alvei;
- verificare il grado di sicurezza che caratterizza le tombinature esistenti.

Con riferimento al primo tema, si ritiene che l'obiettivo possa essere conseguito con interventi diffusi sui versanti, in modo particolare in corrispondenza delle opere già eseguite ai fini del controllo dell'erosione e di sostegno e consolidamento dei versanti in frana, opere che dovranno essere oggetto di costante monitoraggio e manutenzione.

Per quanto invece riguarda il secondo tema, si suggerisce l'esecuzione di un programma di monitoraggio degli alvei, finalizzato ad assicurare le necessarie operazioni di pulizia, in corrispondenza di sezioni notoriamente soggette ad accumulo di materiale. Da questo punto di vista, i corpi idrici che sembrano necessitare le maggiori attenzioni sono quelli individuati ai numeri 2 (per assicurare una costante pulizia dei numerosi tratti intubati) e 3 per il controllo della piena efficienza della griglia posta a protezione dell'imbocco della tombinatura).

In corrispondenza delle principali tombinature, oltre al monitoraggio pare necessaria l'esecuzione di una campagna di indagini volta al completamento del quadro cognitivo, comprendente:

- il rilievo completo dei manufatti interrati, con particolare riferimento alle tombinature di recapito dei torrenti nn. 3 e 4, alla tombinatura realizzata a collegamento fra i torrenti nn. 4 e 5, con funzioni di diversione delle portate di piena, ed alla condotta che origina dal manufatto di recapito delle portate veicolate dal torrente valle Scura (n. 14);
- la caratterizzazione idraulica di questi, con individuazione delle condizioni di moto destinate ad instaurarsi all'interno dei condotti;
- la eventuale programmazione di interventi di adeguamento e/o di riduzione delle portate affluenti.

In ordine di priorità, gli interventi di adeguamento dovranno riguardare:

- la tombinatura di via primo Maggio (ove si può sin d'ora ipotizzare la sostituzione integrale del manufatto, con nuova condotta di diametro approssimativamente pari ad almeno 120 cm);
- l'attraversamento della S.P. 42 da parte del torrente n. 6 (ove è pure ipotizzabile il rifacimento dell'attraversamento, con impiego di condotti di diametro pari ad 80 cm);
- l'attraversamento della pista ciclopedonale da parte del torrente Marrubio;
- le strutture murarie del cunicolo di attraversamento della pista ciclopedonale da parte del torrente val Dessera.

5.2.3 Misure di adeguamento della rete urbana di scolo

Nel caso del comune di Gornate Olona, la rete urbana di scolo appare abbastanza strettamente connessa al reticolo idrografico di superficie, soprattutto per via dell'accertato recapito entro la rete di scolo di via Campi Aperti delle acque provenienti da parte del versante che risale verso cascina Martina. In assenza di elementi specifici di criticità cui dare maggiore priorità (non emersi nel corso dell'indagine), le esigenze di conoscenza e di caratterizzazione idrologica della rete espresse nel paragrafo che precede debbono essere considerate *tout-court* valevoli anche per la rete

artificiale di scolo, con particolare riferimento al bacino afferente allo scarico in torrente Marrubio esistente presso via Cavour.

Con riferimento al tema, ulteriori valutazioni potranno essere espresse quando sarà possibile eseguire uno studio completo del funzionamento della rete di scolo.

5.2.4 Misure di dettaglio concepite per gli ambiti di nuova trasformazione

5.2.4.1 Elenco degli ambiti di trasformazione previsti negli strumenti urbanistici vigenti

Gli elaborati del vigente Piano di Governo del Territorio articolano le proposte di trasformazione del territorio in aree di trasformazione, aree di completamento urbano ed aree di riqualificazione urbana. L'elenco delle aree di trasformazione indicate nel Documento di Piano comprende:

- area di trasformazione AT1 – Biciccerà Nord
- area di trasformazione AT3 – Torba Nord
- area di trasformazione AT4 – Torba Sud
- area di trasformazione AT5-1 – Torba Est 1
- area di trasformazione AT5-2 – Torba Est 2
- area di trasformazione AT6 – via delle Industrie
- area di trasformazione AT7 – Gornate Est.

Accanto a queste, il Piano delle Regole individua due aree di completamento, disciplinate dall'art. 109 del Piano delle Regole (a Nord di via Montello e ad Ovest di via Manzoni, non lontano dal confine comunale) e sei aree di riqualificazione, regolate dall'art. 110 (corrispondenti per lo più ad insediamenti produttivi di piccole dimensioni, inseriti in contesti che presentano con questi scarsa affinità tipologica).

Alla data di redazione del presente elaborato, le trasformazioni previste per l'area AT5-1 sono già compiute. I paragrafi che seguono contengono, ove pertinenti, le misure strutturali per l'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica individuate specificamente per ciascuno degli altri ambiti sopra elencati. Se pertinente e necessario, tali misure potranno trovare posto fra i contenuti previsti per le rispettive convenzioni.

5.2.4.2 Area AT1 – area di trasformazione Biciccerà Nord

La trasformazione urbanistica insiste (figura n. 60) sul sedime di un insediamento produttivo dismesso, esteso su 23.400 m², in area a pericolosità idraulica nulla, ed è finalizzata al recupero urbanistico e funzionale dell'area, mediante il prevalente insediamento di spazi abitativi (fino al 70% di SLP), con aggiunta minoritaria di volumi destinati all'esercizio di attività economiche di piccola dimensione (artigianato o terziario), oltre che alla revisione locale della rete stradale, con creazione di un nuovo collegamento stradale tra via dei Platani e via Asiago (in territorio di Castiglione Olona).

Presumibilmente, le opere saranno accompagnate da importanti impermeabilizzazioni, anche nelle parti che saranno poi oggetto di cessione al pubblico (strade, parcheggi).

La trasformazione interesserà suoli a permeabilità da media a bassa, lontana dal reticolo idrografico di superficie, ad oggi non servita, se non in parte, da pubblica rete di scolo per i liquami, e priva di rete per l'allontanamento delle acque meteoriche. Verso Sud, a breve distanza dai limiti del comparto, si evidenzia la presenza di un'area vincolata per presenza di un'opera di captazione ad uso idropotabile.

Ad oggi, l'area non presenta alcun carattere di vulnerabilità di natura idraulica o a questa attinente.

Il fattore limitante alla sua trasformazione è qui da ricercare nella compresenza di diversi fattori che tenderebbero a limitare lo smaltimento delle acque al suolo, unita alla assenza di una rete di scolo di acque meteoriche e alla mancata disponibilità di elementi del reticolo idrografico di superficie.

In area non lontana e non dissimile dal punto di vista della geologia (zona industriale di via dei Tigli) il problema del drenaggio delle acque meteoriche venne affrontato con individuazione di un'area idonea alla dispersione, alla quale far confluire le condotte di drenaggio disposte sotto alla sede stradale. Pur con tutte le cautele dovute in area a permeabilità non elevata, con suoli potenzialmente contaminati da attività produttive pregresse e da assenza di rete di raccolta dei liquami, ed in presenza di vincoli di tutela poco fuori dai margini dell'intervento, si ritiene che tale modello possa essere adottato anche nell'area in esame, sfruttando a tal fine le porzioni di territorio interne all'ambito e sino ad oggi escluse dai processi di urbanizzazione e sfruttamento antropico, e previa assunzione di tutte le informazioni geologiche ed idrogeologiche di dettaglio atte a garantire uno scarico efficiente e privo di effetti negativi sulla qualità delle acque sotterranee.

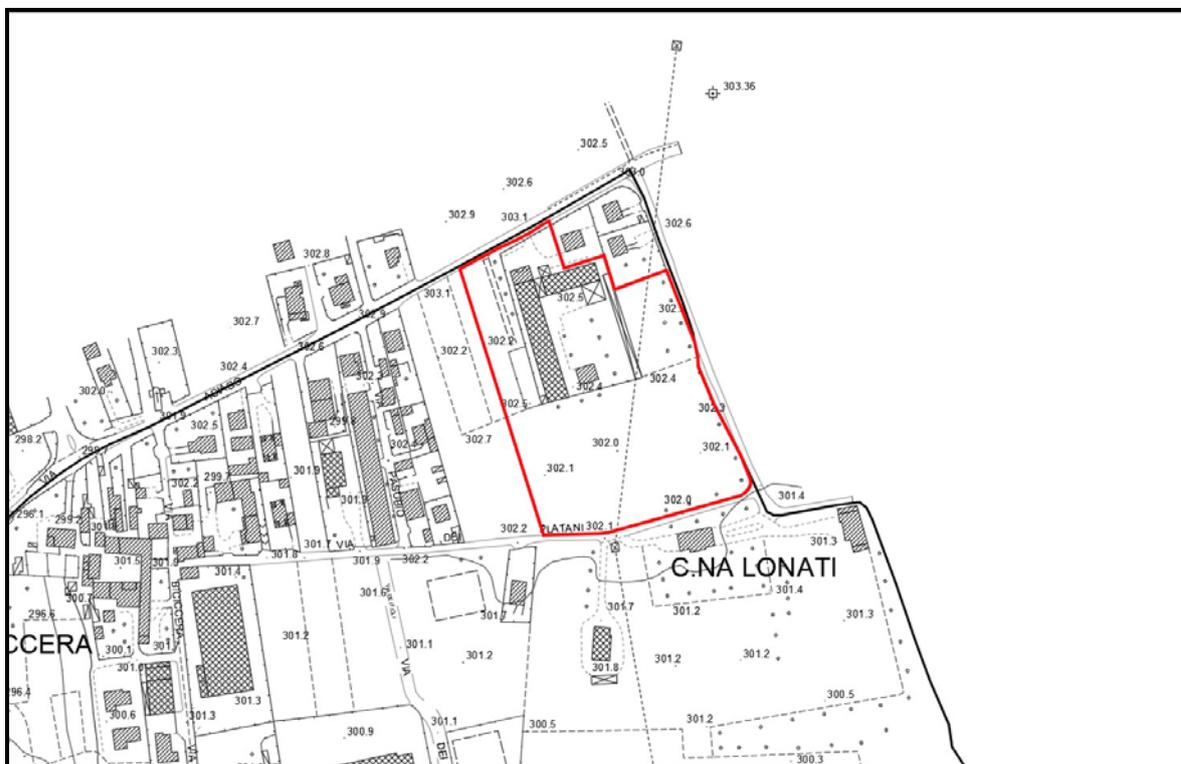


Figura 60: individuazione del perimetro dell'area di trasformazione AT1 su stralcio dalla base aerofotogrammetrica comunale (rappresentazione in scala 1:5.000)

5.2.4.3 Area AT3 – area di trasformazione Torba Nord

L'area di trasformazione AT3 (figura n. 61) è riferita ad un lotto di circa 21.400 m², oggi occupato dai resti di una attività produttiva da tempo dismessa, da trasformare con finalità di supporto alla fruizione dei siti UNESCO di Torba e Castelseprio, in area caratterizzata da pericolosità idraulica marginale. Nel dettaglio, si prevedono insediamenti misti per residenza, per pubblici esercizi e per attività terziarie e ricettive, sfruttando gli stabili esistenti (che potranno peraltro essere demoliti e ricostruiti, nel rispetto delle sagome e delle tipologie originarie), con nuovi parcheggi nella misura del 50% della SLP ammessa (da realizzare per una frazione in interrato), e con contestuale

la quota di dispersione ed il piano di falda, con possibile pregiudizio per la qualità delle acque destinate a raggiungere gli strati profondi del suolo.

Si suggerisce di realizzare linee di scolo delle acque meteoriche con direzione Nord-Sud, con scarico nel torrente Vallone, in corrispondenza del limite meridionale dell'area di intervento.

5.2.4.4 Area AT4 – area di trasformazione Torba Sud

Il progetto di trasformazione previsto dallo strumento urbanistico vigente prevede il recupero dell'area industriale dismessa oggi insistente su un sedime di circa 5.400 m² (figura n. 62), con un nuovo insediamento a funzione prevalentemente (ma non totalmente) residenziale, con spazi per attività terziarie o produttive (artigianali) o altro, a completamento del tessuto insediativo, e con realizzazione di uno spazio pubblico aperto, a verde, attorno al quale affacciare gli spazi con funzioni differenti da quella residenziale. Il tutto, con edifici tipologicamente affini a quelli esistenti, eventualmente reinterpretati in chiave moderna.

La trasformazione sarà completata con l'inserimento di una fascia verde ad Ovest dell'insediamento, a proposizione di una graduale transizione alle aree naturali poste a Sud, con previsione, all'interno di questa, di un percorso pedonale.

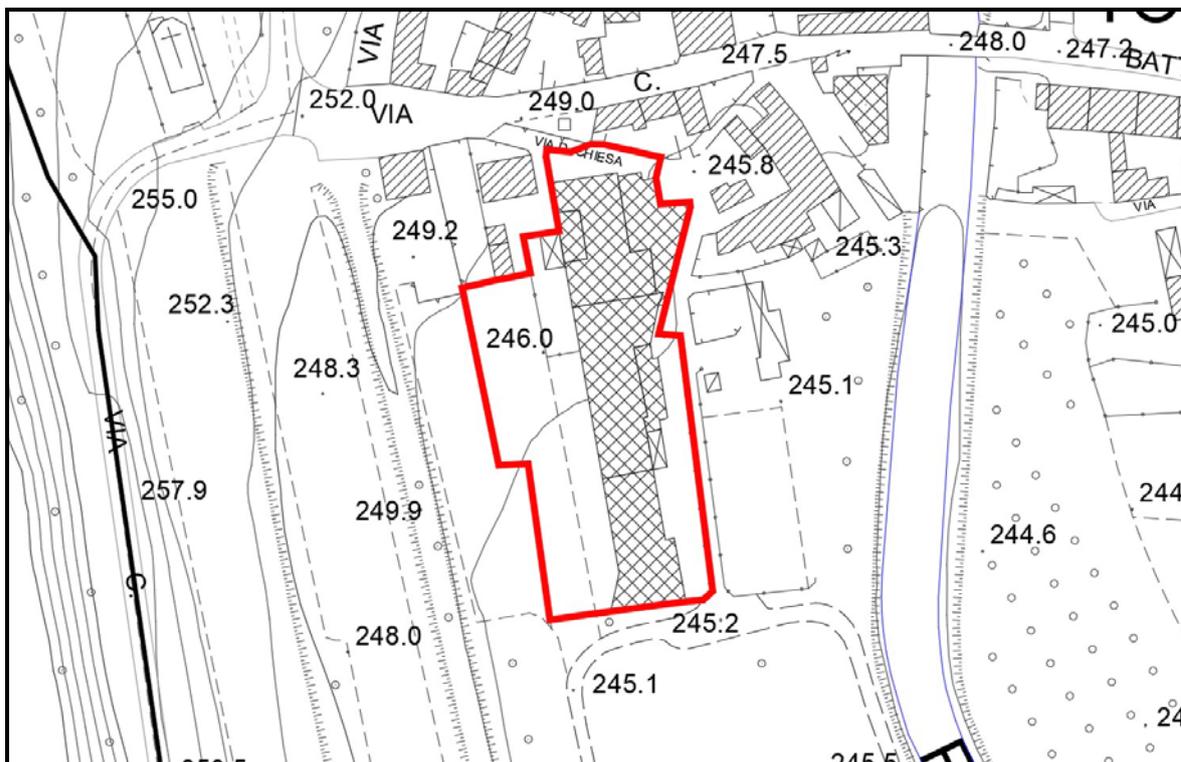


Figura 62: individuazione del perimetro dell'ambito di trasformazione AT4 su stralcio dalla base aerofotogrammetrica comunale (rappresentazione in scala 1:2.000)

Il comparto interessa suoli con permeabilità da media ad alta, in area con falda a bassa soggiacenza, interessata marginalmente da alluvioni del fiume Olona (condizioni di pericolosità marginale). Verosimilmente, le condizioni ambientali renderanno qui non perseguibile la dispersione delle acque meteoriche drenate per infiltrazione, ed il recapito finale di queste, a valle dei sistemi di laminazione previsti dalla norma, sarà qui costituito dalla rete di fognatura "bianca" esistente, senza necessità di opere aggiuntive. La trasformazione dovrà essere condotta assumendo le

informazioni relative alle condizioni di rischio idraulico sussistenti, come già individuate nella previgente pianificazione di bacino, individuando preventivamente la quota locale di massimo allagamento e prevedendo idonei sistemi di difesa delle attività antropiche destinate ad occupare l'area.

5.2.4.5 Area AT5-2 – area di trasformazione Torba Est 2

L'area di trasformazione AT5 insiste su un sedime di 35.700 m² corrispondente ad una parte dell'area estrattiva da tempo attiva a Torba (figura n. 63).

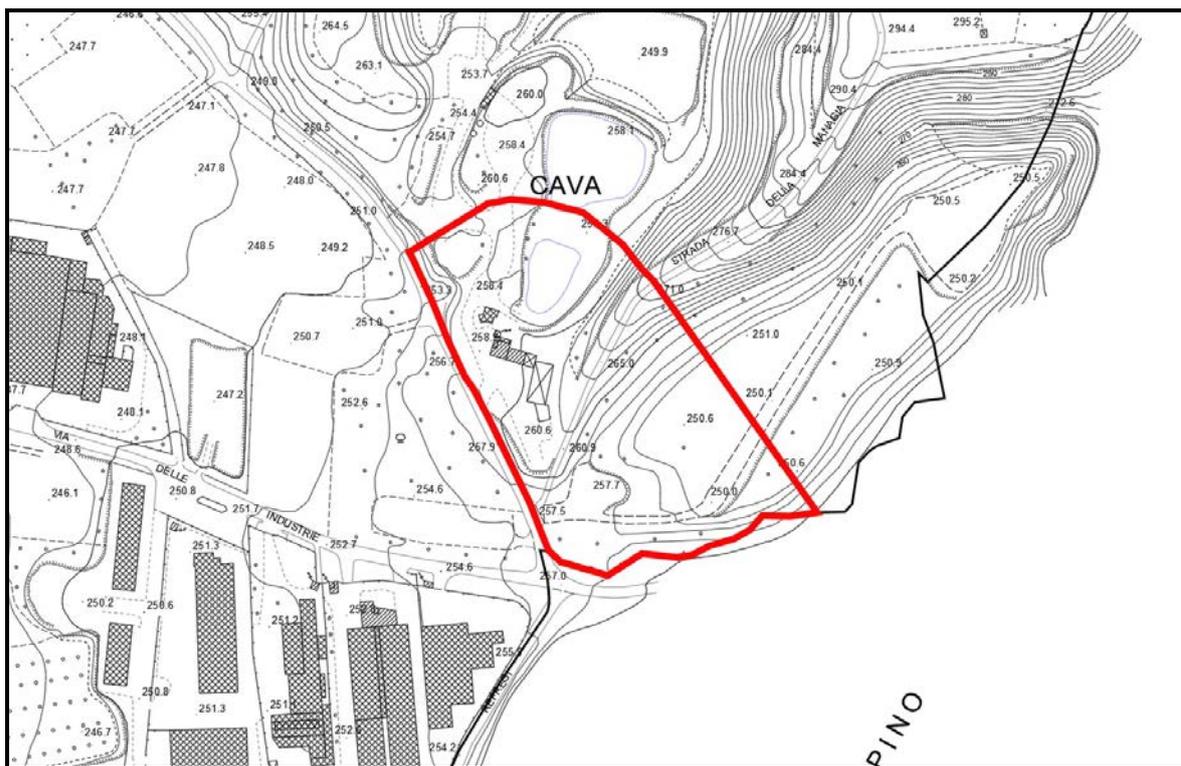


Figura 63: individuazione del perimetro dell'ambito di trasformazione AT5-2 su stralcio dalla base aerofotogrammetrica comunale (rappresentazione in scala 1:5.000)

La trasformazione ha lo scopo di avviare a recupero l'area, con realizzazione di un insediamento destinato ad attività economiche. In dettaglio, per l'area di cava inserita nell'ambito di cui trattasi è previsto il ripristino morfologico corrispondente all'epoca antecedente lo sfruttamento della cava, con impianto di superfici boscate, mentre per le aree di cava esterne al comparto si prevede una sistemazione con morfologia pianeggiante, e successiva sistemazione superficiale idonea all'esercizio di attività agricole. Sono inoltre previste nuove infrastrutture viarie, per l'accesso da via delle Industrie e per il collegamento con assi viari di nuovo impianto connessi ad altre trasformazioni urbanistiche, in aree limitrofe.

La trasformazione in esame insiste su un'area profondamente modificata dall'esercizio di attività di cava. I suoli sono contraddistinti da permeabilità da bassa a media, con le variabilità laterali conseguenti ai riporti eseguiti durante il periodo di esercizio della cava, e vi è parziale sovrapposizione con zone vincolate per esigenze di rispetto di una captazione idrica. L'area è oggi priva di rete fognaria che possa fungere da recapito per le acque meteoriche drenate. Anche le aste appartenenti al reticolo idrografico di superficie paiono nella fattispecie essere non idonee allo scopo: il comparto è infatti lambito, al margine Sud-occidentale, in corrispondenza del confine

comunale, da un corpo idrico che anticamente confluiva in Olona, mediante uno scolo di cui (§ 3.3.13) si sono oggi perse le tracce. L'asta, ove oggi si raccolgono oggi le acque provenienti dalla strada che sale verso Tradate, termina il proprio corso in corrispondenza dell'attuale accesso all'area di cava, spagliando in superficie ovvero avviando al suolo per infiltrazione le portate raccolte, dando con ciò luogo a condizioni di pericolosità idraulica "media".

Nel quadro descritto, si ritiene che la trasformazione prospettata dallo strumento urbanistico vigente dovrà essere accompagnata dalla sistemazione del tratto terminale del fosso esistente, affinché sia garantita la necessaria efficienza di scolo. Si suggerisce, altresì, che la sistemazione morfologica del sito lasci spazio alla formazione di invasi di superficie con fondo disperdente, che – alla luce delle prescrizioni regolamentari e delle informazioni disponibili – paiono qui costituire la forma più sicura di scolo delle acque meteoriche.

5.2.4.6 Area AT6 – area di trasformazione di via delle Industrie

L'ambito AT6 riguarda un lotto di circa 10.700 m² in fregio a via delle Industrie (figura n. 64).

Obiettivo della trasformazione è la riqualificazione della sede stradale, ed il miglioramento delle aree di sosta, con realizzazione di un insediamento destinato in prevalenza ad attività economiche (terziario non commerciale o produttivo, con facoltà residua per attività di altro tipo).

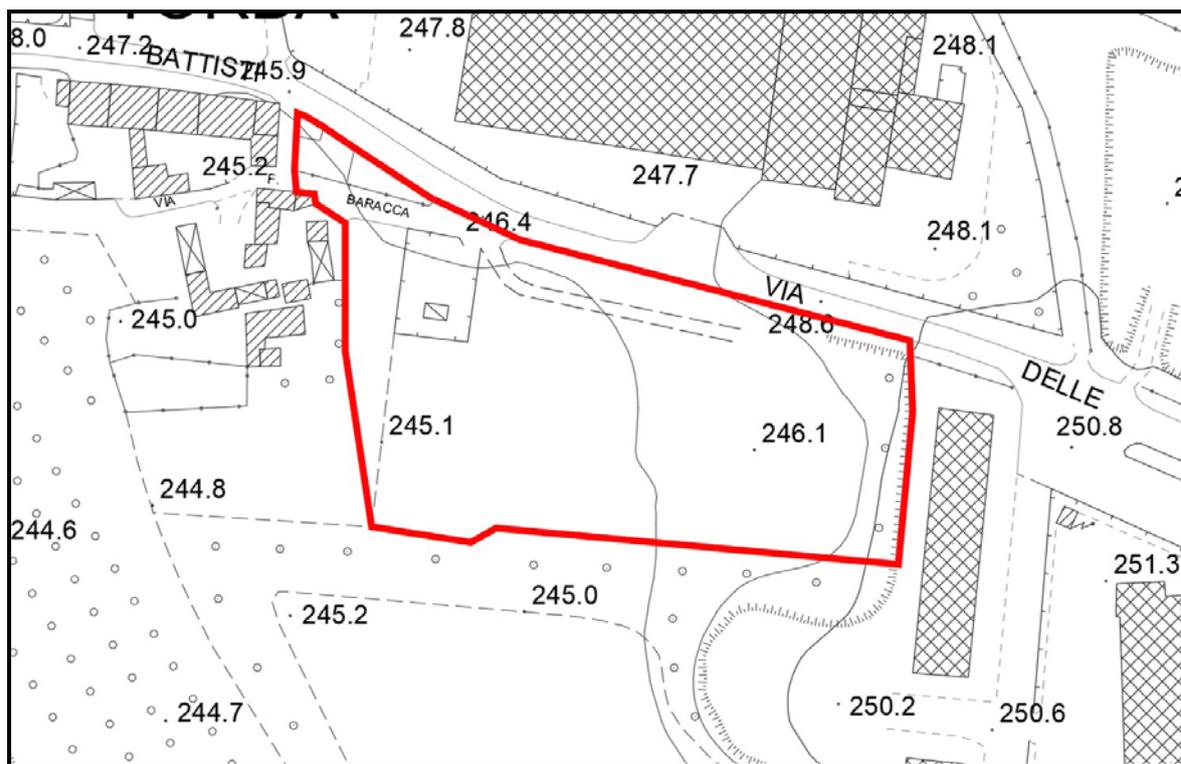


Figura 64: individuazione del perimetro dell'ambito di trasformazione AT6 su stralcio dalla base aerofotogrammetrica comunale (rappresentazione in scala 1:2.000)

L'area presenta caratteristiche analoghe a quelle già descritte a proposito dell'ambito di trasformazione AT4 (§ 4.2.4.4). Ci troviamo in area potenzialmente interessata da alluvione dell'Olona (scenario di evento raro, pericolosità marginale), su suoli con permeabilità da media ad elevata, con falda a bassa soggiacenza. La cartografia indica qui la presenza di piccoli scoli di superficie, i quali, in assenza di rete di scolo delle acque "bianche", potranno essere risagomati nell'ambito dei lavori di trasformazione urbanistica dell'area, per essere riutilizzati a fini di scolo

delle acque meteoriche prodotte dal comparto, a valle delle opere di laminazione previste dal Regolamento regionale.

Con riguardo alla sicurezza idraulica dei nuovi insediamenti, si rileva che eventuali movimenti di terra necessari ai fini della definizione di una quota di imposta dei nuovi fabbricati superiore al livello di massima piena potranno in generale essere tollerati se rispettosi del principio di equivalenza delle capacità complessive di invaso dell'area, e se eseguiti in maniera tale da non modificare il regime idraulico delle aree allagabili.

5.2.4.7 Area AT7 – area di trasformazione Gornate Est.

L'ambito in questione interessa un'area libera a ridosso del centro di Gornate, di estensione approssimativa pari a 7.200 m², come individuato in figura n. 65. Il vigente strumento urbanistico prevede in questo caso la realizzazione di agglomerato residenziale di modeste dimensioni e di elevata qualità, con contestuale realizzazione della viabilità di collegamento alla rete stradale esistente (via Mastri Muratori e via Cavour) e con acquisizione al patrimonio comunale di aree verdi, da destinare in futuro a nuovi servizi.

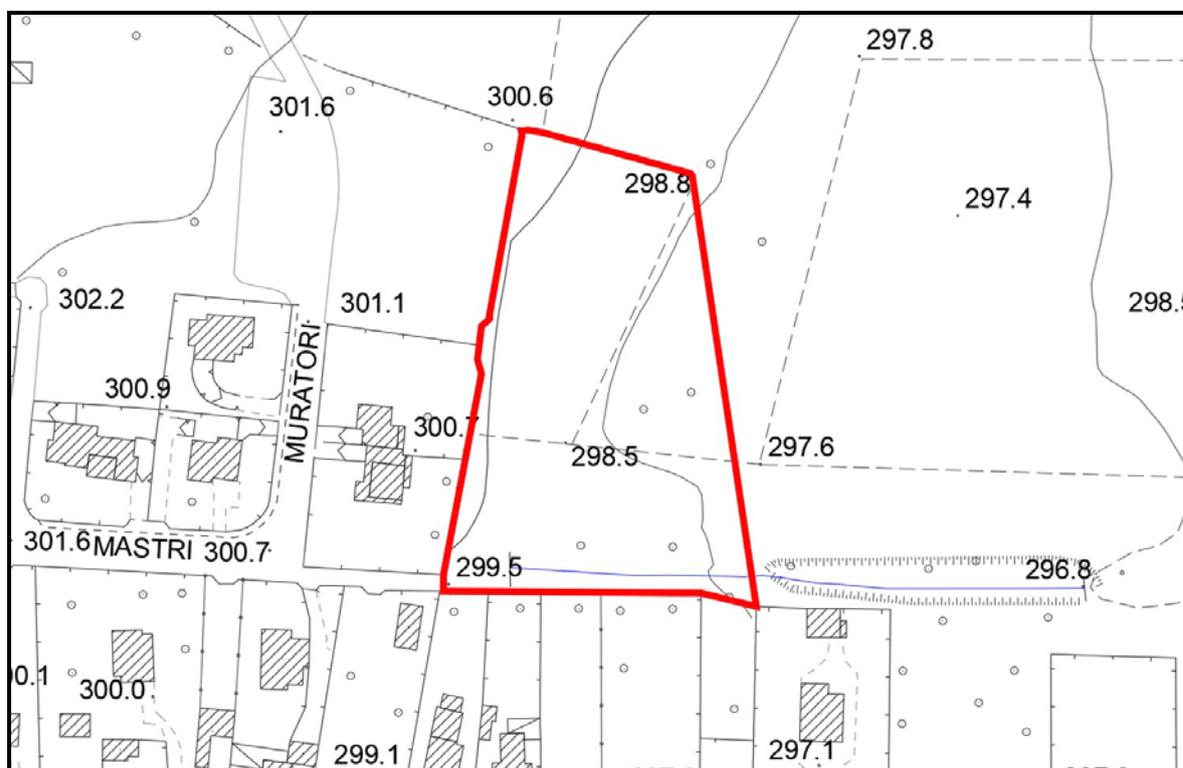


Figura 65: individuazione del perimetro dell'ambito di trasformazione AT7 su stralcio dalla base aerofotogrammetrica comunale (rappresentazione in scala 1:2.000)

L'area, che si trova in stato di completa naturalità, insiste sul corso (da tempo intubato) del torrente Marrubio, il cui corso è evidenziato da una piccola depressione avente direzione parallela a quella dei condotti. I valori di permeabilità terreni sono compresi nel range da basso a medio, con possibile presenza di falda a bassa soggiacenza. L'area non presenta rischi di sorta né per quanto concerne la stabilità dei suoli, né per quanto riguarda eventi alluvionali.

Le descrizioni riportate nelle schede del vigente P.G.T. lasciano supporre impermeabilizzazioni complessivamente modeste, e le conseguenti maggiori portate di scolo potranno trovare

agevolmente recapito nella roggia esistente, alla quale, nell'ambito degli obiettivi di valorizzazione dei caratteri paesaggistici ed ambientali della roggia esistente, potranno eventualmente essere associati piccoli invasi di superficie, ricavati nelle depressioni già oggi esistenti.

5.2.4.8 Area di completamento di via Montello

In generale, le aree di completamento urbano individuano ambiti liberi di ampie dimensioni, significativi ai fini della definizione del paesaggio urbano, ovvero aree che necessitano di un miglioramento delle condizioni di urbanizzazione, ovvero ancora aree che possono potenzialmente dar luogo all'attuazione di talune previsioni del Piano dei Servizi, con obiettivi di miglioramento della qualità del paesaggio urbano e delle aree pertinenziali, nel rispetto di criteri di omogeneità tipologica rispetto ai caratteri propri del contesto.

Nel dettaglio, l'area di completamento di via Montello (figura n. 38) insiste su una vasta area oggi agricola, di circa 23.000 m², situata ai piedi dei rilievi che salgono verso la località Belvedere.

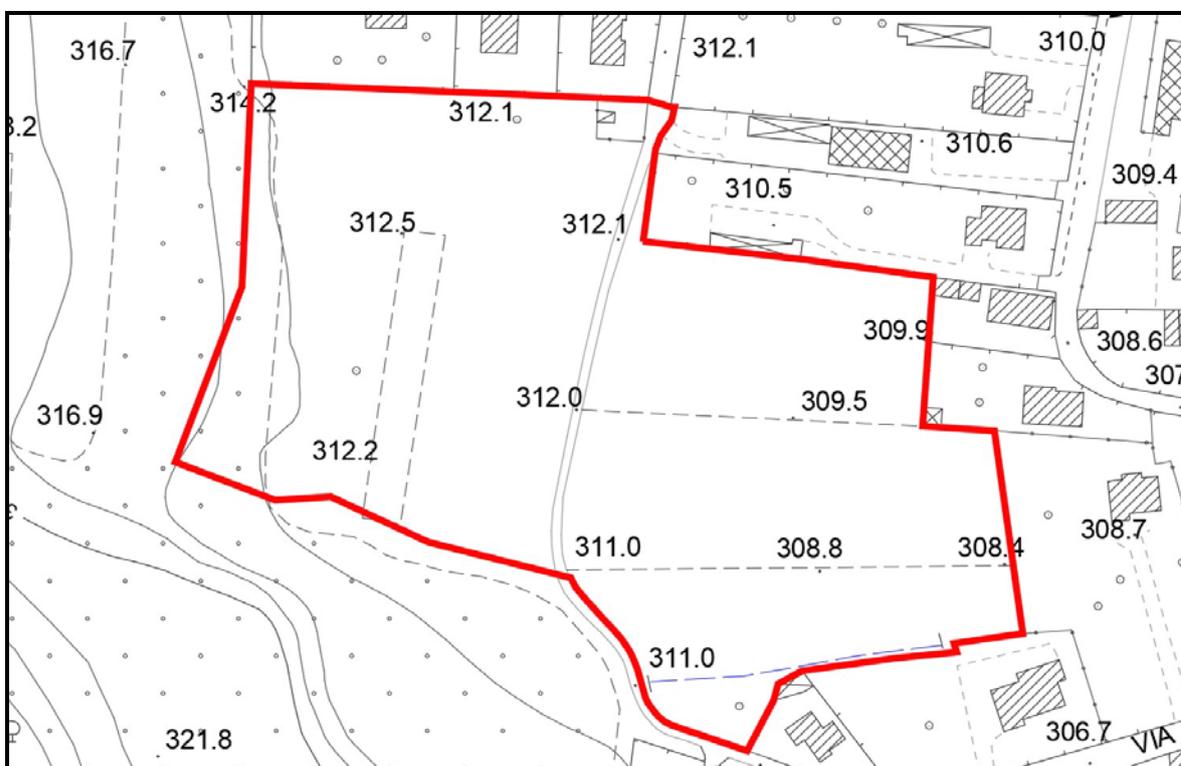


Figura 66: perimetrazione dell'area di completamento prevista a Nord di via Montello su stralcio dalla base aerofotogrammetrica comunale (rappresentazione in scala 1:2.000)

In questa zona, le analisi condotte nei paragrafi che precedono individuano permeabilità da bassa a media, con falda a bassa soggiacenza, con condizioni di rischio idraulico legate al regime di piena del torrente Marrubio, che lambisce il confine meridionale dell'area e che qui confluisce nella lunga tombinatura destinata ad attraversare l'intero centro abitato, per poi riemergere alla sommità del versante che scende verso il fiume Olona, in prossimità del tracciato stradale di via Cavour.

Le originarie condizioni di pericolosità idraulica paiono oggi sensibilmente attenuate dalla diversione verso Sud delle portate raccolte alla base del versante, per il tramite del condotto f 80 cm descritto in precedenza (§ 3.3.5 e 3.3.6). Nelle condizioni descritte, pare evidente che il principale vincolo alle trasformazioni previste sia di natura idraulica, e legato alla efficienza della

diversione di portata garantita dalla presenza di tale condotto, e da eventuali insufficienze della originaria tombinatura del Marrubio (condotta f 60 cm scolante verso la fognatura comunale, nella macro-zona scolante “A”).

Il completamento urbano dovrà di necessità essere preceduto da uno studio che accerti le reali condizioni di funzionamento idraulico delle due tombinature, in regime di piena, e che sia in grado di quantificare le reali capacità di invaso oggi esercitate dall'area, o da una parte di essa, a protezione delle aree di valle (che comprendono – giova ribadirlo – una porzione significativa del centro storico e dell'intero centro abitato di Gornate Olona). I risultati delle analisi potranno eventualmente dare luogo alla necessità di consolidare o rimodulare, anche mediante la realizzazione di opere strutturali, le funzioni di invaso che già allo stato attuale l'area sembra esercitare.

La ammissibilità delle successive trasformazioni dell'area potrà essere giudicata solo alla luce delle conoscenze così maturate, in ossequio al principio, già menzionato in altra parte del presente documento, di equivalenza delle capacità complessive di invaso del bacino, per opere eseguite in maniera tale da non modificare il regime idraulico delle aree allagabili esterne al perimetro di intervento.

5.2.4.9 Area di completamento di via Manzoni

Il sedime dell'area di completamento di via Montello, rappresentato nello stralcio planimetrico di figura n. 38, insiste su un'area agricola, di circa 11.700 m², situata nel pianalto ove sorge l'abitato principale, presso il confine settentrionale del territorio comunale, ai margini delle espansioni urbanistiche dei decenni scorsi.

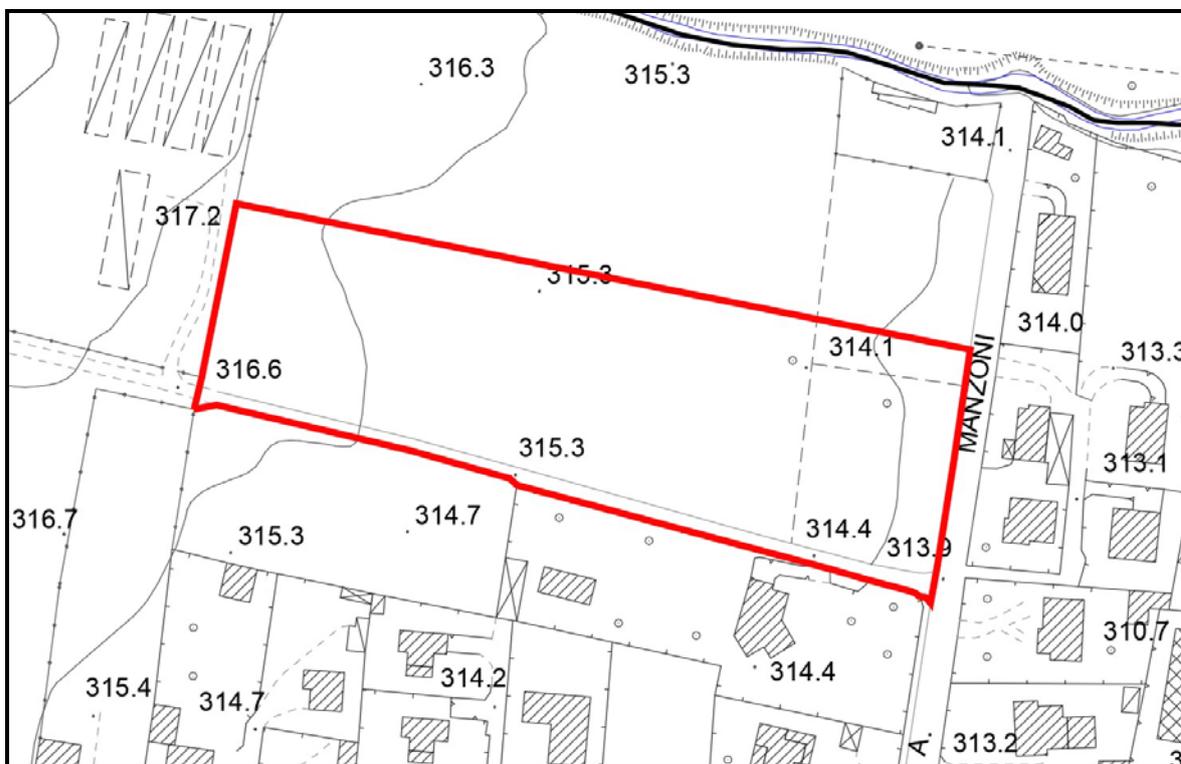


Figura 67: perimetrazione dell'area di completamento prevista ad Ovest di via Manzoni su stralcio dalla base aerofotogrammetrica comunale (rappresentazione in scala 1:2.000)

L'area insiste su suoli a permeabilità da bassa a media, con possibile presenza di falda a bassa soggiacenza, servita, verso Sud, dalla pubblica rete di scolo delle acque meteoriche (condotta di fognatura “bianca” di via Manzoni), ove gli scenari di pericolosità idraulica sono legati alla possibile divagazione, lungo l'asse stradale che delimita da Sud il comparto, delle acque provenienti dai bacini idrografici nn. 2 e 3, come indicato in precedenza (§ nn. 3.3.3 e 3.3.4).

Stante il quadro descritto, i principi di invarianza idraulica ed idrologica sanciti dal Regolamento potranno nella fattispecie trovare agevole applicazione con il recapito nella fognatura comunale, a valle dei sistemi di contenimento e riduzione delle portate previsti dalla norma vigente. Ai fini della mitigazione delle condizioni di pericolosità esistenti, sarà inoltre necessario analizzare nel dettaglio l'entità dei flussi potenziali destinati a correre lungo la sede stradale, e se necessario dotare questa delle opportune opere di captazione necessarie ad evitare che tali flussi di superficie proseguano la loro corsa verso valle, in direzione di via Manzoni.

5.2.4.10 Aree di riqualificazione (valutazione complessiva)

Gli ambiti di riqualificazione individuati dal P.G.T. descrivono nel complesso sei lotti di piccole dimensioni, compresi nella fascia fra 1.000 e 3.000 m², ove vengono esercitate attività economiche, all'interno di un contesto oggi ormai chiaramente indirizzato verso funzioni residenziali. Si tratta di appezzamenti concentrati nel pianalto di Gornate, a Nord del centro storico, racchiusi in un cerchio di diametro non superiore ad 1,00 km (stralcio planimetrico di figura n. 40).

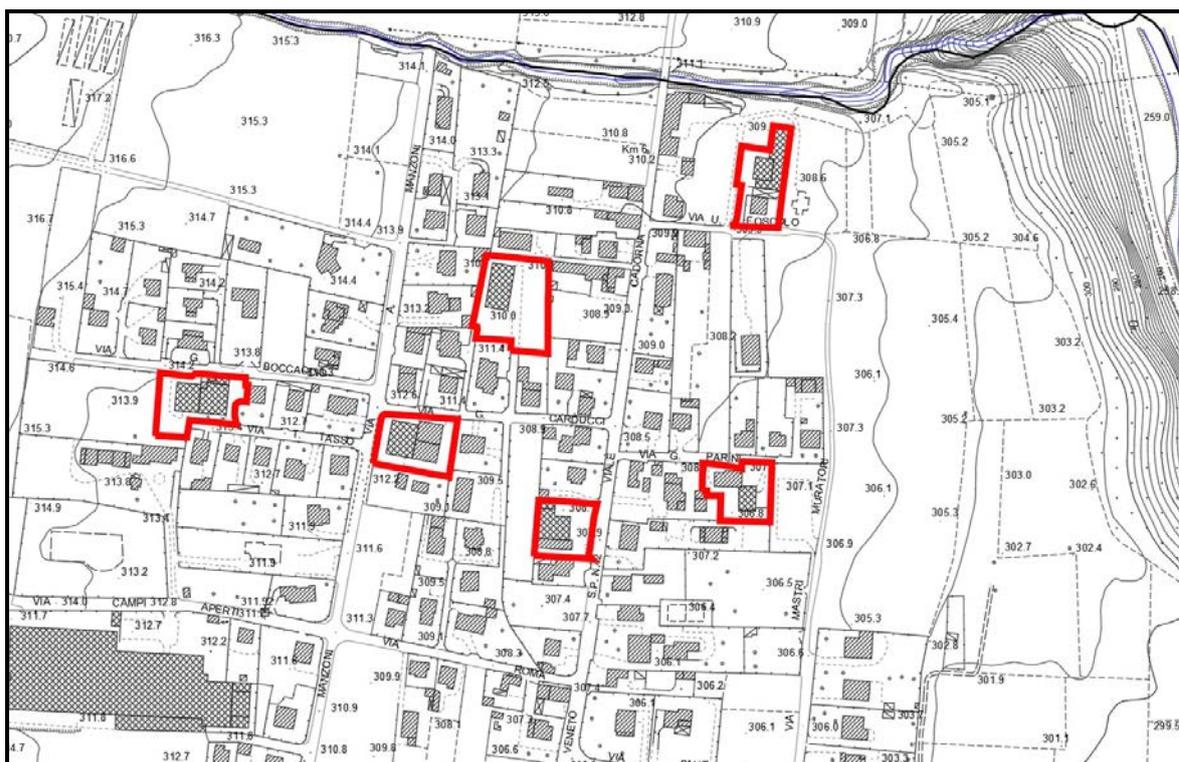


Figura 68: individuazione dei rispettivi perimetri delle aree di riqualificazione previste nel vigente P.G.T. su stralcio dalla base aerofotogrammetrica comunale (rappresentazione in scala 1:5.000)

Per le finalità del presente elaborato, le caratteristiche delle sei aree possono essere definite omogenee. Ci troviamo in area da tempo urbanizzata, con fitta rete di infrastrutture (strade e reti di scolo delle acque), insistente su suoli a permeabilità da media a bassa, con falda non lontana dal piano campagna, nel complesso prive di elementi di criticità idraulica o idrogeologica, se non per

l'appezzamento in posizione più occidentale (via Boccaccio), per il quale possono essere riconosciute modeste condizioni di rischio, legate al potenziale sversamento sulla sede stradale delle acque di esondazione provenienti da monte.

Fatta salva, per quest'ultima singola area, l'esigenza di valutare localmente le reali condizioni di rischio idraulico, con eventuale previsione di opere di protezione degli ambienti al piano terra e di dismissione degli ambienti interrati, si ritiene che nel caso delle riqualificazioni individuate dal P.G.T. i principi di invarianza idraulica ed idrologica possano trovare agevole applicazione, con semplice previsione dei volumi di invaso richiesti dal Regolamento, e scarico nella pubblica rete di scolo dedicata allo smaltimento delle acque meteoriche.

5.2.5 Aree da riservare all'attuazione delle misure strutturali di invarianza

Nel complesso, le sole aree di trasformazione che almeno a livello potenziale potrebbero richiedere l'esecuzione di opere strutturali sono quelle a Nord di via Montello, ove è sito l'imbocco della tombinatura del torrente Marrubio, e quella in fregio a via Manzoni, in relazione ad eventuali esigenze di protezione dai flussi di divagazione originati più a monte. Si evidenzia, peraltro, che le informazioni ad oggi disponibili non consentono né di stabilire la effettiva necessità delle opere di consolidamento o rimodulazione delle funzioni di laminazione oggi esercitate nell'area, né, tantomeno, le potenziali dimensioni di queste.

Fra le aree da riservare all'esecuzione di opere strutturali necessarie all'applicazione delle disposizioni regolamentari non dovranno poi essere dimenticate quelle necessarie per la realizzazione degli invasi cui si fece cenno in § 3.4.3.12 in corrispondenza degli scarichi asserviti alla rete esistente, da individuare in concorso con il gestore del servizio idrico integrato.

Le opere suggerite in corrispondenza degli attraversamenti in sottopasso delle vie primo Maggio (torrente n. 5) ed S.P. 42 (torrente n. 6) sono invece destinate ad insistere per intero su aree di pubblica proprietà, e non richiedono quindi alcuna ulteriore previsione di merito.

5.3 Misure non strutturali

5.3.1 Definizione normativa

Le tipologie di misure non strutturali ai fini dell'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica su scala urbanistica vengono indicate all'art. 14 del Regolamento (Modalità di integrazione tra pianificazione urbanistica comunale e previsioni del piano d'ambito, al fine del conseguimento degli obiettivi di invarianza idraulica e idrologica), in particolare al comma 7, lettera a), punto 5, ed al comma 8, lettera a), punto 3.

Stando al dettato normativo, si tratta di misure che possono essere attinenti alle politiche di gestione del territorio (ad esempio, con la definizione di una corretta gestione delle aree agricole per l'ottimizzazione della capacità di trattenuta delle acque da parte del terreno, oppure con l'incentivazione dell'estensione delle misure di invarianza idraulica e idrologica anche sul tessuto edilizio esistente), ovvero alle modalità di gestione del rischio idraulico durante le emergenze.

Trattandosi di indicazioni tese ad orientare la redazione dei singoli progetti delle opere di invarianza idraulica ed idrologica, alle misure non strutturali intese in senso lato afferisce anche 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, secondo quanto introdotto nel punto 6.bis dell'art. 14, comma 7, lettera a) del Regolamento.

Analogamente a quanto indicato per le misure a carattere strutturali, ragioni di comodità espositiva suggeriscono di ripartire le misure non strutturali di attuazione delle politiche di invarianza idraulica ed idrologica secondo tre filoni:

- misure normative attinenti al governo del territorio (ambito nel quale – in senso lato – ricade anche l'individuazione delle aree giudicate non idonee allo smaltimento delle acque di drenaggio meteorico per infiltrazione) ed altre misure di programmazione urbanistica;
- misure finalizzate all'ampliamento del quadro cognitivo;
- misure attinenti alla prevenzione del rischio.

Per quanto infine attiene alle misure attinenti alle modalità di gestione delle emergenze, si rimanda a quanto indicato nel paragrafo conclusivo, a proposito delle modalità di integrazione fra il presente documento ed il piano di emergenza comunale ad oggi vigente.

5.3.2 Altre misure di programmazione urbanistica

In altra parte del presente documento è già stato indicato come l'esistenza, nel territorio comunale, di aree che già naturalmente possono fungere da zone di spagliamento dei corsi d'acqua minori debba essere considerato, per le finalità espresse dal Regolamento, un bene.

Si ritiene necessario, a questo proposito, che la funzione idraulica di tali aree venga in futuro preservata, limitando le trasformazioni urbanistiche, ed imponendo in ogni caso che queste, ove dovessero avvenire, preservino – oltre alla qualità ambientale – le capacità di invaso originarie.

Per quanto attiene al regime normativo da attribuire alle nuove aree individuate come allagabili, si ritiene che queste, ove non interessate da preventivi e più restrittivi vincoli, debbano in via minima essere assoggettate alle norme previste per le aree afferenti al reticolo secondario di pianura (reticolo naturale) interessate da scenario di pericolosità *poco frequente* (scenario di pericolosità P2/M), secondo quanto indicato nell'allegato A alla D.G.r. 19.06.2017, n. X/6738 (Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza), al punto 3.3.3.

L'applicazione della disciplina proposta potrebbe in taluni casi avere anche un carattere temporaneo, sino all'esecuzione degli studi di approfondimento idraulico necessari alla valutazione di dettaglio dello stato di rischio, ovvero, in caso di previsione di opere strutturali di mitigazione, fino al completamento ed al collaudo delle opere deputate alla risoluzione delle criticità rilevate.

Si tratta inoltre di aree che dovrebbero venire ragionevolmente escluse dagli ambiti di applicazione delle L.R. 10.03.2017, n. 7, che promuove il recupero dei vani seminterrati ad uso residenziale, terziario o commerciale, e per le quali il Piano delle Regole potrebbe comunque disciplinare, secondo modalità articolate in relazione ai differenti livelli di rischio, l'obbligo di attuare interventi di autoprotezione in tutti i casi di intervento sul patrimonio edilizio già esistente. Fra questi, particolare rilievo dovranno avere, entro tutte le aree allagabili, quelli finalizzati alla progressiva eliminazione degli scivoli per accesso agli ambienti interrati e seminterrati (scivoli che in caso di piena rischiano di essere veicolo preferenziale per l'allagamento degli ambienti posti al di sotto del piano campagna).

In ogni caso, tutti gli interventi previsti in area allagabile dovranno garantire

- che tutti gli ambienti racchiusi nell'involucro edilizio siano convenientemente protetti contro l'afflusso delle eventuali acque di divagazione superficiale;
- che la viabilità di accesso a ciascun singolo edificio sia studiata in modo tale da garantire, in caso di alluvione, l'evacuazione sicura di persone e cose verso aree sicure.

5.3.3 Misure finalizzate all'ampliamento del quadro cognitivo;

Ai fini della mitigazione del rischio, si ritiene di attribuire un ruolo fondamentale alla conoscenza puntuale dello stato delle reti di scolo e delle caratteristiche dei corpi idrici del reticolo idrografico di superficie.

Stanti le risultanze delle indagini condotte, con riferimento al territorio del comune di Gornate Olona, una campagna di approfondimento delle indagini dovrebbe comprendere, come già più volte indicato, il rilievo e l'analisi del comportamento del sistema di condotte interrate scolanti verso lo scarico esistente in fregio a via Cavour, e comprendente in particolare le tombinature del torrente Marrubio, che a partire dalla sezione di imbocco a Nord di via Montello scolano rispettivamente verso Sud, in direzione dell'alveo del torrente n. 5, e verso Est, in direzione del fiume Olona.

5.3.4 Misure attinenti la prevenzione del rischio

In aggiunta a quanto già sinora precisato, fra le misure non strutturali aventi finalità di prevenzione del rischio idraulico si ritiene di indicare l'opportunità di provvedere alla formulazione di un piano di gestione delle aste e dei manufatti idraulici che sono affidati alla competenza comunale, ed in particolare

- dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico minore, con particolare attenzione della efficienza degli attraversamenti in sottopasso;
- degli scarichi provenienti dalla rete comunale di scolo, in modo particolare qualora lo scarico sia posto sul versante.

6 Integrazione con gli altri strumenti di pianificazione comunale

Ai sensi dell'art. 14, comma 5, del Regolamento, gli esiti dello studio qui condotto debbono essere recepiti nel Piano di Governo del Territorio, con inserimento della delimitazione delle aree soggette ad allagamento nella componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano.

Ai sensi del settimo comma, lettera c), del medesimo articolo, le misure non strutturali indicate nel precedente § 5.3 debbono trovare riscontro nel piano di emergenza comunale.

Venegono Superiore, dicembre 2020

i professionisti incaricati

dott. ing. Giorgio Amolari



APPENDICE N.1: ALTEZZE DI PIOGGIA DI RIFERIMENTO

La presente sezione raccoglie alcune tabelle nelle quali sono sviluppati i calcoli delle altezze di pioggia svolti secondo le relazioni illustrate in § 2.1. I calcoli vengono sviluppati con riferimento a differenti localizzazioni geografiche, allo scopo di fornire un quadro esaustivo delle altezze massime di pioggia attese nei differenti contesti ambientali presenti entro i confini comunali (per quanto si debba precisare che, ai fini pratici, le differenze fra le valutazioni riferite ai diversi siti presi in esame assumano valori irrisori).

I valori indicati nelle tabelle (ed in particolare quelli riportati nelle colonne relative agli eventi ricorrenti con tempi di ritorno 50 e 100 anni) costituiscono il riferimento obbligatorio per la progettazione di tutte le opere destinate all'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica, su tutto il territorio comunale.

tempo di ritorno T [anni]	2	10	50	100	200	tempo di ritorno T [anni]	2	10	50	100	200
durata di pioggia D	altezze di pioggia, h					durata di pioggia D	altezze di pioggia, h				
[hh:mm]	[mm]					[hh:mm]	[mm]				
0:10	12,26	19,31	25,62	28,33	31,05	14:00	74,55	117,43	155,80	172,25	188,77
0:20	17,34	27,31	36,24	40,06	43,91	15:00	76,34	120,25	159,55	176,39	193,31
0:30	21,24	33,45	44,38	49,07	53,77	16:00	78,06	122,96	163,14	180,36	197,65
0:40	24,52	38,63	51,25	56,66	62,09	17:00	79,70	125,55	166,58	184,16	201,82
0:50	27,42	43,19	57,30	63,35	69,42	18:00	81,29	128,05	169,89	187,82	205,84
1:00	30,03	47,31	62,77	69,39	76,05	19:00	82,82	130,46	173,09	191,36	209,71
1:30	34,53	54,40	72,18	79,79	87,45	20:00	84,29	132,78	176,17	194,77	213,45
2:00	38,13	60,07	79,70	88,11	96,56	21:00	85,72	135,03	179,16	198,07	217,06
2:30	41,18	64,87	86,06	95,15	104,27	22:00	87,11	137,21	182,05	201,27	220,57
3:00	43,85	69,07	91,64	101,32	111,03	23:00	88,45	139,33	184,86	204,37	223,97
3:30	46,24	72,84	96,64	106,84	117,09	0:00	89,76	141,39	187,59	207,39	227,28
4:00	48,42	76,27	101,19	111,87	122,60	2:00	84,85	127,83	169,62	188,83	208,53
4:30	50,42	79,43	105,38	116,50	127,68	4:00	87,41	131,70	174,75	194,54	214,84
5:00	52,29	82,36	109,28	120,81	132,40	6:00	89,87	135,40	179,67	200,01	220,88
5:30	54,03	85,11	112,92	124,84	136,82	8:00	92,23	138,96	184,39	205,26	226,68
6:00	55,68	87,70	116,36	128,64	140,98	10:00	94,51	142,39	188,94	210,33	232,27
7:00	58,71	92,49	122,71	135,66	148,67	12:00	96,70	145,70	193,33	215,22	237,67
8:00	61,48	96,84	128,48	142,05	155,67	14:00	98,83	148,90	197,58	219,95	242,90
9:00	64,02	100,85	133,80	147,93	162,11	16:00	100,89	152,00	201,69	224,53	247,96
10:00	66,39	104,58	138,75	153,40	168,11	18:00	102,89	155,01	205,69	228,98	252,87
11:00	68,60	108,07	143,38	158,52	173,72	20:00	104,83	157,94	209,57	233,30	257,64
12:00	70,69	111,36	147,74	163,34	179,00	22:00	106,72	160,79	213,35	237,50	262,29
13:00	72,67	114,47	151,88	167,91	184,01	0:00	108,56	163,56	217,03	241,60	266,81

Tabella n. 1.1: altezze di pioggia attese in corrispondenza del centro storico di Gornate Olona, secondo le stime condotte utilizzando i parametri ufficiali forniti da ARPA Lombardia e pubblicati sul sito web <http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml>

tempo di ritorno T [anni]	2	10	50	100	200	tempo di ritorno T [anni]	2	10	50	100	200
durata di pioggia D [hh:mm]	altezze di pioggia, h [mm]					durata di pioggia D [hh:mm]	altezze di pioggia, h [mm]				
0:10	12,26	19,27	25,53	28,21	30,90	14:00	74,66	117,33	155,44	171,75	188,11
0:20	17,34	27,25	36,11	39,89	43,70	15:00	76,46	120,16	159,18	175,88	192,65
0:30	21,24	33,38	44,22	48,86	53,52	16:00	78,18	122,86	162,77	179,85	196,98
0:40	24,53	38,54	51,06	56,42	61,80	17:00	79,83	125,46	166,21	183,65	201,15
0:50	27,42	43,09	57,09	63,08	69,09	18:00	81,42	127,96	169,52	187,30	205,15
1:00	30,04	47,21	62,54	69,10	75,68	19:00	82,95	130,37	172,71	190,83	209,02
1:30	34,55	54,29	71,93	79,47	87,05	20:00	84,43	132,70	175,79	194,24	212,75
2:00	38,15	59,96	79,43	87,77	96,13	21:00	85,87	134,95	178,78	197,53	216,36
2:30	41,20	64,76	85,79	94,79	103,82	22:00	87,26	137,13	181,67	200,73	219,86
3:00	43,88	68,96	91,36	100,94	110,56	23:00	88,60	139,25	184,48	203,83	223,26
3:30	46,28	72,73	96,35	106,46	116,60	0:00	89,91	141,31	187,21	206,85	226,56
4:00	48,46	76,16	100,89	111,48	122,10	2:00	84,73	127,67	169,39	188,56	208,31
4:30	50,47	79,32	105,08	116,10	127,16	4:00	87,29	131,54	174,52	194,27	214,62
5:00	52,34	82,25	108,97	120,40	131,87	6:00	89,75	135,24	179,43	199,74	220,66
5:30	54,09	85,00	112,61	124,42	136,28	8:00	92,11	138,80	184,15	205,00	226,46
6:00	55,73	87,59	116,04	128,22	140,43	10:00	94,38	142,23	188,70	210,06	232,06
7:00	58,78	92,38	122,38	135,22	148,10	12:00	96,58	145,53	193,09	214,95	237,45
8:00	61,55	96,73	128,15	141,59	155,09	14:00	98,70	148,74	197,34	219,67	242,68
9:00	64,10	100,74	133,46	147,47	161,52	16:00	100,76	151,84	201,45	224,25	247,74
10:00	66,47	104,47	138,40	152,92	167,50	18:00	102,76	154,85	205,44	228,70	252,65
11:00	68,70	107,97	143,03	158,04	173,10	20:00	104,70	157,77	209,33	233,02	257,42
12:00	70,79	111,26	147,39	162,85	178,37	22:00	106,59	160,62	213,10	237,23	262,07
13:00	72,77	114,37	151,52	167,41	183,37	0:00	108,43	163,40	216,79	241,32	266,60

Tabella n. 1.2: altezze di pioggia attese in corrispondenza della località Santa Monica (parte occidentale del territorio comunale), secondo le stime condotte utilizzando i parametri ufficiali forniti da ARPA Lombardia e pubblicati sul sito web <http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml>

tempo di ritorno T [anni]	2	10	50	100	200	tempo di ritorno T [anni]	2	10	50	100	200
durata di pioggia D	altezze di pioggia, h					durata di pioggia D	altezze di pioggia, h				
[hh:mm]	[mm]					[hh:mm]	[mm]				
0:10	12,23	19,27	25,57	28,26	30,97	14:00	74,17	116,84	154,99	171,33	187,73
0:20	17,30	27,26	36,16	39,97	43,79	15:00	75,95	119,65	158,71	175,44	192,23
0:30	21,19	33,38	44,28	48,95	53,63	16:00	77,65	122,33	162,27	179,37	196,54
0:40	24,47	38,55	51,13	56,52	61,93	17:00	79,28	124,90	165,68	183,14	200,68
0:50	27,36	43,10	57,17	63,19	69,24	18:00	80,85	127,38	168,96	186,77	204,65
1:00	29,97	47,21	62,62	69,22	75,85	19:00	82,37	129,76	172,13	190,27	208,49
1:30	34,44	54,26	71,98	79,57	87,18	20:00	83,83	132,07	175,19	193,65	212,19
2:00	38,02	59,90	79,45	87,83	96,24	21:00	85,25	134,30	178,15	196,93	215,78
2:30	41,05	64,67	85,78	94,82	103,90	22:00	86,62	136,46	181,02	200,10	219,25
3:00	43,70	68,84	91,32	100,95	110,61	23:00	87,95	138,56	183,80	203,18	222,63
3:30	46,08	72,59	96,29	106,44	116,63	0:00	89,25	140,60	186,51	206,17	225,90
4:00	48,24	75,99	100,80	111,43	122,10	2:00	83,60	125,97	167,13	186,06	205,69
4:30	50,23	79,13	104,97	116,03	127,14	4:00	86,13	129,78	172,18	191,68	211,91
5:00	52,08	82,05	108,83	120,30	131,82	6:00	88,55	133,43	177,02	197,07	217,86
5:30	53,81	84,78	112,45	124,31	136,21	8:00	90,87	136,93	181,67	202,24	223,58
6:00	55,44	87,35	115,86	128,08	140,34	10:00	93,12	140,31	186,15	207,23	229,10
7:00	58,46	92,09	122,16	135,04	147,97	12:00	95,28	143,57	190,47	212,04	234,42
8:00	61,20	96,42	127,90	141,38	154,91	14:00	97,37	146,72	194,66	216,70	239,57
9:00	63,73	100,40	133,17	147,21	161,30	16:00	99,40	149,78	198,71	221,21	244,55
10:00	66,08	104,09	138,08	152,64	167,25	18:00	101,37	152,74	202,64	225,59	249,40
11:00	68,27	107,56	142,67	157,71	172,81	20:00	103,28	155,62	206,47	229,85	254,10
12:00	70,34	110,82	147,00	162,50	178,05	22:00	105,14	158,43	210,19	233,99	258,68
13:00	72,30	113,91	151,10	167,03	183,02	0:00	106,95	161,16	213,81	238,02	263,14

Tabella n. 1.3: altezze di pioggia attese in corrispondenza della frazione Torba (parte meridionale del territorio comunale), secondo le stime condotte utilizzando i parametri ufficiali forniti da ARPA Lombardia e pubblicati sul sito web <http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml>

APPENDICE N.2: CALCOLI IDRAULICI PER LA DETERMINAZIONE DEI LIVELLI DI PIENA E DELLE VELOCITÀ DI DEFLUSSO

1 Principi teorici per la trattazione delle correnti a pelo libero

Le altezze di corrente vengono stimate sulla base delle teorie che illustrano i principi del moto a pelo libero della corrente, secondo le quali le principali grandezze che caratterizzano le condizioni di moto (altezza e velocità di corrente) possono essere desunte da considerazioni relative all'energia complessiva posseduta dalla corrente in transito nell'alveo, composta dalla somma dei termini di energia potenziale (correlata alla quota assoluta del fondo alveo), energia di pressione (legata all'altezza del pelo libero sul fondo) ed energia cinetica (legata alla velocità di transito della corrente nella sezione).

Per una migliore comprensione dei termini successivamente utilizzati, si illustrano brevemente i principi basilari della teoria, senza ovviamente pretendere di esaurire la materia né di addentrarsi nella discussione puntuale delle formulazioni matematiche che la compendiano.

Fissati un valore di portata, un valore dell'energia totale della corrente (indicata con H) ed una sezione (e fissata, di conseguenza, una quota assoluta del fondo), il termine legato all'energia cinetica della corrente deve decrescere al crescere dell'altezza del pelo libero (poiché all'aumentare dell'altezza cresce la sezione attraverso cui passa la corrente, e ciò comporta una diminuzione della velocità di transito). Viceversa, il termine legato alla pressione cresce, come è ovvio, con l'aumentare del livello del pelo libero.

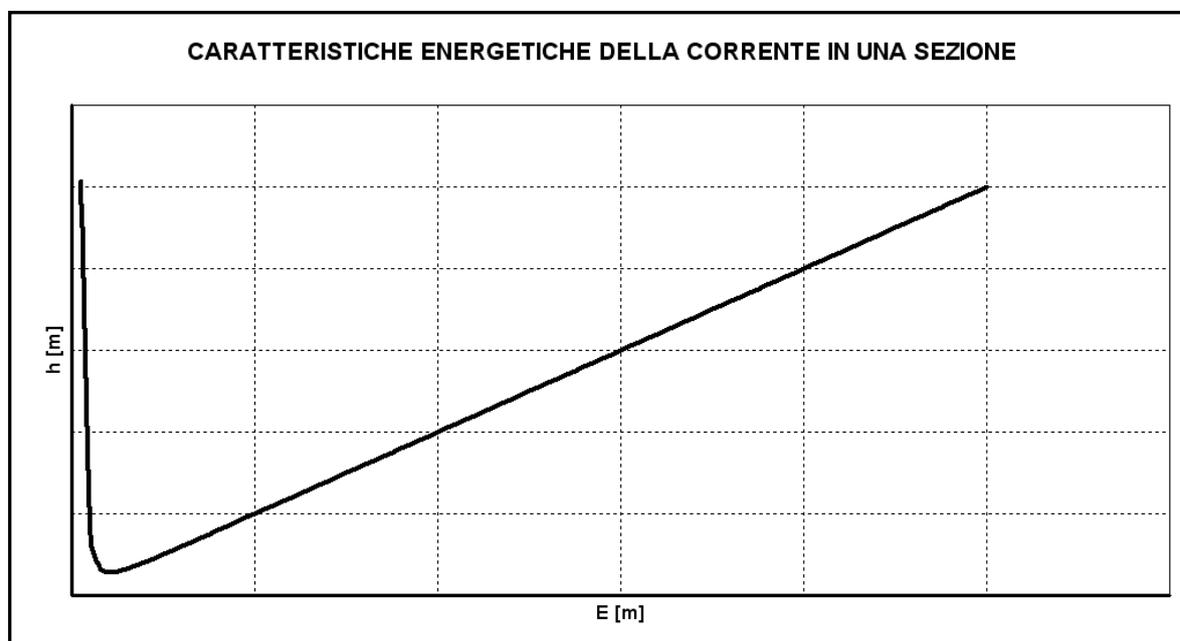


Figura A-1: grafico per l'illustrazione del rapporto fra energia specifica ed altezza di corrente, a portata costante

La somma dei due termini, che esprime il legame tra altezza e velocità, assume pertanto valori estremamente grandi sia per altezze molto basse, prossime allo zero, sia per altezze molto alte. La forma della relazione esistente tra questa somma (di norma indicata con il simbolo E - energia specifica rispetto al fondo dell'alveo) ed h (altezza di corrente) deve essere del tipo di quella indicata nella figura precedente (figura. A-1), con due rami ascendenti ed un punto di minimo. Al punto di minimo corrisponde quello che in idraulica è definito come “*stato critico*”, che può essere definito come la situazione di minima energia totale necessaria ad una corrente per transitare attraverso una certa sezione. Se l'energia totale a disposizione della corrente è inferiore al valore E , è necessario che a monte della sezione la corrente recuperi energia, tramite un meccanismo denominato “*risalto*”, fino a raggiungere il valore minimo richiesto per il passaggio in condizioni “*critiche*”. In tale stato, tanto la velocità quanto l'altezza di corrente assumono la denominazione di “*critica*”.

I due rami ascendenti verso sinistra e verso destra della curva rappresentata in figura A-1 rappresentano rispettivamente le correnti “*veloci*” (quelle nelle quali l'altezza del pelo libero è inferiore all'altezza *critica*, e nelle quali di conseguenza l'energia cinetica prevale rispetto a quella legata alla pressione) e le correnti “*lente*” (nelle quali, al contrario, il termine cinetico è secondario).

La differenza fondamentale fra i due tipi di corrente sta nelle modalità con cui esse reagiscono di fronte ad ostacoli che perturbino il deflusso regolare verso valle della corrente stessa. In caso di corrente “*veloce*”, la velocità di corrente è maggiore della velocità di propagazione verso monte delle onde prodotte dall'ostacolo, per cui gli effetti della perturbazione possono essere avvertiti soltanto a valle dell'ostacolo. Viceversa, in caso di correnti “*lente*”, la velocità è minore della velocità di propagazione verso monte delle onde, e l'effetto della presenza di un ostacolo può essere avvertito sia verso monte che verso valle. In altre parole, una corrente “*veloce*” è condizionata soltanto da ciò che avviene nelle sezioni di monte; una corrente “*lenta*” è condizionata anche da ciò che accade a valle. Questa importante differenza verrà ripresa in seguito, per illustrare le modalità di calcolo seguite nello studio.

2 Calcolo delle condizioni di moto per alvei cilindrici

Chiarite le condizioni energetiche di una corrente in una sezione, il calcolo delle condizioni di moto in una sezione successiva viene operato con applicazione del principio di conservazione dell'energia, considerando l'energia potenziale ceduta dalla corrente nel moto verso il basso (e trasformata in energia cinetica o di pressione) e l'energia persa per attrito contro le pareti dell'alveo.

L'espressione matematica dell'energia totale della corrente è la seguente:

$$H = z + h + \alpha \cdot \frac{V^2}{2g}$$

nella quale tutti gli addendi hanno le dimensioni di una lunghezza, ed α indica il cosiddetto “coefficiente di ragguglio dell'energia cinetica”, introdotto per tenere conto delle differenze esistenti fra la velocità massima della corrente, in centro all'alveo, e la velocità media della stessa..

Il principio di conservazione dell'energia fra due sezioni successive poste a distanza reciproca ΔL si esprime tramite la seguente relazione:

$$H_1 = H_2 + J_{med} \Delta L$$

ove si è introdotta la nuova grandezza J , denominata cadente piezometrica, che indica la perdita di energia per unità di lunghezza dell'alveo, dovuta all'attrito contro pareti dell'alveo stesso. La cadente piezometrica in ciascuna sezione viene espressa utilizzando la formula di Manning, definendo preventivamente la "capacità di portata dell'alveo", K , come

$$K = A \cdot \frac{R^{2/3}}{n}$$

ove A è l'area della sezione di passaggio della corrente, R il raggio idraulico della sezione (rapporto fra area e contorno bagnato) ed n un coefficiente di scabrezza, ed esprimendo successivamente la cadente come

$$J = \frac{Q^2}{K^2}$$

Tramite K , la cadente è quindi una funzione univoca dell'altezza h . La cadente media nel tratto compreso fra due sezioni successive è banalmente stimata come valore medio fra esse.

Tenuto presente tutto ciò, note che siano le condizioni di moto nella sezione 1, la precedente relazione che esprime il principio di conservazione dell'energia può scriversi come

$$z_1 + h_1 + \alpha \cdot \frac{V_1^2}{2g} \cdot \frac{Q^2}{K(h_1)^2} \cdot \frac{\Delta L}{2} - z_2 = h_2 + \alpha \cdot \frac{V_2^2}{2g} \cdot \frac{Q^2}{K(h_2)^2} \cdot \frac{\Delta L}{2}$$

Tutti i termini a sinistra dell'uguale sono noti, mentre tutti i termini a destra, incogniti, possono essere espressi in funzione dell'altezza di corrente nella sezione 2.

Applicando in modo iterativo questo metodo di calcolo, è sufficiente assegnare le condizioni di moto in una sezione, per poter calcolare per passi successivi le condizioni di moto della medesima portata in tutte le rimanenti sezioni.

Notiamo, inoltre, che il processo di calcolo può avvenire indifferentemente procedendo da monte verso valle (a partire dalla conoscenza delle condizioni di moto nella sezione 1) o, viceversa, da valle verso monte, supponendo note le condizioni nella sezione 2. Ricordando quanto detto a proposito delle diverse reazioni alle perturbazioni proprie ai due tipi di corrente, osserviamo che un calcolo rigoroso comporterebbe un procedimento da monte verso valle per il caso di correnti "veloci", e da valle verso monte per il caso di correnti "lente". Nella pratica, i calcoli vengono di norma eseguiti da valle verso monte, ipotizzando sempre condizioni di moto proprie delle correnti "lente". Oltre ad essere un processo appropriato nella maggior parte dei casi (poiché di norma nei tratti pianeggianti, più facilmente interessati da esondazioni, le correnti di piena transitano con velocità inferiore alla velocità "critica"), ai fini del calcolo delle aree esondabili ciò corrisponde all'introduzione di un fattore di sicurezza, in quanto si è già illustrato come, a parità di portata, una corrente "lenta" abbia un'altezza di moto superiore ad una corrente "veloce". Qualora il calcolo produca, in una sezione di monte, condizioni di moto caratteristiche di una corrente "veloce", il livello viene automaticamente innalzato sino al valore "critico", introducendo un errore trascurabile ed in favore di sicurezza.

In caso di necessità, l'ipotesi può comunque agevolmente venire rimossa, senza che con ciò vengano meno criteri di calcolo improntati a cautela: ove si riconosca l'esistenza di tratti in cui la corrente transiti con certezza in condizioni di velocità superiore a quella critica (corrente "veloce"), si risale a monte sino a trovare una sezione nella quale l'imposizione del principio di conservazione

dell'energia possa consentire l'instaurarsi di condizioni di moto proprie della corrente “lenta”. Nella sezione di calcolo immediatamente a valle di questa vengono quindi imposte condizioni di moto “critico” (corrispondenti alla transizione da una situazione di corrente “lenta”, a monte, ad una situazione di corrente “veloce”, a valle). Ciò fatto, si ripercorre l'alveo a ritroso, verso valle, applicando nuovamente di tronco in tronco le equazioni che esprimono il principio di conservazione dell'energia (e ciò, coerentemente con l'assunto secondo il quale le correnti “veloci” vengono condizionate da ciò che accade a monte, e non da ciò che accade a valle).

APPENDICE N.3: LA FORMAZIONE DELLE ONDE DI PIENA NEI BACINI PREVALENTEMENTE NATURALI

La stima della portata defluente nel corpo idrico recettore è stata operata ricorrendo al modello di Nash, il quale assimila il bacino ad un insieme di n serbatoi in cascata, nel quale la portata uscente da ciascun serbatoio è direttamente proporzionale al volume di acqua contenuto nel serbatoio medesimo. Il comportamento di un sistema di questo tipo a fronte di un afflusso meteorico viene rappresentato da una funzione $h(t)$ detta “*idrogramma unitario istantaneo*” (*IUH*), che rappresenta l’effetto nel tempo, in termini di portata, provocato da una pioggia impulsiva (ovvero, rappresentata da un idrogramma corrispondente alla caduta di un volume unitario per una durata nulla) occorsa nell’istante iniziale.

La funzione, nell’incognita t (tempo), è la seguente:

$$h(t) = \frac{1}{k(n-1)!} \left(\frac{t}{k}\right)^{n-1} \cdot e^{-\frac{t}{k}}$$

Il parametro k che in essa compare ha le dimensioni di un tempo, e rappresenta la costante di proporzionalità tra volume invasato e portata in uscita. Il parametro n , invece, indica il numero di serbatoi in serie considerato.

Introducendo la relazione $\Gamma(n)$, definita come

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} x^{n-1} e^{-x} dx$$

e tenuto conto della proprietà della funzione Γ indicata nell’espressione che segue:

$$\Gamma(n) = (n-1)!$$

per ogni n intero, il modello di Nash può essere esteso a sistemi caratterizzati da un numero qualsiasi di serbatoi in serie, non necessariamente intero, sino a trovare il valore che meglio si adatta alle caratteristiche del bacino in esame ed ai dati sperimentali disponibili. Nella fattispecie, il modello è stato applicato in tale sua accezione più estesa, comprendente anche sistemi caratterizzati da un numero di invasi non intero.

Il calcolo è stato eseguito nell’osservanza del percorso metodologico contraddistinto dai passi che seguono:

- delimitazione del bacino;
- individuazione delle caratteristiche fisiche del bacino (altimetria, geologia, copertura del suolo, caratteristiche di permeabilità);
- definizione del regime pluviometrico dell’area;
- calcolo della portata di piena,

come dettagliatamente descritto nei paragrafi che seguono.

La delimitazione dei singoli bacini, e degli eventuali sottobacini, viene condotta con criteri geomorfologici, e produce i risultati indicati nella planimetria di tavola 6a, dalla quale si ricavano poi i principali parametri morfometrici necessari allo sviluppo dei calcoli successivi (estensione, altimetria, pendenza, lunghezza dell’asta principale di drenaggio).

Le caratteristiche di permeabilità vengono invece valutate con criteri cartografici, per sovrapposizione fra il grafico di tavola n. 6a e le carte che descrivono la geologia del sito, previa articolazione dei suoli esistenti fra le categorie che seguono:

- gruppo “A”: suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso (comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla e ghiaie profonde molto permeabili, con capacità di infiltrazione molto elevata);
- gruppo “B”: suoli aventi moderata potenzialità di deflusso (comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi, se meno profondi che nel gruppo A e con maggiore aliquota di argilla e limo, con elevate capacità di infiltrazione anche in condizione di saturazione);
- gruppo “C”: suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta (comprende suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e collodi, con scarsa capacità di infiltrazione);
- gruppo “D”: suoli con potenzialità di deflusso molto elevata (comprende argille con elevata capacità di rigonfiamento, suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie, con scarsa capacità di infiltrazione a saturazione).

La valutazione congiunta, per ciascun bacino, delle caratteristiche di permeabilità legata al gruppo di appartenenza dei relativi suoli, e delle caratteristiche di copertura legate all’uso dei suoli, dà luogo alla stima puntuale del valore del parametro CN (acronimo dall’inglese *Curve Number*), tramite i quali si perviene alla determinazione di un “coefficiente di deflusso”, che tiene conto punto per punto delle perdite per evapotraspirazione, infiltrazione ed imbibimento del suolo, e che quindi fornisce una stima del rapporto fra afflussi meteorici e deflussi drenati nella rete di scolo di superficie.

Al termine delle elaborazioni così descritte, i bacini in esame vengono caratterizzati per il tramite dei valori numerici riassunti nella tabella che segue.

bacino o sottobacino	lunghezza dell'asta principale	superficie	quota massima	quota alla sezione di chiusura	CN medio
n	L [km]	S [km ²]	z _o [m s.l.m.]	z _i [m s.l.m.]	N
1/c	0,80	0,23	370,00	318,00	73,40
1/b.c+2	1,21	0,42	370,00	310,00	74,53
1/a.b.c+2	1,55	0,54	370,00	256,00	75,47
2	0,58	0,07	360,00	319,00	79,53
3	0,45	0,09	360,00	316,00	79,07
4/d	0,55	0,19	365,00	311,00	73,29
4/c	0,10	0,02	311,00	309,00	81,24
4/d+5/b.c	1,63	0,43	365,00	269,00	- - - -
5/a	0,43	0,14	269,00	255,00	87,70
6	0,69	0,15	351,00	256,00	77,78
7/b	0,61	0,14	357,00	253,00	59,77
7/a.b	0,81	0,16	357,00	245,00	62,37
8	0,21	0,02	343,00	260,00	79,00
8-bis	0,12	0,01	319,00	262,00	79,00
14/a	0,36	0,07	268,00	256,00	68,44

A partire dai dati riportati, valutati congiuntamente alla curva che descrive il regime pluviometrico proprio del sito, come descritto in § 2.1.1, il modello di Nash, nella sua accezione più completa, consente di ricavare le caratteristiche descrittive delle onde di piena generate da eventi di pioggia caratterizzati da qualsiasi valore di durata e da qualsiasi intensità.

La “pioggia netta” (ovvero, quella parte della precipitazione che concorre effettivamente alla formazione dell’onda di piena, depurata delle frazioni perse per evaporazione, per evapotraspirazione, per imbibimento e per infiltrazione nel terreno) viene stimata ricorrendo al “metodo CN”, utilizzando i parametri in precedenza calcolati.

Per la stima dei parametri del modello di Nash si è infine fatto ricorso alle relazioni sperimentali di McSparran, mentre le portate attese sono state successivamente calcolate mediante calcolo numerico del valore dell’integrale di convoluzione dato dal prodotto tra lo ietogramma di progetto e l’idrogramma unitario istantaneo, ricavandone i dati riportati nel testo.

APPENDICE N .4: LA FORMAZIONE DELLE ONDE DI PIENA NEI BACINI FORTEMENTE ANTROPIZZATI

1 Analisi dei dati descrittivi delle caratteristiche pluviometriche locali

Per lo studio del regime delle piogge intense caratteristiche dell'area in esame, dalle quali hanno poi origine le portate in grado di produrre onde di piena in rete, ci si avvale dei dati storici registrati presso le stazioni di misura da parte dell'Ufficio Idrografico e Mareografico per il Po, e dei dati più recenti raccolti a cura dell'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (A.R.P.A.). Il territorio nazionale è infatti coperto da una più o meno fitta rete di stazioni per la misura delle precipitazioni, provviste di diversi strumenti di misura (pluviografi, per la registrazione delle altezze di pioggia di durata inferiore alle 24 h, e pluviometri, con capacità di campionamento superiore alle 24 h), ciascuno dei quali fornisce serie di dati annuali di diversa durata, a seconda della data di installazione della stazione e dell'entità dei periodi di interruzione delle registrazioni. I dati registrati sono periodicamente pubblicati a cura del medesimo Ufficio Idrografico negli "Annali Idrologici" o delle Agenzie Regionali per la Protezione Ambientale. In tali pubblicazioni vengono riportati i dati relativi alle massime altezze annue di precipitazione registrati in diversi punti del territorio nazionale, per durate comprese tra 5' e 5 gg.

Lo scopo principale delle analisi sui dati pluviometrici raccolti in ciascuna stazione consiste nella definizione del regime pluviometrico proprio dell'area che può ragionevolmente essere descritta ai dati raccolti presso la stazione pluviografica.

Normalmente, il regime pluviometrico è descritto da curve che legano tra loro la durata di pioggia con l'altezza di precipitazione (Curve di Possibilità Climatica).

In letteratura scientifica sono reperibili diverse analisi teoriche che portano a definire differenti formulazioni per l'espressione di tali curve. Nel presente studio si è fatto riferimento ad un modello particolarmente diffuso in Italia, secondo cui il legame tra altezze e durate di pioggia è espresso da una relazione di tipo monomio, normalmente adottato per la descrizione di bacini idrografici che abbiano prevalentemente caratteristiche urbane, cioè in cui la rete di drenaggio è quasi interamente costituita da canalizzazioni artificiali. Vi è infatti, a livello nazionale per il caso di fognature urbane, una assodata conoscenza sperimentale relativa alla taratura dei principali parametri del modello; ciò consente di sopperire alle carenze del modello stesso, originate da esigenze di semplicità di calcolo.

L'assunzione di base di questo modello è che la Curva di Possibilità Climatica possa essere espressa con ragionevole approssimazione da una relazione monomia del tipo:

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

nella quale a (normalmente espresso in [mm]) rappresenta l'altezza di pioggia di durata oraria mediamente attesa, con prefissato tempo di ritorno T , ed n è un esponente che viene considerato indipendente da T nell'ipotesi che per tutte le diverse durate di precipitazione la variabile casuale costituita dalla corrispondente altezza di precipitazione sia distribuita secondo un'unica legge.

Il legame del parametro a con il tempo di ritorno T viene ricavato dalla usuale relazione che lega la probabilità di non superamento dell'altezza h_d , $P[h_d]$ ed il medesimo tempo di ritorno:

$$P[h_d] = 1 - \frac{1}{T}$$

formulata ipotizzando che le altezze di pioggia siano distribuite secondo la legge di distribuzione generalizzata del valore estremo, o GEV (dall'acronimo inglese *Generalized Extreme Value*). Si tratta di una distribuzione formulata in modo tale da esprimere la variabile statistica corrispondente all'altezza di pioggia come prodotto di un termine fisso (il *coefficiente pluviometrico orario*, a_i) per un termine variabile con il tempo di ritorno, w .

Secondo questa formulazione, la variabile statistica da esaminare diviene quindi w , che risulta distribuita secondo una legge di probabilità così espressa:

$$F(w) = \exp \left\{ - \left[1 + \frac{k}{\alpha} - \frac{k w}{\alpha} - \Gamma(1+k) \right]^{\frac{1}{k}} \right\},$$

ove compare anche la cosiddetta *funzione gamma*:

$$\Gamma(1+k) = \int_0^{\infty} e^{-u} \cdot u^k du,$$

e nella quale, operata la trasformazione

$$\varepsilon = 1 - \frac{\alpha}{k} \cdot \Gamma(1+k)$$

si perviene alla più consueta relazione

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

che, noti che siano i parametri α , k ed ε (pubblicati per l'intero territorio lombardo sulle pagine web dell'Agenzia regionale per la Protezione Ambientale) consente agevolmente di esprimere il parametro cercato in funzione di qualsiasi valore del tempo di ritorno.

2 Determinazione dello ietogramma di progetto

Nota che sia l'altezza di pioggia attesa che, con un determinato tempo di ritorno (T) e con una determinata durata (d), può interessare un certo bacino, nulla si è ancora stabilito sulla forma che la funzione "intensità di pioggia", $i(t)$, assume nell'arco della durata d considerata.

L'assunzione più semplice e più frequentemente adottata consiste nel considerare costante tale intensità. In tal caso, la curva $h(t)$ che rappresenta la pioggia complessivamente caduta a partire dall'istante iniziale assume la forma di una retta. In caso di applicazione del modello con relazione di tipo monomio tra altezze e durate di pioggia, si fa di norma riferimento ad uno ietogramma di questo tipo, in quanto ciò consente la definizione di una relazione relativamente semplice per il calcolo della portata massima attesa, secondo quanto verrà più oltre descritto.

3 Raggiungimento delle piogge all'area

Sia che siano riferiti ai dati provenienti da un'unica stazione, sia che risultino dalla combinazione dei dati registrati in più stazioni limitrofe, i valori di altezza di pioggia calcolati come sopra indicato sono validi soltanto in un punto, che può essere definito come “centro di scroscio” e non possono essere tout-court riferiti ad un'area di vaste porzioni.

Per giustificare l'affermazione di cui sopra, si deve prendere in esame la forma caratteristica di norma assunta dal “solido di pioggia”, durante le precipitazioni di maggiore intensità. Gli eventi più intensi presentano un'area, di estensione abbastanza limitata, nella quale l'intensità di pioggia è massima ed un'area periferica, di proporzioni maggiori, interessata da altezze di pioggia decrescenti. Le curve di pioggia sopra descritte, essendo state ricavate sulla base dei valori massimi annui di intensità di pioggia, sono basate su eventi nei quali il “centro di scroscio” coincideva con la posizione della stazione di misura. Per estendere il risultato ottenuto su base puntuale ad un'area di vaste proporzioni, il valore di intensità puntuale di pioggia riferito al “centro di scroscio” deve essere progressivamente ridotto (“raggiungimento”), per tenere conto di due aspetti:

- 1) al crescere dell'area del bacino vengono comprese aree periferiche di estensione via via crescente con intensità di pioggia progressivamente decrescente;
- 2) all'aumentare dell'area del bacino diviene sempre meno probabile che la forma del “centro di scroscio”, caratterizzato da intensità maggiore e pressoché costante, venga a coincidere perfettamente con l'area del bacino stesso.

Il raggiungimento delle piogge all'area viene generalmente eseguito con l'ausilio della relazione di Columbo (1960), proposta per l'area urbana di Milano, ma ritenuta valida per buona parte dell'alta pianura lombarda, e con la formula di Puppini, ricavata invece in precedenza (1931) per l'area di competenza del Consorzio della Bonifica Renana (BO). Nelle comuni applicazioni, si tende ad utilizzare la formula di Columbo per bacini medio piccoli, di estensione fino a 10 km², per ricorrere invece alla relazione di Puppini per bacini di maggiore estensione (fino a 600 km²).

Le relazioni che legano fra loro il coefficiente di raggiungimento, r , la durata di pioggia (d , espressa in [h]) e l'area del bacino (A , in [ha]) sono rispettivamente le seguenti:

$$r = \left[1 - 0,06 \left(\frac{A}{100} \right)^{0,4} \right] \cdot d^{0,003 \left(\frac{A}{100} \right)^{0,6}}$$

(Columbo) e

$$r = \left[1 - 0,052 \cdot \left(\frac{A}{100} \right) + 0,002 \cdot \left(\frac{A}{100} \right)^2 \right] \cdot d^{0,0175 \left(\frac{A}{100} \right)}$$

(Puppini).

4 Modello di trasformazione afflussi - deflussi

4.1 Introduzione

Una volta definita la pioggia di progetto caratterizzata da: un'altezza di precipitazione, una durata

ed un andamento temporale (ietogramma), è necessario provvedere al calcolo dell'effetto prodotto dalla pioggia di progetto sul bacino in esame.

Il calcolo procede attraverso due passaggi:

- 1) determinazione della pioggia netta (ovvero della frazione di pioggia che concorre alla formazione dell'onda di piena);
- 2) formulazione di un modello matematico per la descrizione del comportamento del bacino in esame, mediante ricorso a modelli afflussi - deflussi, diffusi in letteratura, e taratura dei relativi parametri.

Esso viene svolto nell'ipotesi che le portate meteoriche drenate dai fondi privati vengano per intero conferiti alla rete di fognatura comunale.

4.2 Determinazione della pioggia netta

Secondo il modello adottato, il valore della pioggia netta viene determinato attraverso il parametro detto coefficiente di deflusso ϕ , dato dal rapporto tra l'altezza di pioggia trasformata in deflusso (pioggia netta) e l'altezza di pioggia complessiva caduta nel corso dell'evento meteorico (pioggia lorda). Il modello si basa sull'assunto che il valore del coefficiente di deflusso aumenti progressivamente durante l'evento piovoso, in proporzione alla quantità di pioggia caduta, in base alla relazione:

$$\phi = c_F \cdot h_d^{1/3}$$

Esprimendo l'altezza di pioggia h_d per mezzo della “Curva di Possibilità Climatica”, nella sua formulazione monomia, la relazione che fornisce il valore della pioggia netta p risulta la seguente:

$$p_{netta} = \phi \cdot h_d = c_F \cdot h_d^{1/3} \cdot h_d = c_F \cdot h_1^{4/3} \cdot d^{4n/3}$$

Introducendo il nuovo parametro ϕ_1 , che indica il valore del coefficiente di deflusso per piogge di durata oraria, affinché risulti:

$$p_1 = \phi_1 \cdot h_1 = c_F \cdot h_1^{4/3}$$

deve risultare:

$$c_F = \phi_1 \cdot h_1^{-1/3}$$

Per la stima dei valori ϕ_1 vi è una abbondante letteratura che documenta la loro determinazione per via sperimentale per diverse tipologie di copertura superficiale, cui normalmente si attinge nella pratica progettuale e di verifica delle reti di fognatura urbana. Nel caso in esame, sono stati assunti i valori di base suggeriti dal Regolamento, ovvero:

- 1,00, per superfici impermeabili;
- 0,70, per superfici permeabili;
- 0,30, per aree permeabili.

4.3 Formulazione di un modello matematico per la descrizione del comportamento del bacino in esame

4.3.1 Formulazione generale

Il modello di trasformazione storicamente più diffuso è quello di Nash, che rappresenta il bacino idrografico con un insieme formato da n serbatoi in serie, nel quale la portata uscente da ciascun serbatoio è direttamente proporzionale al volume di acqua contenuto nel serbatoio medesimo. Il comportamento di un sistema di questo tipo a fronte di un afflusso meteorico viene rappresentato da una funzione $h(t)$ detta “*idrogramma unitario istantaneo*” (IUH), che rappresenta l’effetto nel tempo, in termini di portata, provocato da una pioggia impulsiva (ovvero, rappresentata da un idrogramma corrispondente alla caduta di un volume unitario per una durata nulla) occorsa nell’istante iniziale.

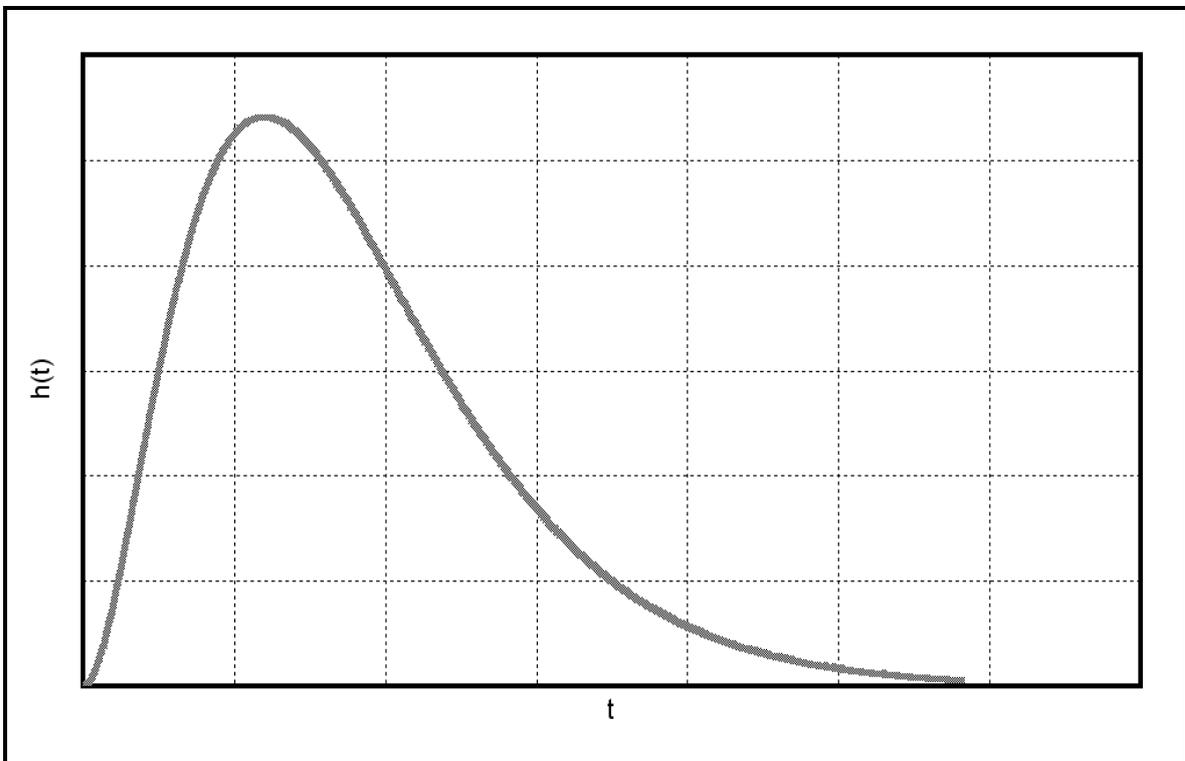


Figura 1: forma caratteristica dell’Idrogramma Unitario Istantaneo prodotto dall’applicazione del modello di Nash

La funzione, nell’incognita t (tempo), è la seguente:

$$h(t) = \frac{1}{(n-1)!} \cdot \frac{t^{n-1}}{k} \cdot e^{-t/k}$$

Il parametro k che in essa compare ha le dimensioni di un tempo e rappresenta la costante di proporzionalità tra volume invasato e portata in uscita. Il parametro n , invece, indica il numero di serbatoi in serie considerato.

Introducendo la relazione $\Gamma(n)$, e tenuto conto della proprietà di tale funzione indicata

nell'espressione che segue:

$$\Gamma(n) = (n-1)! \quad \forall n \text{ intero}$$

il modello di Nash può essere esteso a sistemi caratterizzati da un numero qualsiasi di serbatoi in serie, non necessariamente intero, sino a trovare il valore che meglio si adatta alle caratteristiche del bacino in esame e ai dati sperimentali disponibili. La forma normalmente assunta dalla funzione $h(t)$ è rappresentata nel grafico di figura n. 1.

Una volta definito l'idrogramma unitario istantaneo $h(t)$, la portata per unità di area alla sezione di uscita del bacino considerato, $q(t)$, viene calcolata in funzione della pioggia netta, $p(t)$, attraverso la soluzione dell'integrale seguente:

$$q(t) = \int_0^t p(\tau)h(t - \tau)d\tau$$

La funzione $p(t)$ viene ricavata distribuendo la pioggia netta di progetto, calcolata come sopra indicato, sullo ietogramma di progetto prescelto. Il calcolo dell'integrale che determina il valore della portata q deve essere ripetuto diverse volte, per diversi valori della durata di pioggia, sino ad ottenere la stima della pioggia da considerare "critica" per il bacino, con tempo di ritorno assegnato.

4.3.2 Formulazione semplificata, utilizzata in caso di adozione del modello con relazione tra altezze e durate di pioggia di tipo monomio

In caso di adozione del modello storicamente più diffuso in Italia e nell'ipotesi che il bacino possa essere descritto da un modello di Nash con un unico serbatoio, le relazioni sopra descritte possono essere notevolmente semplificate con l'introduzione di un solo ulteriore parametro, W (volume specifico di invaso massimo, espresso in [l/mq]), che indica il volume idrico temporaneamente immagazzinato nel bacino.

Esso risulta dalla somma di due contributi:

- w_1 , per aree urbane di norma compreso tra 6 e 10 l/m², che rappresenta il valore dei piccoli invasi superficiali, dipendente soprattutto dalla morfologia del bacino, maggiore è l'acclività del terreno, minore sarà il volume invasato;
- w_2 , pari a $\log(A)^{1,5}$, con A pari all'estensione del bacino (in [ha]), che indica il valore del volume d'acqua contenuto nei condotti di fognatura a monte della sezione considerata per il calcolo.

Il valore critico della portata per unità di estensione del bacino, che prende il nome di coefficiente udometrico (u , usualmente espresso in [l/s-ha]) viene dunque espresso dalla seguente relazione:

$$u = Kn_0 \frac{(\phi_1 \cdot a')^{\frac{1}{n_0}}}{W^{\left(\frac{1}{n_0}-1\right)}}$$

nella quale i nuovi parametri K , a' e n_0' assumono i valori che seguono:

$$K = 2168$$

$$a' = a \left[1 - 0.06 \left(\frac{A}{100} \right)^{0.4} \right]$$

$$n'_0 = \frac{4}{3} n'$$

$$n' = n + 0.003 \left(\frac{A}{100} \right)^{0.6}$$

dove a e n sono i valori stimati nella determinazione della Curva di Possibilità Climatica con la formula monomia riportata al precedente § 4.1.

Applicando le equazioni fondamentali del modello, come sopra descritte, si può giungere a simulare il comportamento della rete per qualsiasi evento meteorico, semplicemente individuando la coppia di valori (a, n) in grado di descrivere la relazione fra durate ed altezze di pioggia proprie di quell'evento.

Bibliografia

Autorità di Bacino del fiume Po (a cura di): “Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI) – Linee generali di assetto idraulico e idrogeologico (elaborato 3) – Arno, Rile, Tenore (elaborato 3.5.)”, Parma, Autorità di Bacino del fiume Po, 2001

Autorità di Bacino del fiume Po (a cura di): “Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico – Norme di attuazione”, Parma, Autorità di Bacino del fiume Po, 2001

Carimati, R.; Zaro, G.: “Definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del Piano di Governo del Territorio”, Gornate Olona, Amministrazione Comunale di Gornate Olona, 2013

Carimati, R.; Zaro, G.: “Determinazione del reticolo idrico minore ai sensi della D.G.R. n. 7/7868 del 25 gennaio 2002 e successive modifiche ed integrazioni”, Gornate Olona, Amministrazione Comunale di Gornate Olona, 2013

Mazzucchelli, M., Mazzucchelli, A., Pozzi, R.: “Piano di Governo del Territorio”, Gornate Olona, Amministrazione Comunale di Gornate Olona, 2011