COMUNE DI AGRA
PROVINCIA DI VARESE

DOCUMENTO SEMPLIFICATO 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.R. 11.03.2005, n. 12

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

data giugno 2020
rev.
rev.

dott. ing. MAURIZIO GIROLDI

via Cairoli, 26 – 21016 LUINO (VA)
tel/fax 0332/536014
e-mail: m.giroldi@studiogiroldi.it

dott. ing. GIORGIO AMOLARI
STUDIO INGEGNERIA IDRAULICA-AMBIENTALE
via Parini, 16 – 21040 VENEGONO SUPERIORE (VA)
tel/fax 0331/820920
e-mail: ing.amolari@libero.it

studio di geologia e geotecnica
dott. ing. AMEDEO DORDI
via XXV Aprile, 121 – 21016 LUINO (VA)
tel/fax 0332/535661
e-mail: adordi@libero.it

INDICE

1 Premessa 3

2 Caratteri idrologici locali 4

2.1 Definizione degli eventi meteorici di riferimento 4
2.1.1 Generalità 4
2.1.2 Evento di riferimento per tempo di ritorno 2 anni 6
2.1.3 Evento di riferimento per tempo di ritorno 10 anni 7
2.1.4 Evento di riferimento per tempo di ritorno 50 anni 7
2.1.5 Evento di riferimento per tempo di ritorno 100 anni 7
2.1.6 Altezze di pioggia espresse in forma tabellare 8
2.2 Eventi alluvionali occorsi in passato 8
2.2.1 Obiettivi e limiti dell'indagine 8
2.2.2 Eventi del maggio e novembre 2002 9
2.2.3 Evento del settembre 2008 11
2.2.4 Evento del luglio 2009 12
2.2.5 Evento dell'agosto 2012 13
2.2.6 Evento del dicembre 2013 14
2.2.7 Eventi occorsi nell'agosto e nel novembre 2014 16
2.2.8 Evento del giugno 2017 18
2.2.9 Evento del luglio 2018 19
2.2.10 Evento del novembre 2018 20

3 Delimitazione delle aree a rischio 21

3.1 Orografia del territorio comunale e dotazioni infrastrutturali 21
3.1.1 Orografia del territorio comunale 21
3.1.2 Caratteristiche geologiche e di permeabilità 21
3.1.3 Dinamica geomorfologica 22
3.1.4 Idrografia di superficie ed idrogeologia 24
3.1.5 Rete di drenaggio urbano 25
3.2 Mappatura delle aree vulnerabili dal punto di vista idraulico 29
3.2.1 Aree già individuate nello studio geologico del territorio comunale 29
3.2.2 Aree già individuate nel P.G.R.A. 29
3.2.3 Aree già individuate nel P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico) 30
3.2.4 Aree individuate mediante analisi diretta 30
3.2.5 Distribuzione delle aree vulnerabili nel territorio comunale 32

4 Attuazione delle politiche di invarianza a scala comunale 33

4.1 Misure strutturali 33
4.1.1 Definizione normativa 33
4.1.2 Misure afferenti alla regimazione delle acque di superficie 34

4.1.3 Misure di dettaglio concepite per gli ambiti di nuova trasformazione 35
4.1.4 Aree da riservare all'attuazione delle misure strutturali di invarianza 40
4.2 Misure non strutturali 40
4.2.1 Definizione normativa 40
4.2.2 Individuazione delle aree non idonee alla infiltrazione al suolo 41

5 Integrazione con gli altri strumenti di pianificazione comunale 42

APPENDICE N.1: ALTEZZE DI PIOGGIA DI RIFERIMENTO 43

Bibliografia 44

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 reca, all'art. 14, secondo comma, l'obbligo, per tutti i Comuni ricadenti nel territorio regionale, di provvedere, entro nove mesi dalla data di pubblicazione del Regolamento stesso, alla redazione di un "documento semplificato del rischio idraulico comunale", compilato secondo i criteri enunciati all'ottavo comma del medesimo articolo, e contenente:

- la delimitazione delle aree a rischio idraulico del territorio comunale, come definibili in base agli atti pianificatori esistenti, alle documentazioni storiche e 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).

Il presente documento, redatto in forza dell'incarico conferito dall'Unione dei Comuni Lombarda Prealpi con Determinazione n. 16 del 17.09.2018 al RTP costituito dal dott. ing. Maurizio Giroldi, dal dott. ing. Giorgio Amolari e dal dott. geol. Amedeo Dordi, costituisce adempimento all'obbligo normativo sopra richiamato.

Esso comprende:

- definizione degli eventi meteorici di riferimento, a prevalente uso dei Professionisti che saranno chiamati a redigere progetti di opere di invarianza idraulica ed idrologica sul territorio comunale;
- la definizione delle principali caratteristiche del territorio comunale rilevanti ai fini dell'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica indicati nel testo normativo;
- la delimitazione delle aree a rischio;
- l'indicazione sommaria delle opere di interesse pubblico da prevedere per risolvere le criticità idrauliche emerse nel corso dello studio;
- l'indicazione delle misure non strutturali ritenute opportuno ai fini del conseguimento degli obiettivi fissati dal Regolamento, suscettibili di ricadute sul Piano delle Regole.

In chiusura del documento si riporta una Appendice dedicata alla descrizione del regime pluviometrico caratteristico del territorio comunale.

2 Caratteri idrologici locali

2.1 Definizione degli eventi meteorici di riferimento

2.1.1 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:

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

  nella quale 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 Agra, di estensione abbastanza limitata, i parametri di riferimento assumono valori omogenei sull'intero territorio comunale. Vengono di seguito riportati i parametri assegnati per il nucleo storico di Agra (figura n. 1).

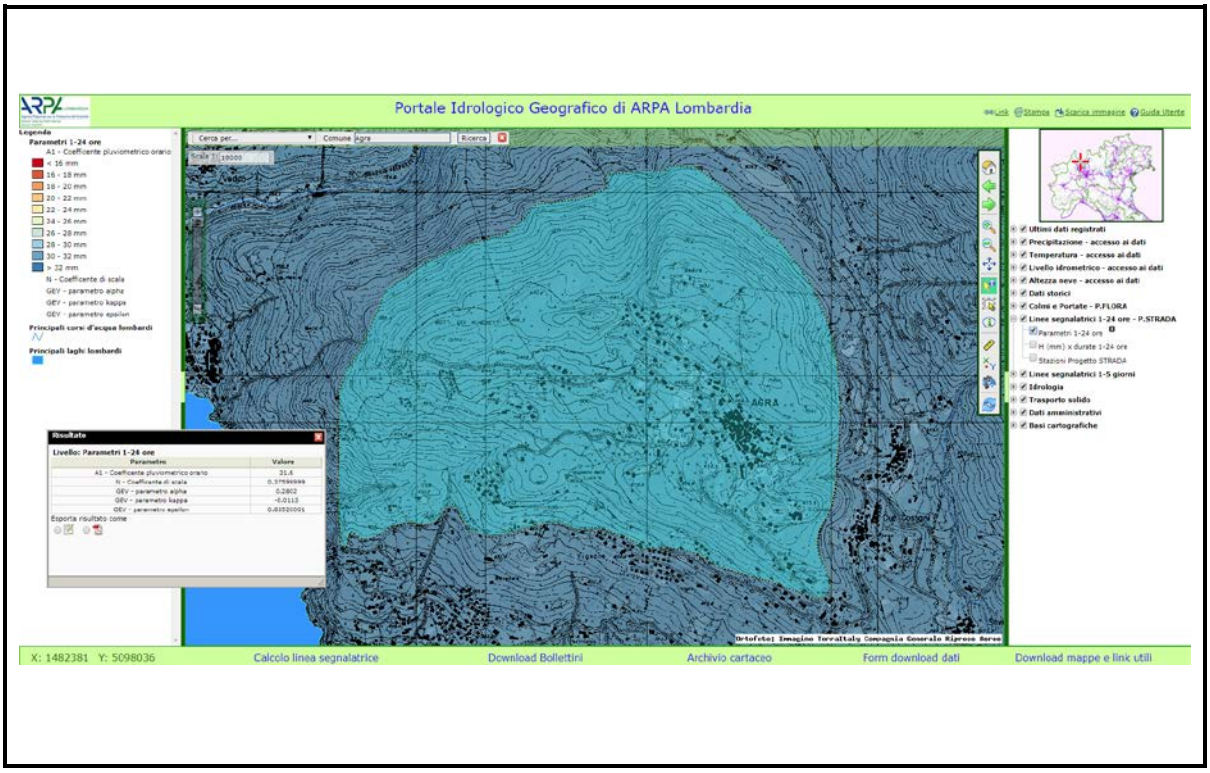

Figura 1: *distribuzione spaziale dei parametri che caratterizzano le L.S.P.P. nell'intorno dell'abitato di Agra, per piogge di durata da 1 a 24 h (fonte: sito web A.R.P.A. Lombardia)*

Si ricavano i valori che seguono:

- a_1: 31,60 mm;
- n: 0,3760;
- α: 0,2802;
- k: -0,0113;
- ε: 0,8352.

In ossequio alle indicazione 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 di Agra (figura n. 2).

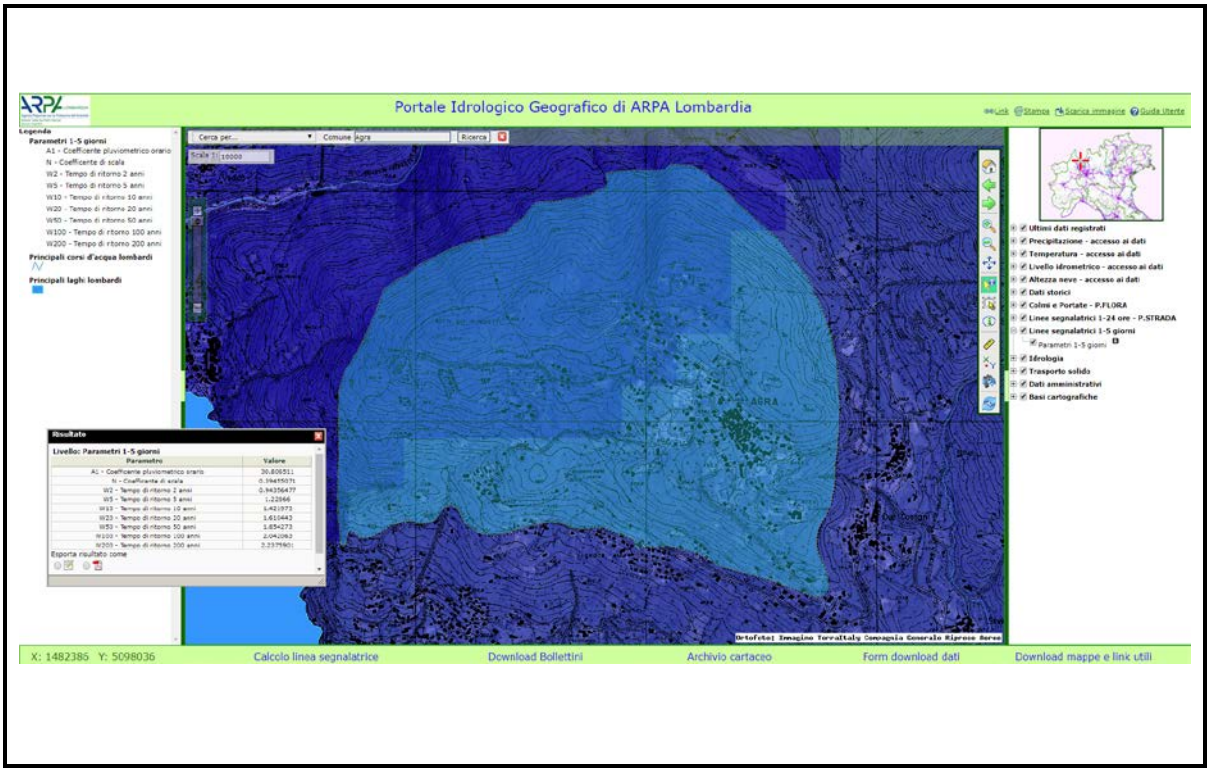

Figura 2: *distribuzione spaziale dei parametri che caratterizzano le L.S.P.P. nell'intorno dell'abitato di Agra, per piogge di durata da 1 a 5 giorni (fonte: sito web A.R.P.A. Lombardia)*

In un punto preso casualmente in prossimità dell'abitato di Agra, il coefficiente pluviometrico orario a_1 (figura n. 2) assumeva il valore 30,806511 mm, al fattore di scala n veniva attribuito il valore 0,3945507, mentre i parametri $w(T)$ venivano espressi in forma tabellare, come segue:

- w_2: 0,9435648;
- w_{10}: 1,421973;
- w_{50}: 1,854273;
- w_{100}: 2,042063.

2.1.2 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:

$$h_2 = 29{,}6443 \cdot D^{0{,}50} ;$$

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

$$h_2 = 29{,}6443 \cdot D^{0{,}3760} ;$$

- per durate D di pioggia superiori a ventiquattro ore:

$$h_2 = 29{,}0679 \cdot D^{0{,}3946} .$$

2.1.3 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:

$$h_{10} = 46{,}5733 \cdot D^{0{,}50} ;$$

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

$$h_{10} = 46{,}5733 \cdot D^{0{,}3760};$$

- per durate *D* di pioggia superiori a ventiquattro ore:

$$h_{10} = 43{,}806 \cdot D^{0{,}3946} .$$

2.1.4 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:

$$h_{50} = 61{,}7143 \cdot D^{0{,}50} ;$$

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

$$h_{50} = 61{,}7143 \cdot D^{0{,}3760} ;$$

- per durate *D* di pioggia superiori a ventiquattro ore:

$$h_{50} = 57{,}1237 \cdot D^{0{,}3946} .$$

2.1.5 Evento di riferimento per tempo di ritorno 100 anni

Lo scenario corrispondente ad eventi ricorrenti con cadenza secolare è quello da assumere a riferimento per la verifica del comportamento delle opere in condizioni estreme, e corrisponde ad altezze di pioggia risultanti dall'applicazione delle relazioni che seguono:

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

$$h_{100} = 68{,}2007 \cdot D^{0{,}50} ;$$

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

$$h_{100} = 68{,}2007 \cdot D^{0{,}3760} ;$$

- per durate *D* di pioggia superiori a ventiquattro ore:

$$h_{100} = 62{,}9088 \cdot D^{0{,}3946} .$$

2.1.6 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.

2.2 Eventi alluvionali occorsi in passato

2.2.1 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.

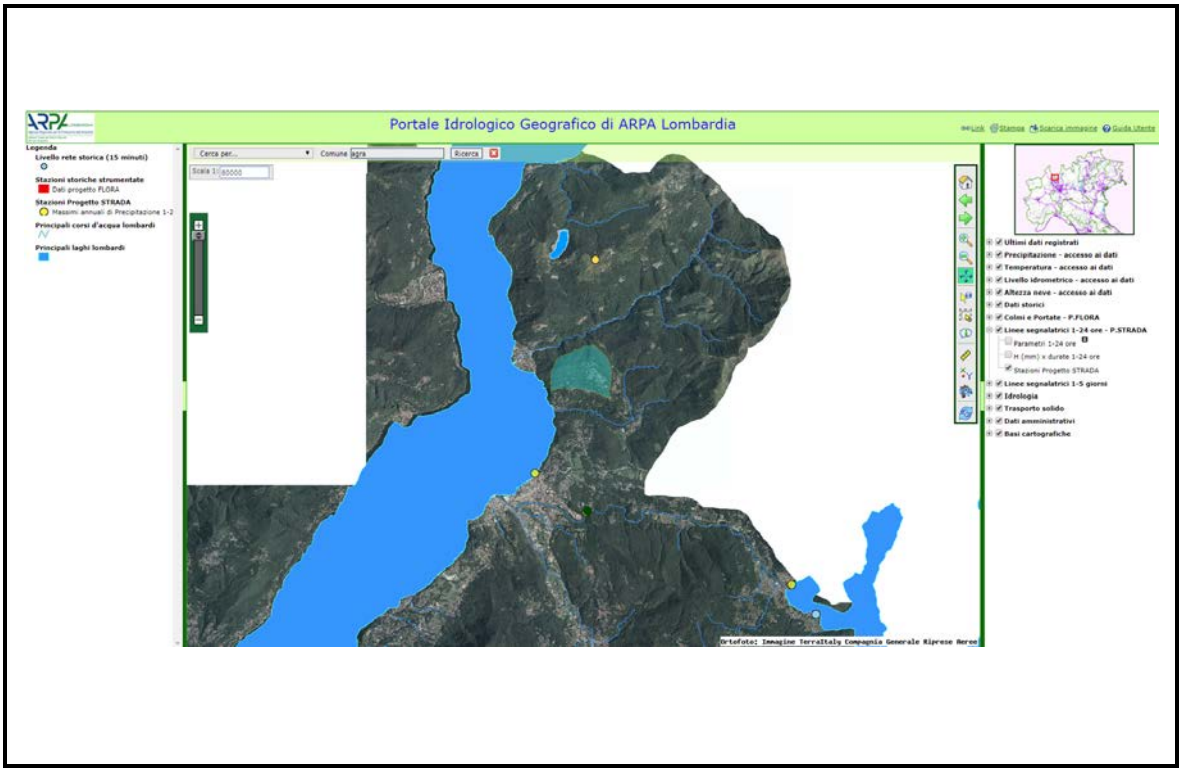

Figura 3: *individuazione dei limiti del territorio comunale, con indicazione delle stazioni pluviometriche di Luino (lungo la sponda del lago Maggiore) e monte Cadrigna, a Nord (fonte: sito web A.R.P.A. Lombardia)*

Stante la collocazione geografica del territorio comunale, l'analisi venne condotta con riferimento ai dati forniti dalle stazioni pluviometriche di misura di Luino (disposta sul lungolago) e di Veddasca (ubicata presso la sommità del monte Cadrigna, a Nord dell'abitato (figura n. 3).

In particolare, le informazioni raccolte presso la stazione di monte Cadrigna furono assunte a riferimento per la rappresentazione degli eventi attesi sulle alture, nelle zone più lontane dalla sponda lacuale. I dati registrati a Luino si rivelarono in ogni caso estremamente preziosi sia per rappresentare gli eventi occorsi sui versanti digradanti verso il lago, sia per sopperire alla scarsa consistenza temporale della serie di dati disponibili alla stazione di monte Cadrigna (attiva solo dal 2013).

Ulteriori dati vennero assunti dalle stazioni di registrazione situate al di fuori dell'area rappresentata nello stralcio planimetrico della precedente figura n. 3, per dare rappresentazione di un evento particolarmente significativo occorso nel maggio 2002 e non registrato alla stazione di Luino. In particolare, si fece riferimento ai dati raccolti alle stazioni di Ispra (all'epoca gestita da ERSAF, successivamente presa in gestione da ARPA Lombardia, con la denominazione Ispra-prato, ed oggi non più attiva) e di Magadino (Ticino, CH), gestita dall'Ufficio cantonale dell'Aria, del Clima e delle Energie Rinnovabili (UACER), le cui registrazioni storiche sono disponibili sul web all'indirizzo https://www.oasi.ti.ch/web/dati/selezione-avanzata.html. La stazione di Magadino è sita in località Cadenazzo, a circa 15 km dal confine, mentre la stazione di Ispra dista poco più di 20 km, in linea d'aria, dalla stazione di registrazione di Luino.

2.2.2 Eventi del maggio e novembre 2002

Nel maggio 2002 ebbe luogo un evento meteorico che lungo la sponda del Verbano risultò caratterizzato da altezze di pioggia mai raggiunte dalle rilevazioni strumentali fino ad allora disponibili (figure nn. 4 e 5).

L'evento, qui descritto dalle registrazioni acquisite presso la stazione di rilevamento disponibili (Ispra e Magadino), fu caratterizzato da intensità di pioggia molto elevate e praticamente costanti per una vasta area e un ampio arco temporale, fino a raggiungere le massime altezze di pioggia attese con tempo di ritorno di 50 anni, per durate di pioggia di circa quattro ore, ed assumendo le caratteristiche proprie dell'evento catastrofico (tempo di ritorno stimato superiore a 200 anni), per durate di pioggia superiori a circa sei ore.

Nella medesima area, il mese di novembre del medesimo anno si verificò un nuovo episodio meteorologico di caratteristiche analoghe, con piogge regolari, di media intensità, estese su un'area molto vasta e protrattesi per lunghi periodi di tempo. Tanta regolare persistenza (rappresentata nel diagramma di figura n. 8, tracciato sulla base delle uniche registrazioni disponibili per l'evento, dalla stazione di Magadino) diede luogo ad un evento che per durate di pioggia di circa 24 ore raggiunse dimensioni paragonabili ad un evento ricorrente con tempo di ritorno di 50 anni, per assumere dimensioni eccezionali per durate superiori a 36 h, con tempi di ritorno via via crescenti per durate maggiori, con tempo di ritorno stimato abbondantemente superiore a 200 anni. Ne risultarono il superamento dei livelli di guardia del lago Maggiore, importanti episodi di piena lungo il Tresa e gli altri corpi idrici dell'alto Varesotto, e l'innesco di diversi movimenti franosi.

Le conseguenze storicamente prodotte da questi due eventi possono essere assunte come significativamente rappresentative dello scenario di piena estremo che può essere atteso lungo aste torrentizie caratterizzate da tempi di corrivazione di qualche ora, ovvero, più in generale, di bacini di media estensione caratterizzati da rilevante copertura boschiva, piuttosto diffusi nel territorio comunale.

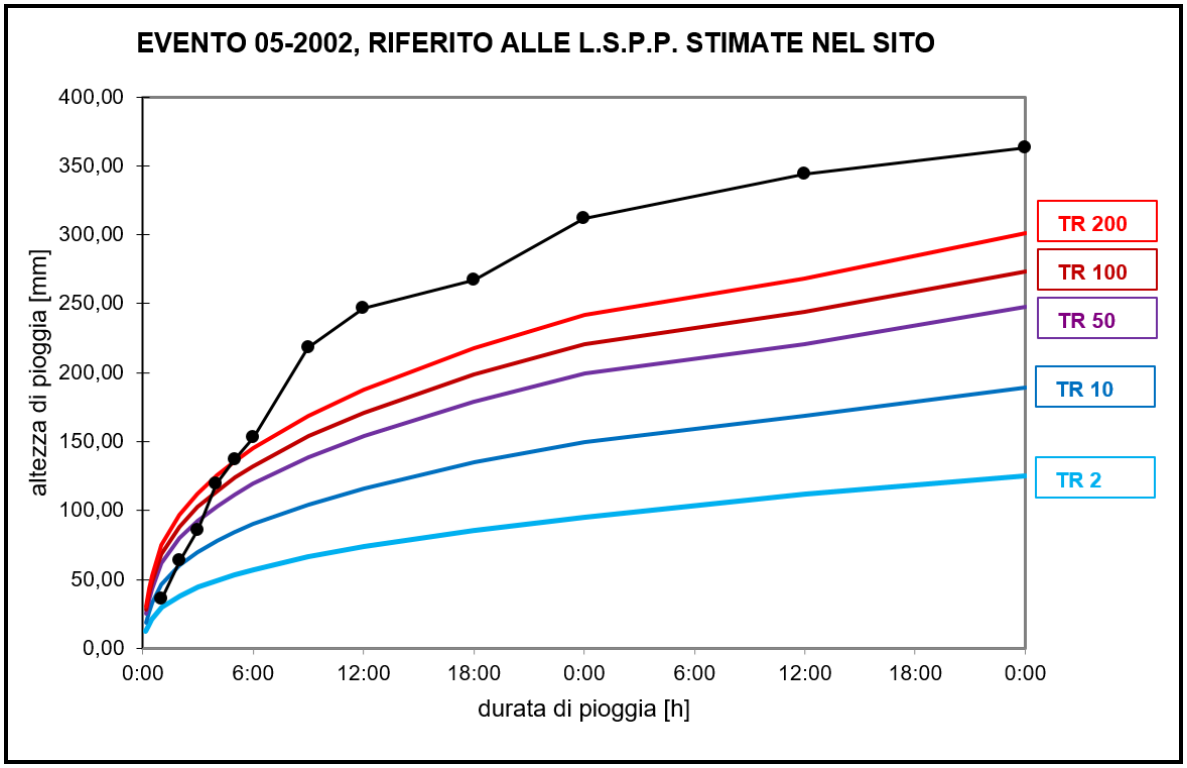

Figura 4: *la successione di altezze cumulate di pioggia registrate presso la stazione ERSAF di Ispra nei primi giorni di maggio 2002 (segni di colore nero); per confronto, sono riportate le Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (L.S.P.P.) stimate da ARPA Lombardia per il medesimo sito*

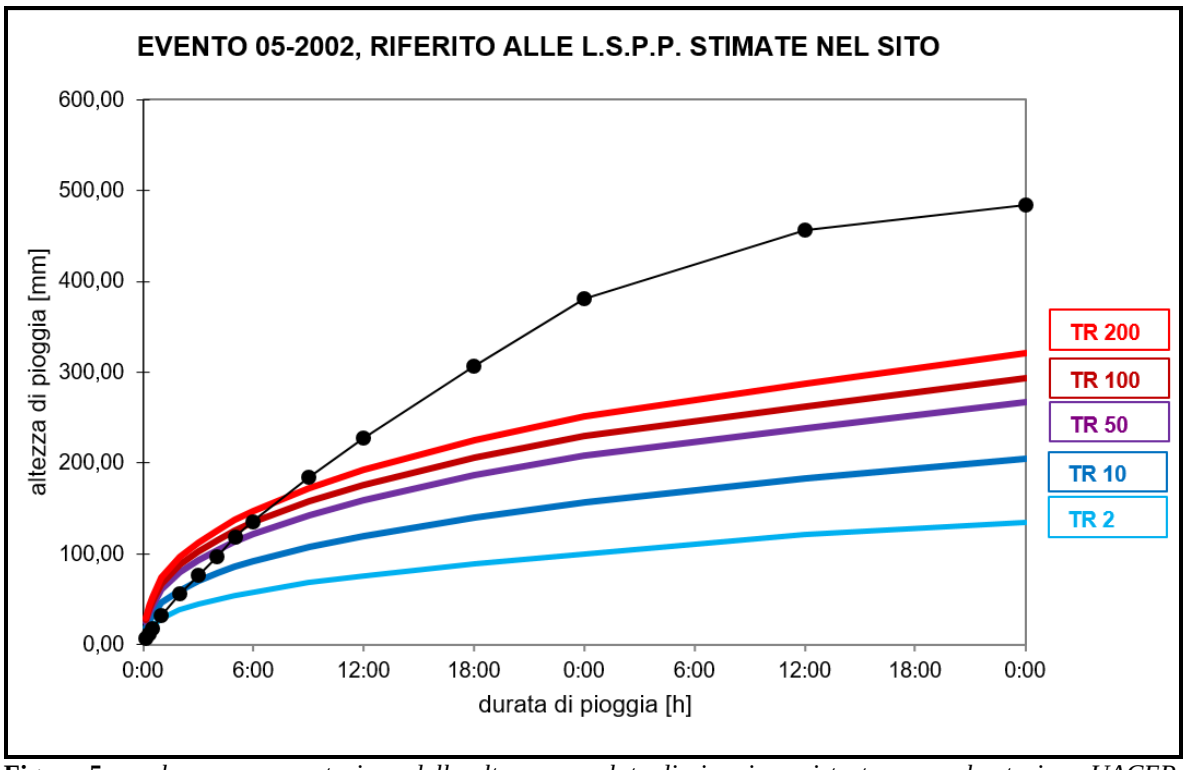

Figura 5: *analoga rappresentazione delle altezze cumulate di pioggia registrate presso la stazione UACER di Magadino (CH) nei primi giorni di maggio 2002 (segni di colore nero), confrontate con le L.S.P.P. stimate da ARPA Lombardia per le aree in territorio italiano più vicine al medesimo sito*

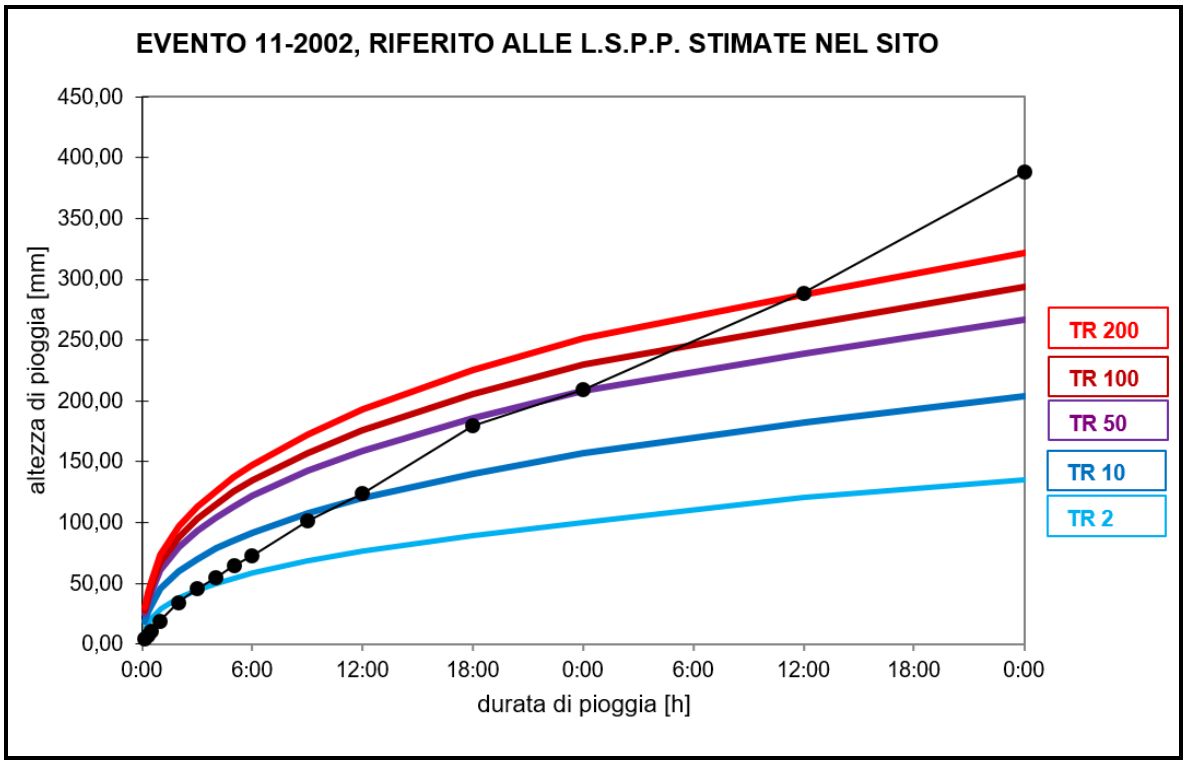

Figura 6: *la successione di altezze cumulate di pioggia registrate presso la stazione UACER di Magadino (CH) nel corso dell'evento occorso nel novembre 2002 (segni di colore nero); per confronto, sono riportate le Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (L.S.P.P.) stimate da ARPA Lombardia per le aree in territorio italiano più vicine al medesimo sito*

2.2.3 Evento del settembre 2008

Le registrazioni effettuate il giorno 05.09.2008 presso la stazione di rilevamento di Luino (nell'occasione, l'unica funzionante, nell'intorno dell'area di nostro interesse) rendono conto di un evento di pioggia di un certo rilievo, caratterizzato da apprezzabile intensità (con tempo di ritorno superiore a 2 anni) fin dalle durate più brevi, con picchi degni di nota per l'intero campo di durate compreso fra 4 e 24 ore e maggiori di 36 ore (campo per il quale, secondo i dati riportati nel grafico di figura n. 7, si può stimare un tempo di ritorno costantemente superiore a 10 anni).

Pure in assenza di riscontri diretti sulle intensità assunte dall'evento sui rilievi ad una certa distanza dal lago, gli effetti prodotti dall'evento possono in prima approssimazione essere considerati rappresentativi delle principali criticità idrauliche presenti sul territorio comunale, in particolare all'interno di bacini medio-piccoli, caratterizzati da tempo di corrivazione di qualche ora.

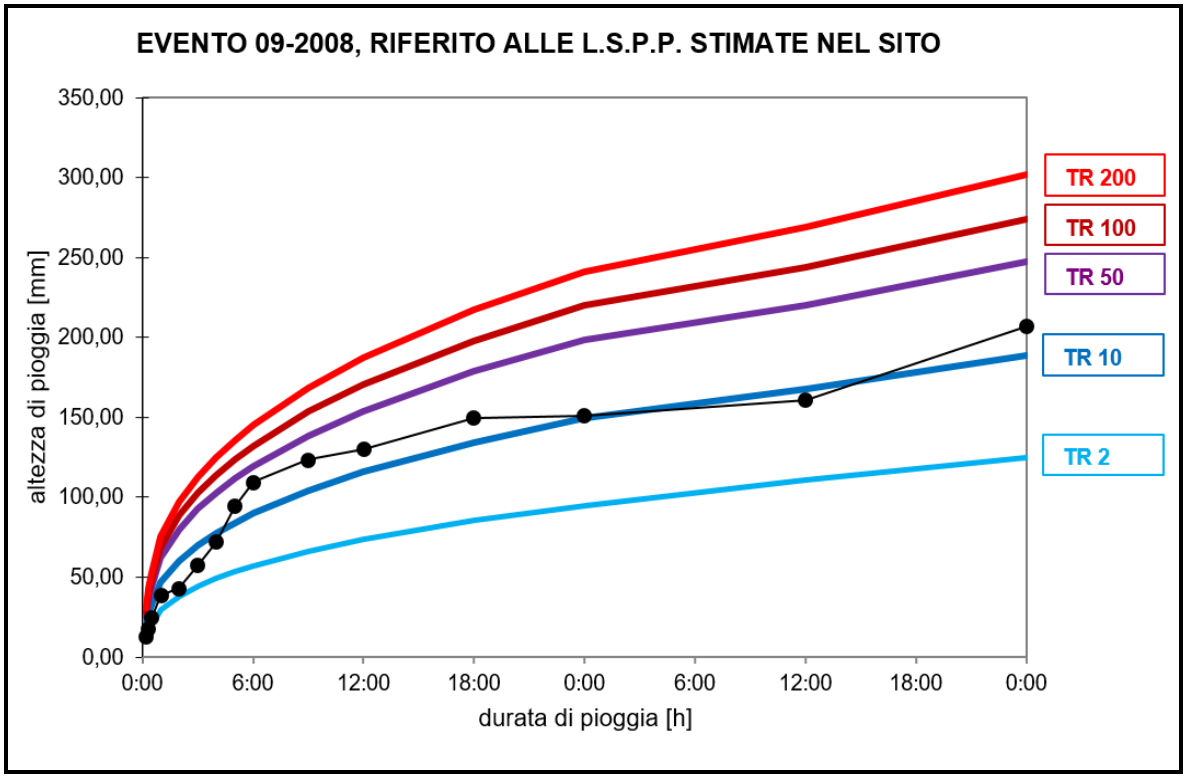

Figura 7: *massime altezze cumulate di pioggia registrate presso la stazione ARPA di Luino, nel corso dell'evento occorso nel mese di settembre 2008 (segni neri), per diverse durate di pioggia, sovrapposte alle L.S.P.P. stimate da ARPA Lombardia per il medesimo sito*

2.2.4 Evento del luglio 2009

Le caratteristiche dell'evento occorso in data 05.07.2009 appaiono di particolare rilevanza ai fini della nostra indagine, in quanto rendono questo ai fini pratici complementare a quello illustrato nel paragrafo precedente.

L'evento si caratterizzò per la presenza di un breve scroscio caratterizzato da un picco di intensità proprio di un evento con tempo di ritorno compreso fra 10 e 50 anni (per durate di pioggia di 2÷3 h). Lo scroscio avvenne all'interno di un evento con pioggia persistente per una lunga durata, generalmente caratterizzato da tempi di ritorno pari a circa 10 anni per durate fino a 6 h, e comunque non inferiori a 2 anni per durate maggiori (figura n. 8).

Come nel caso precedente, ed assumendo il medesimo grado di cautela, a motivo della relativa distanza esistente fra il luogo delle registrazioni ed il territorio comunale, nonché della differenza fra le rispettive situazioni orografiche, gli effetti prodotti dall'evento possono essere considerati significativi per l'esame delle situazioni di criticità idraulica esistenti nel territorio comunale, in modo particolare per i bacini naturali di dimensioni minori.

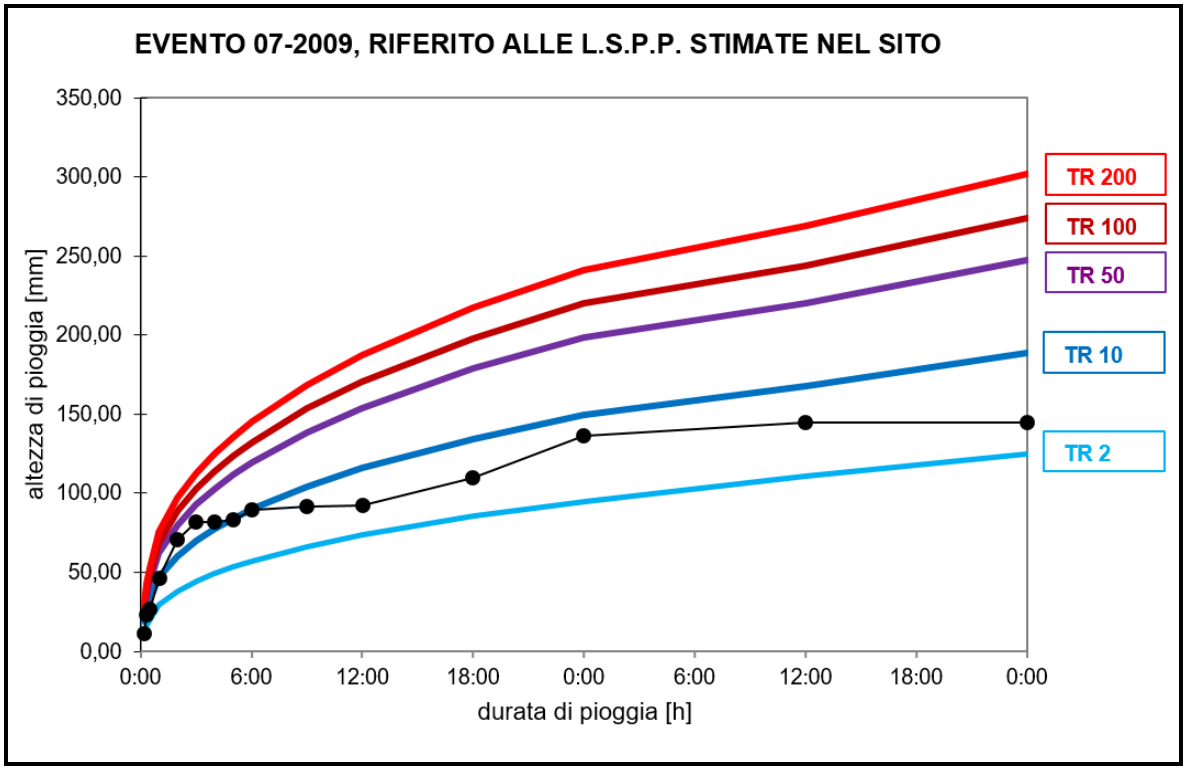

Figura 8: *massime altezze cumulate di pioggia registrate presso la stazione ARPA di Luino, nel corso dell'evento occorso nel mese di luglio 2009 (segni neri), per diverse durate di pioggia, sovrapposte alle L.S.P.P. stimate da ARPA Lombardia per il medesimo sito*

2.2.5 Evento dell'agosto 2012

Il 25 agosto 201 il Luinese venne interessato da una precipitazione di durata complessiva non superiore a 4 h, che denunziò intensità di scroscio che per l'intera durata dell'evento apparivano prossime a quelle attese con tempo di ritorno di 10 anni (figura n. 9).

Pur con le consuete cautele (le registrazioni furono condotte sulla sponda del lago, in condizioni orografiche generalmente differenti da quelle proprie del territorio comunale e ad una certa distanza da questo), l'evento può essere assunto come rappresentativo del comportamento dei piccoli bacini che solcano i versanti vallivi nel territorio comunale, a fronte di eventi relativamente intensi.

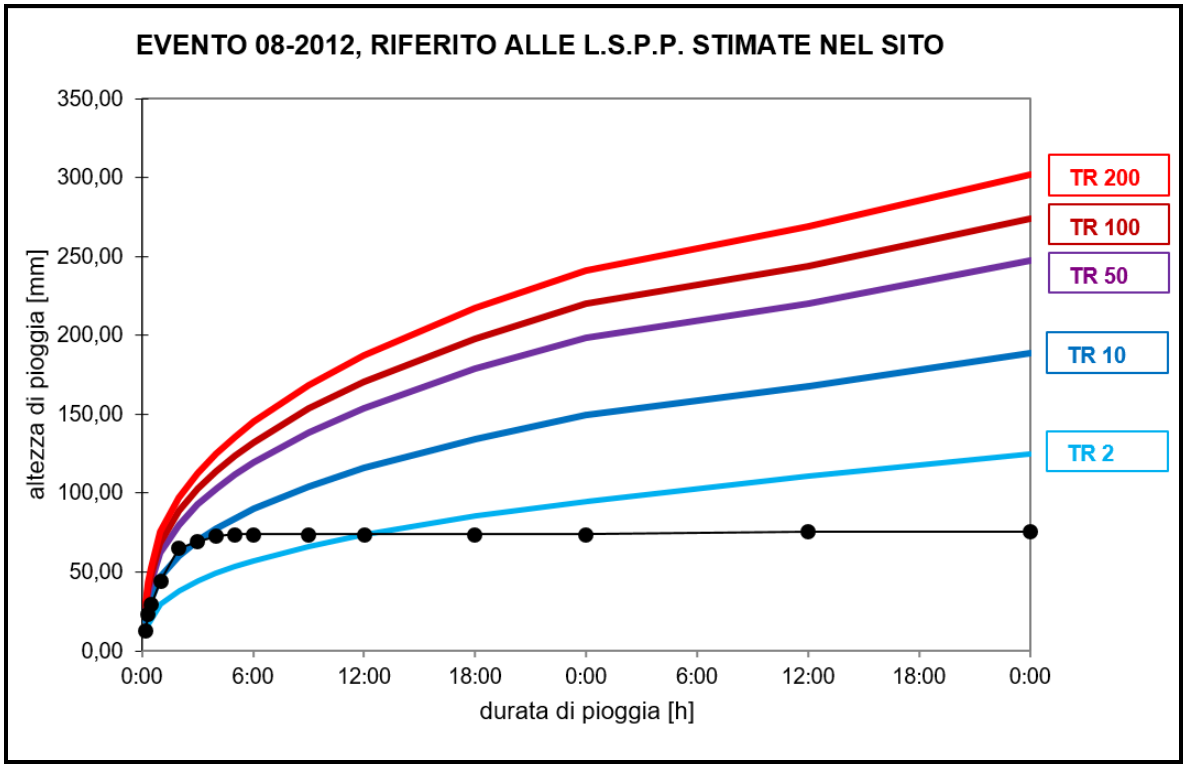

Figura 9: *massime altezze cumulate di pioggia registrate presso la stazione ARPA di Luino, nel corso dell'evento occorso nel mese di agosto 2012 (segni neri), per diverse durate di pioggia, sovrapposte alle L.S.P.P. stimate da ARPA Lombardia per il medesimo sito*

2.2.6 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 inensità costanti per scrosci particolarmente prolungati, il che diede luogo ad altezze di pioggia significative sia all'interno (figura n. 10), ove, per scrosci di durata superiore a 36 ore furono raggiunte altezze di pioggia prossime a quelle massime mediamente ricorrenti ogni 10 anni, sia lungo la sponda del lago (figura n. 11), ove si può stimare una significatività dell'evento solo lievemente inferiore.

In definitiva, l'evento possiede caratteristiche tali da poter essere assunto a riferimento per la definizione degli scenari di piena da assumere lungo l'asta dei torrenti principali, e più in generale ed in bacini con prevalente copertura boschiva di medie dimensioni.

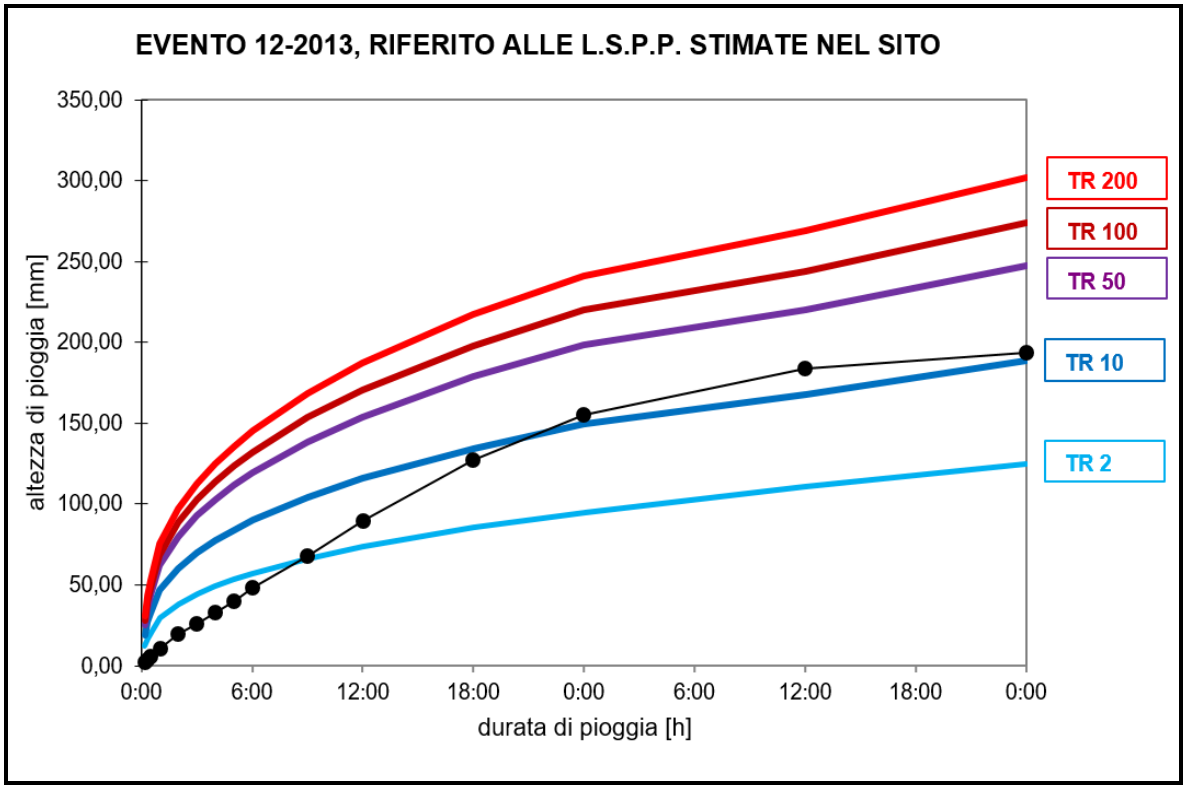

Figura 10: *massime altezze cumulate di pioggia registrate presso la stazione ARPA di Veddasca, nel corso dell'evento del Natale 2013 (segni neri), per diverse durate di pioggia, sovrapposte alle L.S.P.P. stimate da ARPA Lombardia per il medesimo sito*

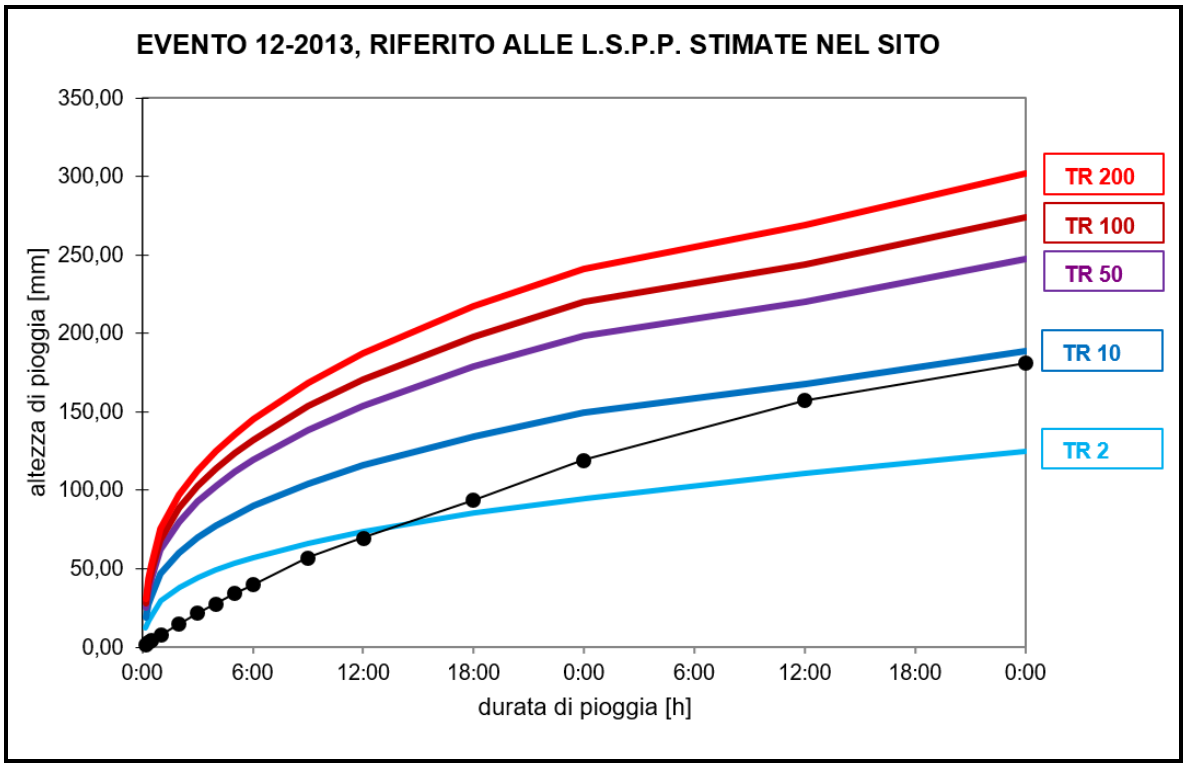

Figura 11: *analoga rappresentazione dei valori registrati presso la stazione ARPA di Luino, nel corso dell'evento del Natale 2013 (segni neri), sovrapposti alle L.S.P.P. stimate per il medesimo sito*

2.2.7 Eventi occorsi nell'agosto e nel novembre 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 di giugno, alla fine di luglio, nella seconda decade di agosto e verso la metà di novembre.

In particolare, per le finalità del presente elaborato, assumono particolare importanza le precipitazioni occorse nel mese di agosto, che per durate comprese fra tre e dodici ore assunsero, sui rilievi interni, tempi di ritorno compresi fra 10 e 50 anni (grafico di figura n. 12). Il medesimo evento ebbe intensità decisamente più basse lungo la sponda del lago, dove assunse caratteristiche proprie di un evento mediamente ricorrente ogni due anni.

Le conseguenze prodotte dall'evento possono essere assunte come rappresentative dello scenario di piena corrispondente a piene relativamente frequenti, localizzate nei bacini montani più distanti dalla sponda lacuale.

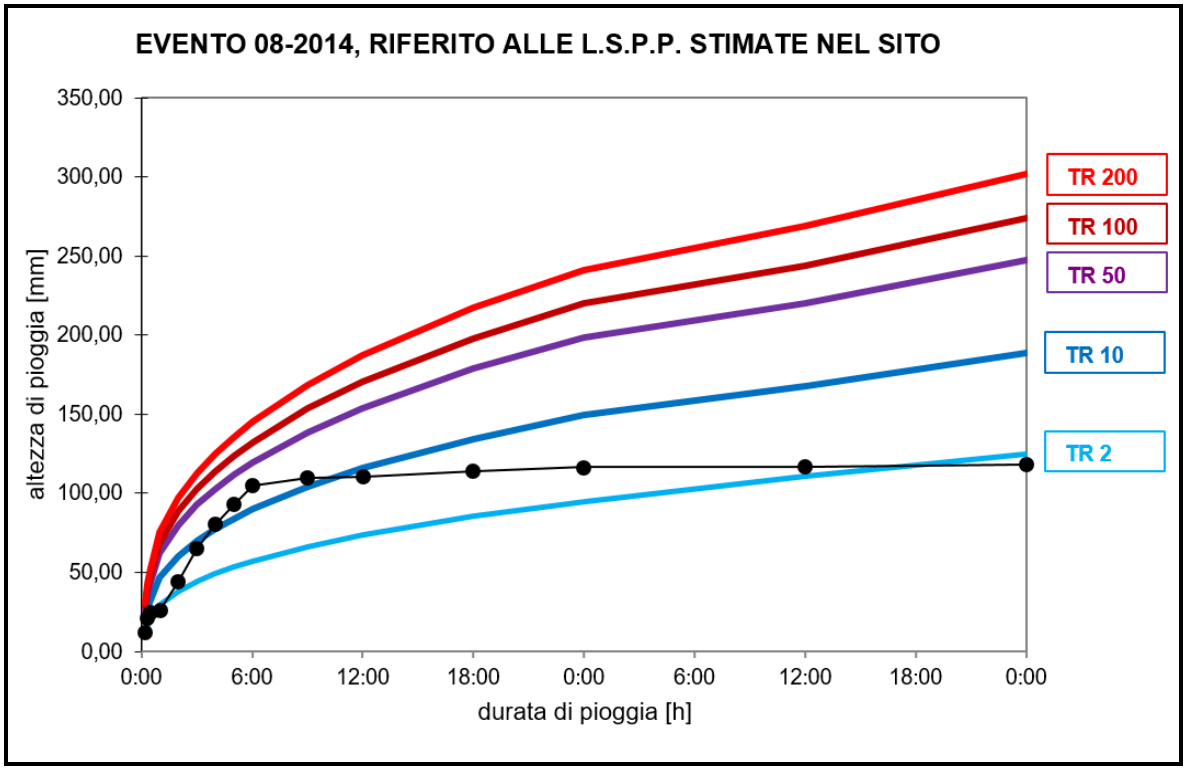

Figura 12: *massime altezze cumulate di pioggia registrate presso la stazione ARPA di Veddasca, nel corso dell'evento occorso nell'agosto 2014 (segni neri), per diverse durate di pioggia, sovrapposte alle L.S.P.P. stimate da ARPA Lombardia per il medesimo sito*

L'anno 2014 viene ricordato anche per le copiose piogge autunnali, occorse durante due distinti episodi verificatisi nel corso del mese di novembre (rispettivamente, 05.11.2014 e 15.11.2014). I grafici relativi ai due eventi vengono presentati in figure nn. 13 e 14, riferite ai dati raccolti alla stazione di Luino (la stazione di Veddasca era, nell'occasione, fuori servizio).

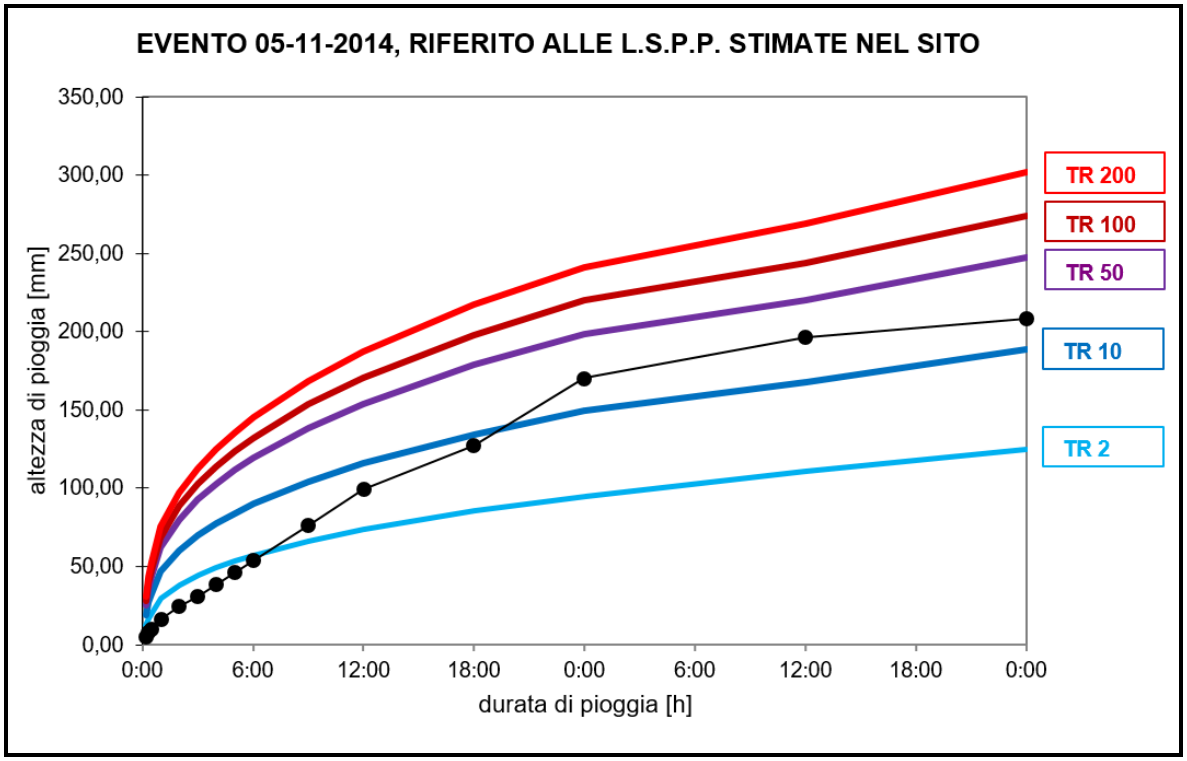

Figura 13: *massime altezze cumulate di pioggia registrate presso la stazione ARPA di Luino, nel corso dell'evento occorso nell'agosto 2014 (segni neri), per diverse durate di pioggia, sovrapposte alle L.S.P.P. stimate da ARPA Lombardia per il medesimo sito*

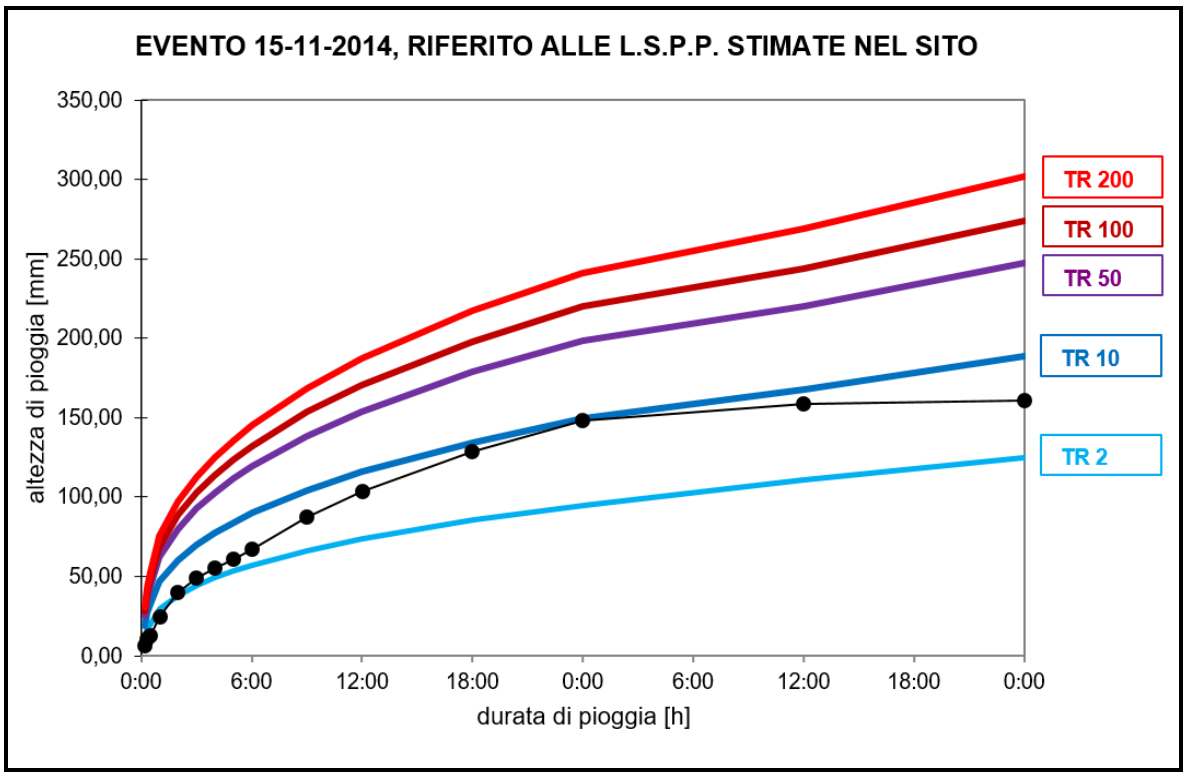

Figura 14: *massime altezze cumulate di pioggia registrate presso la stazione ARPA di Luino, nel corso dell'evento occorso nell'agosto 2014 (segni neri), per diverse durate di pioggia, sovrapposte alle L.S.P.P. stimate da ARPA Lombardia per il medesimo sito*

Si trattò di fenomeni che qui assunsero intensità inferiore rispetto ad altre parti della Provincia, con intensità (in modo particolare per le durate di pioggia più lunghe) proprie di eventi ricorrenti con tempo di ritorno di circa 10 anni, o poco più.

Si tratta in ogni caso di un evento meritevole di attenzione, per gli scenari di rischio che mise in luce, in modo particolare nei bacini di più ampie dimensioni.

2.2.8 Evento del giugno 2017

La terza decade del mese di giugno 2017 un periodo particolarmente ricco di precipitazioni intense, riferite in particolare a due episodi centrali (25 e 28 giugno) preceduti e seguiti da piogge persistenti, tanto da dare luogo, soprattutto sui rilievi (grafico di figura n. 15), ad un evento complessivamente caratterizzato da probabilità di ricorrenza molto vicina a 10 anni, per l'intero arco di durate preso in considerazione.

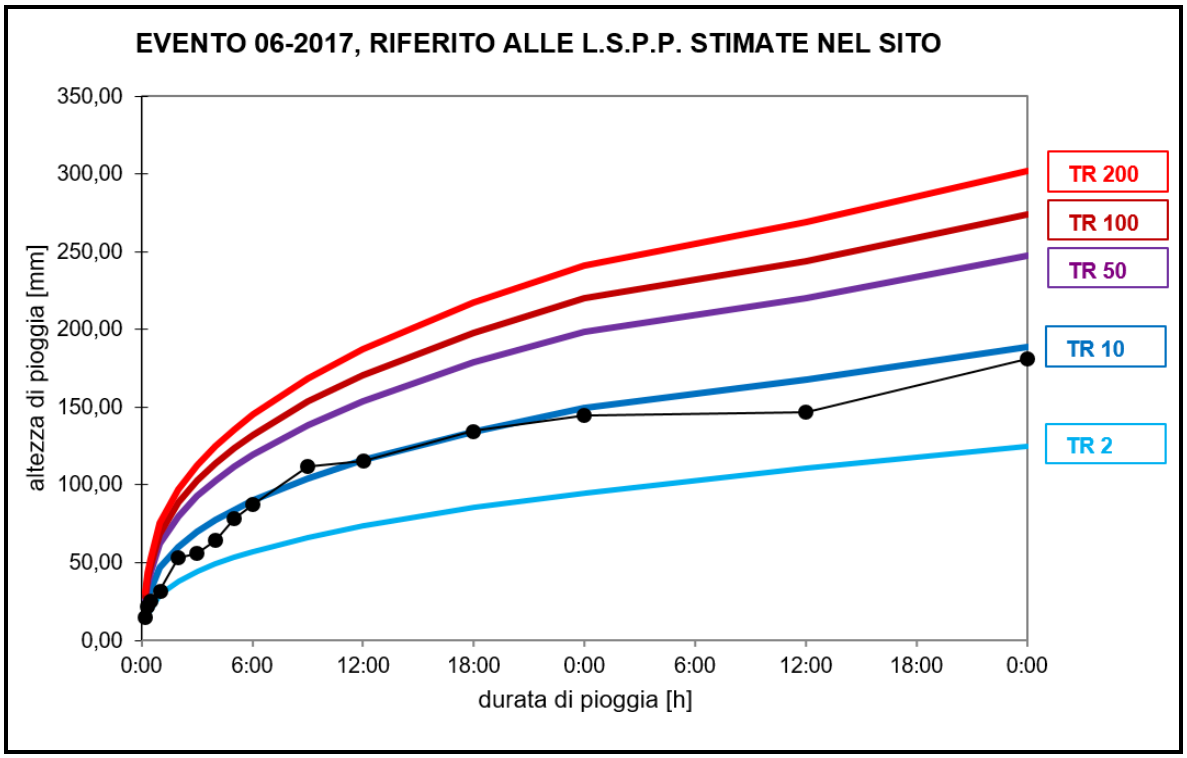

Figura 15: *massime altezze cumulate di pioggia registrate presso la stazione ARPA di Veddasca, nel corso dell'evento occorso nel giugno 2017 (segni neri), per diverse durate di pioggia, sovrapposte alle L.S.P.P. stimate da ARPA Lombardia per il medesimo sito*

L'evento ebbe caratteristiche di intensità solo lievemente inferiori lungo la sponda del lago (grafico di figura n. 16).

Ad esso possono essere attribuite caratteristiche tali da mettere in luce eventuali criticità idrauliche sull'intero territorio comunale, e per bacini di qualsiasi estensione.

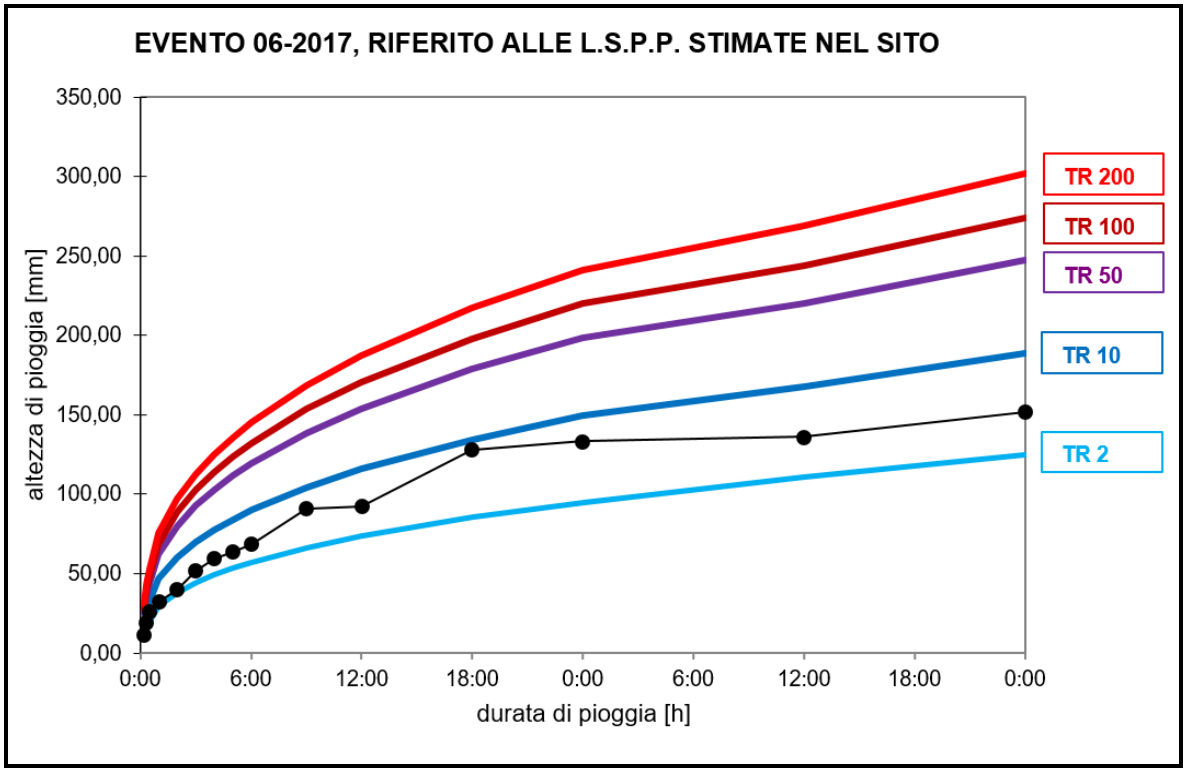

Figura 16: *massime altezze cumulate di pioggia registrate presso la stazione ARPA di Luino, nel corso dell'evento occorso nel giugno 2017 (segni neri), per diverse durate di pioggia, sovrapposte alle L.S.P.P. stimate da ARPA Lombardia per il medesimo sito*

2.2.9 Evento del luglio 2018

Si trattò in questo caso di un evento a carattere temporalesco, occorso nella notte fra il 4 ed il 5 luglio, esteso su buona parte del territorio provinciale, di intensità relativamente modesta – ma comunque significativa – lungo la sponda del lago, ove, per durate inferiori all'ora, vennero raggiunte altezze di pioggia cumulate abbondantemente superiori a quelle attese con tempo di ritorno di 10 anni (figura n. 17).

L'evento invece assunse contorni di intensità decisamente inferiore sui rilievi.

Adottando un ragionevole grado di cautela, poiché le registrazioni furono condotte sulla sponda del lago, in condizioni orografiche generalmente differenti da quelle proprie del territorio comunale e ad una certa distanza da questo, al temporale in questione possono essere attribuite caratteristiche tali da poter essere considerato un riferimento significativo al fine di testare il grado di sicurezza delle tombinature stradali e dei corpi idrici di più modeste dimensioni.

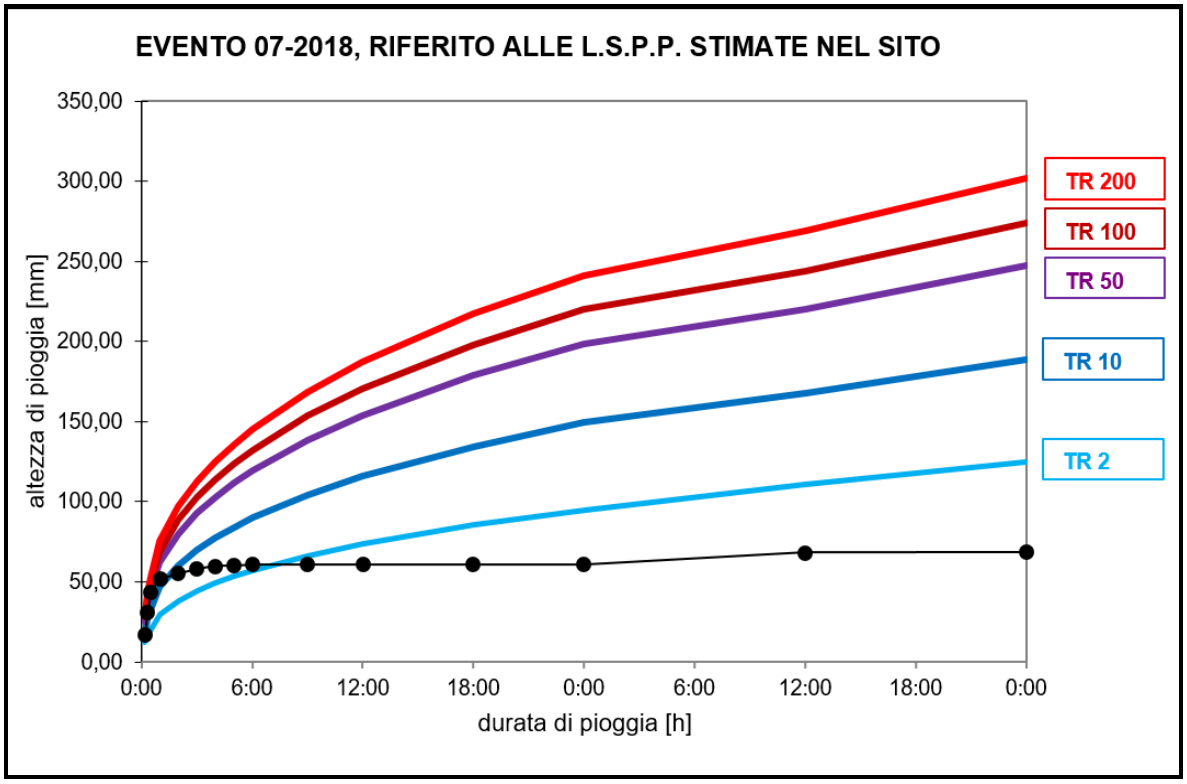

Figura 17: *massime altezze cumulate di pioggia registrate presso la stazione ARPA di Luino, nel corso dell'evento occorso nel luglio 2018 (segni neri), per diverse durate di pioggia, sovrapposte alle L.S.P.P. stimate da ARPA Lombardia per il medesimo sito*

2.2.10 Evento del novembre 2018

A concludere la rassegna degli eventi di pioggia utili a definire gli scenari di rischio attesi nel territorio comunale, si ritiene di inserire anche l'evento occorso alla fine del mese di ottobre 2018.

Come in altri casi già illustrati, si trattò di nun eventi caratterizzato da intensità relativamente modesta, accompagnata però da grande persistenza, tanto da generare – su periodi medio-lunghi – altezze cumulate di tutto rilievo. L'evento assunse proporzioni degne di nota sorattutto sui rilievi interni (grafico di figura n. 18), con altezze di pioggia corrispondenti a tempi di ritorno superiori a 10 anni per durate oltre le 36 ore, mentre sulla sponda del lago rivestì proprorzioni più modeste.

Le caratteristiche illustrate lo rendono idoneo a rappresentare il grado di rischio connesso ai bacini montani di maggiori estensioni e caratterizzati dalle maggiori coperture vegetali.

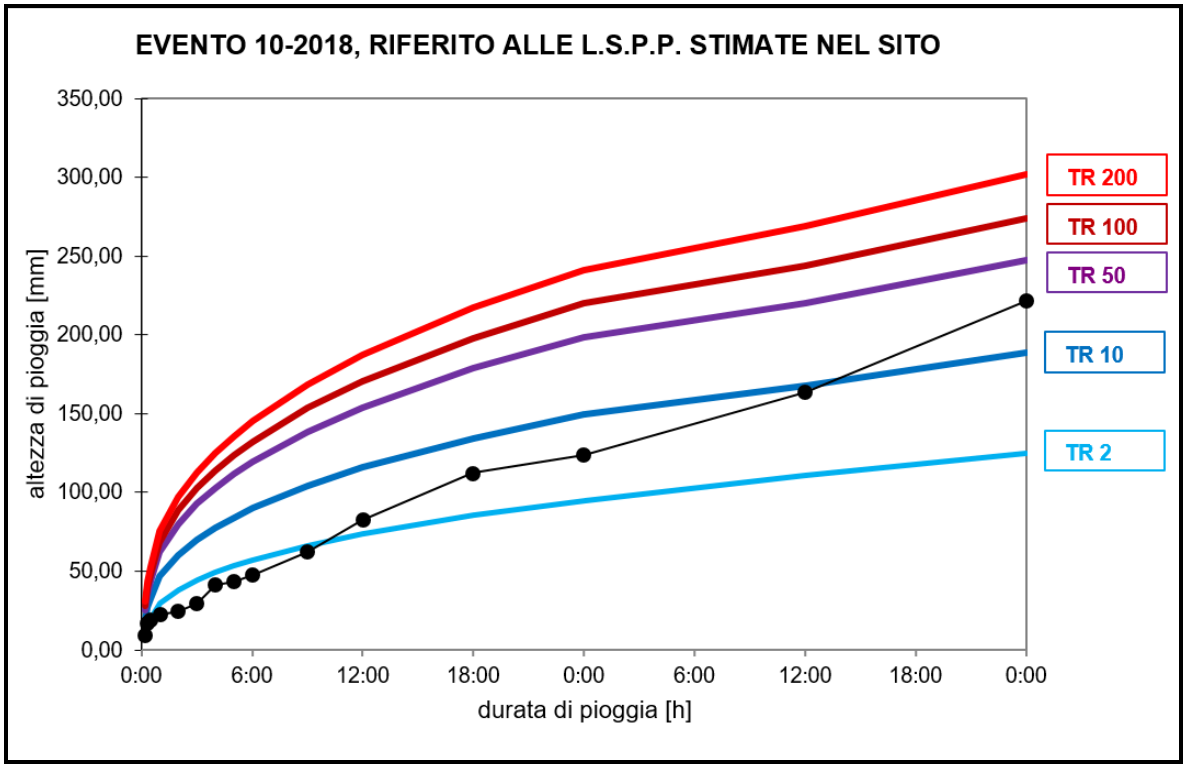

Figura 18: *massime altezze cumulate di pioggia registrate presso la stazione ARPA di Veddasca, nel corso dell'evento occorso verso la fine del mese di ottobre 2018 (segni neri), per diverse durate di pioggia, sovrapposte alle L.S.P.P. stimate da ARPA Lombardia per il medesimo sito*

3 Delimitazione delle aree a rischio

3.1 Orografia del territorio comunale e dotazioni infrastrutturali

3.1.1 Orografia del territorio comunale

Il territorio del comune di Agra si estende per circa 3 km², su un'area in gran parte originata da una superficie di spianamento glaciale che costituisce un alto morfologico all'interno di un contesto generalmente montuoso, sfruttato – nelle parti a minore acclività – per la nascita dei diversi nuclei abitati che compongono il tessuto urbano di Agra (oltre al centro principale, Vignone, Gaggio e Bedorè). Si tratta di terrazzi delimitati da versanti anche molto acclivi, che digradano verso le incisioni vallive del corso del torrente Giona (a Nord) e del rio Colmegnino (a Sud).

3.1.2 Caratteristiche geologiche e di permeabilità

Per la definizione delle caratteristiche litologiche del territorio comunale, si attinse allo studio geologico del territorio comunale prodotto a supporto della pianificazione urbanistica, redatto in

tempi recenti (2009) a cura dei tecnici dello studio associato di geologia Spada (dott. Mario Spada, dott. Gian Marco Orlandi, dottoressa Susanna Bianchi). Ulteriori informazioni vennero desunte dai precedenti lavori commissionati dall'Amministrazione Comunale ai fini della individuazione del reticolo idrico minore di competenza comunale (dott. Arduino Belli, dott. Alessandro Monacchi, 2004).

Il territorio comunale risulta composto da suoli rocciosi affioranti o sub-affioranti, talora variamente ricoperti da formazioni quaternarie o depositi post-glaciali, che assumono in generale spessori modesti.

Il substrato roccioso afferisce alla serie sedimentaria pre-quaternaria nota come "serie dei laghi", composta da gneiss minuti, micascisiti e paragneiss, e da ortogneiss (gneiss granitotidi). Si tratta di ammassi rocciosi che affiorano di preferenza ove i versanti presentano maggiore acclività.

Sopra a questi, ove le pendenze tendono ad addolcirsi presso la sommità delle alture, si rinviene la copertura quaternaria, costituita da depositi glaciali, fluvioglaciali e di contatto glaciale afferente alla cosiddetta "alloformazione di Cantù".

Di costituzione ancora più recente sono i depositi postglaciali che occupano in generale gli impluvi (depositi fluviali) ed i versanti alla base degli affioramenti rocciosi (depositi di versante). Costituiscono il prodotto generato dall'erosione e dal successivo trasporto del materiale eroso, con granulometria da sabbiosa a ghiaiosa per i prodotti di erosione fluviale, che tende invece a salire nei depositi di versante, ove prevalgono i clasti spigolosi.

Dal punto di vista della granulometria e della permeabilità, gli affioramenti rocciosi si presentano come ammassi massicci scarsamente fratturati, nei quali la permeabilità, sia primaria che secondaria, è da considerare da bassa a nulla, e gli scorrimenti idrici avvengono a livello superficiale.

I depositi di genesi glaciale caratteristici delle aree meno acclivi del territorio comunale sono per lo più composti da matrice a prevalente natura limosa e sabbiosa, contenente ghiaie e ciottoli inglobati. Il complesso ha in genere permeabilità da media a scarsa, e lo scorrimento delle acque avviene in superficie o alla base di contatto sul substrato roccioso. Ove lo spessore del deposito raggiunga i suoi valori massimi, stimati in non più di 4,00 m (in corrispondenza dell'abitato di Agra, lungo il versante sottostante al santuario del Carmine, attorno al tracciato di via Madonna della Lupera e nella parte superiore del versante che scende verso la località Gaggio), può accadere che i depositi ospitino piccole falde sospese, confinate da lenti di materiale impermeabile. Altrove, i terreni di genesi fluvioglaciale si presentano con spessori ridotti, con falda idrica – ove esistente – prossima alla superficie.

I depositi recenti presentano di norma valori di permeabilità più elevati, con scorrimento prevalentemente concentrato alla base di contatto con il substrato roccioso. Si tratta di depositi che in genere non posseggono grande capacità di immagazzinamento, a causa della collocazione (in area di versante) ed a causa del loro spessore, che in genere è limitato a meno di 2,00 m. Ove lo spessore aumenti (località Vignone, Madonna della Lupera, versante a valle della S.P. n. 6), non si può escludere anche in questi la presenza di piccole falde sospese.

I caratteri di permeabilità dei suoli qui sommariamente descritti trovano rappresentazione di maggiore dettaglio nel grafico di tavola n. 1, allegata al presente elaborato.

3.1.3 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.

All'interno dei documenti così prodotti, il comune di Dumenza veniva citato nell'allegato 2 dell'elaborato 2 del P.A.I., come interessato da tipologia di rischio riconducibile a fenomeni franosi, e come caratterizzato da grado di rischio 2 (rischio "medio", per il quale sono possibili danni minori agli edifici e alle infrastrutture che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e lo svolgimento delle attività socio-economiche). In allegato 3, le estensioni delle aree interessate da rischio di frana venivano stimate in valori inferiori a 0,10 km² sia per episodi di frana osservata che per episodi di frana potenziale. Si trattava di fenomeni non suscettibili di generare rischi in aree abitate, ed in quanto tali stralciati dagli elenchi dei successivi allegati nn. 4, 4-1 e 4-2, così come dall'elenco dei siti presi in esame all'epoca della redazione del successivo PS-267.

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. Il Comune di Agra assolse a tale adempimento, nel quadro del già citato studio geologico del territorio comunale condotto a cura dei tecnici dello studio associato di geologia Spada, in particolare con la redazione della "Carta dei vincoli" (febbraio 2009), e della "Carta del dissesto con legenda uniformata PAI", che costituisce proposta di aggiornamento del PAI originario (luglio 2008).

In particolare, nella cartografia indicata si riconoscono diversi fenomeni franosi, in stato attivo, concentrati in generale sul versante orografico sinistro della valle Veddasca (località bosco Nassa, alle pendici settentrionale ed occidentale dei Motti dei Ronchetti), ad aree piuttosto elevate, in zone prive di interesse urbanistico. Episodi non perimetrati, verosimilmente caratterizzati da dimensioni inferiori, sono presenti in aree più vicine a zone edificate, a valle della strada che sale in località Bedorè, ed in località Gaggio.

Non vennero censiti fenomeni quiescenti o stabilizzati, né tipologie di dissesto assimilabili a conoide ovvero a dissesto a carattere torrentizio.

3.1.4 Idrografia di superficie ed idrogeologia

3.1.4.1 Reticolo principale

Entro il territorio comunale non vi sono corsi d'acqua compresi nell'elenco del reticolo idrico principale.

3.1.4.2 Reticolo idrico minore

L'individuazione del reticolo idrico minore di competenza comunale fu oggetto del già citato lavoro svolto su incarico dell'Amministrazione Comunale dai geologi Alessandro Monacchi ed Arduino Belli (2004).

Nel dettaglio, l'elenco dei corpi idrici accertato sul territorio comunale comprende:

- il sistema del torrente della Lupera, comprendente i rami Riggio, Laoncio, Prancheggio, Livro e Valliggio;
- il sistema di impluvi del torrente Ronchetto;
- il rio Ruzzolo;
- il rio Musgnone;
- il rio Valia;
- il rio Gamborera.

Fra questi, assumono particolare importanza, ai nostri fini, il sistema afferente al torrente della Lupera, ove trovano recapito quasi tutte le acque provenienti dall'abitato, ed il torrente Ronchetto, ove confluiscono le acque drenate dalle più recenti aree di espansione residenziale ad Ovest del nucleo principale. Da menzionare, inoltre, l'alveo del rio Valia, in direzione Est, verso il quale scolano le acque di una piccola porzione dell'abitato, addossata al piazzale antistante la chiesa parrocchiale di Sant'Eusebio.

Le situazioni di criticità idraulica riscontrate all'epoca degli studi condotti da Belli e Monacchi, suddivise per corpo idrico, sono riportate nell'elenco che segue:

- 1: sottoescavazione delle fondazioni delle strutture di protezione della sponda destra del torrente Laoncio, a valle del sottopasso di viale Europa
- 2: erosione di fondo nel tratto a maggiore pendenza dell'alveo del torrente Laoncio, a monte della confluenza del torrente Riggio, con parziale coinvolgimento delle sponde e delle pubbliche condotte di scolo qui alloggiate, in sponda destra;
- 3: interferenza fra opere di recinzione ed alveo, a monte del sottopasso della sede stradale di via per Colmegna, lungo il torrente Valliggio;
- 4: interventi antropici alla confluenza fra i torrenti Riggio e Laoncio, potenzialmente in grado di generare flussi di superficie diretti verso la sottostante sede stradale di via per Colmegna;
- 5: erosione di fondo ed instabilità delle sponde del torrente Prancheggio;
- 6: locali fenomeni di crollo nelle pareti rocciose che delimitano l'alveo del torrente Livro, a valle del tratto tombinato di sottopasso della sede stradale di via della Lupera;
- 7: presenza di briglia di scarsa efficienza idraulica in corrispondenza del sottopasso di via Torretta, lungo il tracciato del torrente Lupera.

La localizzazione delle aree critiche viene indicata nelle allegate planimetrie di tavole nn. 3a e 3b, unitamente ai tracciati delle aste torrentizie menzionate in precedenza.

3.1.4.3 Emergenze idriche e ristagni di acque superficiali

Si è già in precedenza indicato (§ 3.1.2) come il sottosuolo, nel territorio comunale, non sia in grado di ospitare un vero e proprio sistema acquifero, e come sia possibile, al più, trovare piccole falde sospese laddove lo spessore dei terreni di ricoprimento del substrato roccioso sia maggiore e laddove la conformazione del substrato stesso possa favorire l'accumulo di acqua di infiltrazione.

In tale situazione, il sistema di risorgive è praticamente assente, assumendo carattere sporadico soltanto in taluni punti di emergenza del substrato, tutti concentrati nel versante rivolto a Sud (presso la sommità del territorio comunale, in fregio all'alveo del ramo orientale del torrente Ronchetto, presso il sottopasso di via Giro del Sole, e lungo i versanti sottostanti a via Madonna della Lupera). Si tratta, come anticipato, di sorgenti occasionali, prive di opere di captazione.

Anche le aree di ristagno superficiale appaiono occasionali, concentrate nel ripiano morfologico compreso fra gli alvei dei torrenti Laoncio e Valliggio, ai margini meridionali dell'area urbanizzata.

In tema di qualità delle acque sotterranee, si rileva che non si ha notizia, ad oggi, di presenza significativa di inquinanti nelle acque emergenti dal suolo. Né si ha notizia dell'esistenza di terreni contaminati, dai quali la circolazione idrica sotterranea potrebbe causare il rilascio di sostanze pericolose.

3.1.5 Rete di drenaggio urbano

La caratterizzazione della rete di drenaggio urbano venne condotta a partire dalle informazioni contenute nella planimetria monografica elaborata in sede di redazione del Piano Urbano Generale dei Servizi nel Sottosuolo (P.U.G.S.S.), allegato al Piano di Governo del Territorio e redatta a cura del geom. Federico Dellea, di Luino.

La pubblica rete di scolo delle acque meteoriche copre l'intera parte superiore dell'abitato, dalla località Bedorè sino alle più recenti espansioni urbanistiche di viale Europa, via Roma e via don Milesi. Si tratta per lo più di una rete "mista", comprendente un'unica canalizzazione per lo scolo delle acque di origine meteorica e dei liquami, i cui collettori urbani, rispettivamente provenienti da viale Europa (zona Nord dell'abitato), da via Montessori (centro storico) e da via Roma (parte Sud), convergono presso un manufatto scolmatore disposto allo sbocco di un cunicolo presso l'incrocio fra viale Europa e via per Colmegna. Di qui ha origine un collettore destinato al collettamento delle sole acque "nere" che scende lungo via per Colmegna, raccoglie un altro importante contributo laterale di soli liquami che percorre la valle del torrente Laoncio e confluisce nel sistema consorziale di collettamento dei liquami della valle. Altro ramo isolato per la raccolta dei soli liquami è ubicato lungo il tratto inferiore di via Roma, anch'esso con recapito al sistema di collettamento consorziale della vallata.

La separazione dei contributi di piena meteorica avviene come anzidetto in un manufatto scolmatore disposto poco a valle dell'incrocio fra viale Europa e via per Colmegna, con scarico nell'alveo del torrente Livro (fotografie di figure nn. 19 e 20). In prossimità dello scarico sono presenti anche alcune vasche abbandonate, probabile residuo del primitivo impianto di depurazione realizzato al servizio dell'abitato. Altri scarichi di piena, di minori dimensioni, sono presenti lungo via delle Betulle (figure nn. 21 e 22) con recapito lungo il versante in sponda destra del torrente Musgnone).

La rete di scolo contempla anche due piccole reti di drenaggio destinate alla raccolta delle sole acque meteoriche, nel primo tratto di via per Colmegna (con recapito nel torrente Livro, figura n. 23) e nel piazzale antistante la chiesa di Sant'Eusebio (con recapito sul versante sinistro della valle del torrente Valia, figura n. 24).

Figura 19: *scarico dalla rete comunale di scolo nell'alveo del torrente Livro, in un tratto con fondale rivestito in calcestruzzo*

Figura 20: *l'alveo del torrente Livro a valle dello scarico, scavato in roccia affiorante*

Figura 21: *terminale di scarico dello scolmatore di monte di via delle Betulle*

Figura 22: *terminale di scarico dello scolmatore di valle di via delle Betulle, ripreso dal pendio sottostante, con evidenza dei fenomeni erosivi innescati dallo scarico*

Figura 23: *scolo di sole acque meteoriche nel versante afferente all'alveo del torrente Prancheggio, visto da valle*

Figura 24: *scoli della rete asservita al drenaggio del piazzale antistante la chiesa di Sant'Eusebio, destinati a dare origine ad un rivo scavato nella roccia alla base della coltre eluviale di versante*

In generale, in corrispondenza degli scarichi non si rilevano fenomeni di instabilità. Gli scarichi interessano aree con riccia sub-affiorante, ed alvei impostati direttamente nel substrato roccioso. Movimenti episodici furono rinvenuti soltanto nei casi ove lo scarico, anziché a ridosso dell'alveo, avvenga sul versante (figure nn. 22 e 23), con attivazione di processi erosivi sui terreni di copertura del substrato.

3.2 Mappatura delle aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

3.2.1 Aree già individuate nello studio geologico del territorio comunale

3.2.1.1 Criticità riferite a corsi d'acqua

Il dettaglio delle condizioni di stabilità e di sicurezza garantiti dai diversi solchi che costituiscono il reticolo idrografico di superficie venne analizzato nel già citato studio di Belli e Monacchi, i quali individuarono diverse situazioni meritevoli di attenzione, in generale riferite a problematiche strettamente locali (erosioni puntuali, fenomeni di instabilità, inadeguatezza di opere in alveo), secondo l'elenco riportato in § 3.1.4.2.

A ciò fanno eccezione le criticità rilevate lungo il tracciato di via per Colmegna, sul quale, in corrispondenza degli attraversamenti del torrente Valliggio e presso la confluenza fra i torrenti Riggio e Laoncio, vennero individuati fenomeni di dissesto potenzialmente in grado di generare flussi di superficie diretti verso sede stradale di via per Colmegna. Si tratta di aree di ridotta estensione, interamente comprese nel perimetro delle fasce di rispetto dei corsi d'acqua indicati, e come tali, in sede di definizione della fattibilità geologica per le azioni di piano, inserite in classe di fattibilità IV (fattibilità con gravi limitazioni), sottoclasse IV-a, localmente aggravata per sovrapposizione di vincolo generato da potenziale instabilità dei versanti (sottoclasse IV-b).

3.2.1.2 Criticità riferite alla stabilità dei versanti

Come già indicato (§ 3.1.3) il Comune di Agra assolse agli adempimenti derivanti dalla pianificazione di bacino in aree ad elevato rischio idrogeologico attraverso la redazione della "Carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI", che costituisce proposta di aggiornamento del PAI originario. In essa trovano rappresentazione cartografica le aree di frana attiva riconosciute sul territorio comunale, distinte fra aree perimetrate ed aree non perimetrate. Si ritiene opportuno evidenziare come una di queste ultime appaia localizzata in corrispondenza di uno scarico della rete comunale di scolo, in via delle Betulle, sebbene non emergano evidenti segni di relazione fra il dissesto in atto e la presenza dello scarico.

In sede di attribuzione alle diverse aree delle classi di fattibilità geologica, a tali venne attribuita classe di fattibilità IV-a (fattibilità con gravi limitazioni).

3.2.2 Aree già individuate nel P.G.R.A.

Successivamente alla redazione dello studio geologico condotto a supporto della pianificazione urbanistica comunale, l'Autorità di Bacino del fiume Po eseguì nuove valutazioni estese sull'intero territorio orograficamente afferente al corso del Po, tramite il P.G.R.A., o Piano di Gestione del Rischio Alluvioni. Il piano 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 Agra, 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).

Per il territorio comunale di Agra, il P.G.R.A. non individuò rischi di sorta. Il piano non aggiunge quindi alcun nuovo elemento utile alla definizione degli scenari di rischio idraulico sussistenti a scala locale.

3.2.3 Aree già individuate nel P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico)

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.), 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).

Il territorio comunale non comprende alcun corso d'acqua interessato dal Piano.

Con altri e già citati strumenti (§ 3.1.3), il P.A.I. si occupò in fasi distinte anche dei rischi sussistenti sui versanti. Come ivi indicato, le indicazioni prodotte da AdBPo costituirono base di partenza per gli approfondimenti demandati ai comuni, puntualmente svolti dal Comune di Agra in sede di redazione dello studio geologico del territorio comunale. Anche in questo campo, quindi, il riferimento al P.A.I. non apporta alcuna nuova informazione al quadro già sinora acquisito.

3.2.4 Aree individuate mediante analisi diretta

Le indagini dirette vennero condotte su indicazione dei funzionari comunali, ed interessarono l'area di via Vignone, al confine con i territori dei comuni di Dumenza e di Luino.

Le caratteristiche della sede stradale vengono illustrate nella fotografia di figura n. 25. Ad un primo tratto con pavimentazione bituminosa, che inizia nel territorio comunale di Dumenza, fa seguito un tratto interdetto alla normale circolazione veicolare (salvo per i residenti), con pavimentazione per lo più "bianca", in presenza di tracce di cemento.

Figura 25: *dettaglio di un tratto della sede stradale di via Vignone, con evidenza del tipo di pavimentazione, in pietra mista a colate di cemento, e del canale destinato a scolo delle acque di pioggia, a sinistra*

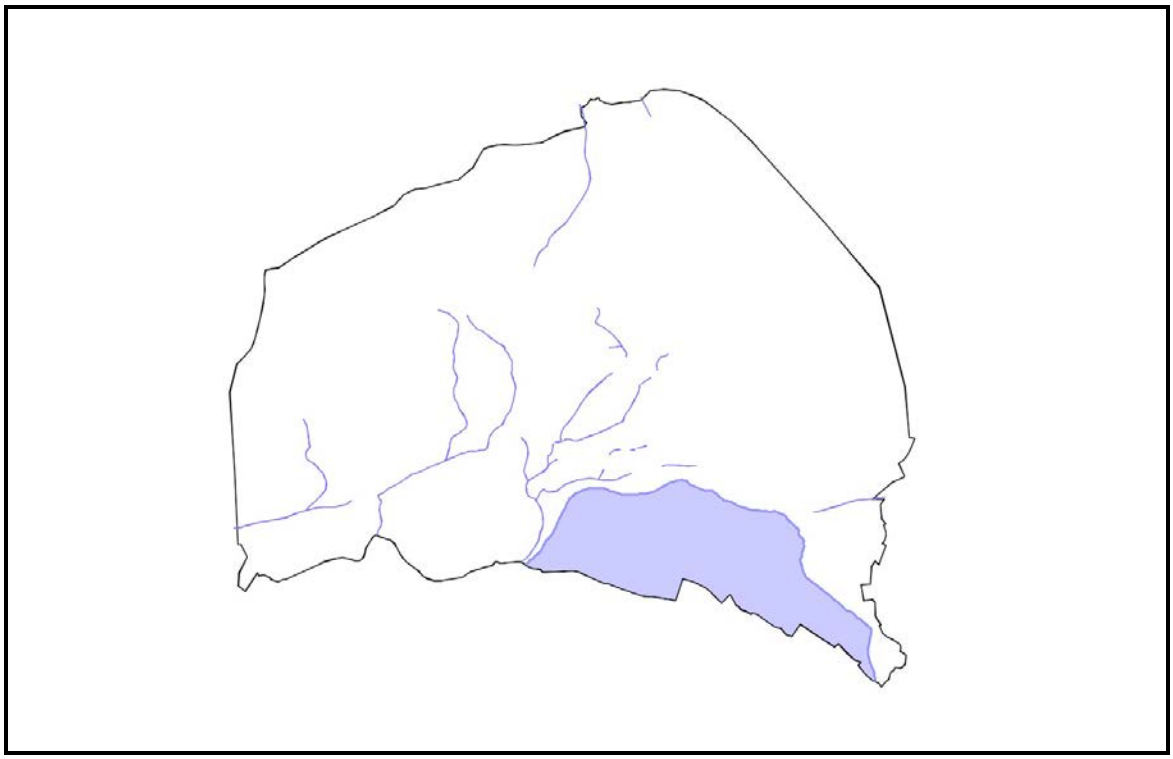

Figura 26: *individuazione del bacino naturale scolante verso il tracciato di via Vignone (rappresentazione in scala 1:25.000, con indicazione dei confini comunali e delle aste di drenaggio naturali esistenti)*

La strada (figura n. 26) è posta alla base di un versante boschivo che risale sino agli inizi dell'abitato, del tutto privo di aste di drenaggio per l'intero tratto gravitante sulla strada (lungo circa 1,00 km).

Stando alla litologia riportata nelle tavole dello studio geologico del territorio comunale, il pendio appare impostato su terreni sabbiosi e ghiaiosi, ed è presumibilmente dotato di una discreta capacità di ritenzione delle acque meteoriche, per intercettazione da parte degli apparati vegetali e per sia pure modesta capacità di imbibimento del terreno. È quindi da presumere che fenomeni di scorrimento superficiale verso valle abbiano luogo soltanto in condizioni particolari, in occasione di eventi di pioggia di discreta intensità e di lunga durata. Quando però questi si verificano, per tutto lo sviluppo del tratto privo di pavimentazione bituminosa la sede stradale finisce per assumere la funzione di un "canale di gronda", destinato ad intercettare l'intero volume d'acqua scolante dal bosco. La pendenza della sede stradale, costante e diretta verso Est, veicola quindi le acque scolanti dal pendio verso l'alveo del torrente Valeggio.

Si può stimare che l'estensione del bacino complessivamente afferente al tratto stradale privo di pavimentazione bituminosa, come rappresentato nello schema di figura n. 26, copra una estensione di poco superiore a 30,00 ha, e che nel corso di un evento di pioggia di media intensità questo possa scaricare verso la sede stradale una portata pari a circa 100 l/s, generando sul piano viario una lama d'acqua di spessore mediamente pari a 2÷3 cm, in movimento con velocità compresa fra 1,00 e 2,00 m/s. L'erosione del piano stradale che da ciò ha origine tende quindi a creare dei solchi che divengono vie preferenziali di scorrimento delle acque, con correnti caratterizzate da altezze di moto più significative e velocità ben più rilevanti. Fra gli effetti prodotti da tale scenario pare il caso di rammentare i seguenti:

- progressiva asportazione del materiale di pavimentazione della sede stradale, destinata a diventare del tutto impraticabile;
- accumulo di materiale lapideo nelle griglie di drenaggio disposte lungo la sede stradale
- possibile formazione di flussi diretti verso le proprietà disposte a ridosso del lato di valle della sede stradale.

3.2.5 Distribuzione delle aree vulnerabili nel territorio comunale

L'insieme delle informazioni raccolte nei paragrafi che precedono vengono riassunte nei grafici delle tavole nn. 2, 3 e 4, allegate al presente documento.

Nel dettaglio, nelle tavole n. 2a e 2b confluiscono tutte le informazioni raccolte sul sistema idrografico superficiale e sotterraneo, comprendente:

- corsi d'acqua del reticolo idrico principale e minore, con evidenza dei tratti potenzialmente soggetti a formazione di colate di detrito;
- principali tracciati della rete di scolo comunale, con evidenza dei seguenti elementi:
  - impianti di trattamento locale;
  - manufatti scolmatori;
  - punti di scarico;
- aree che presentano tendenza al ristagno superficiale;
- aree di rispetto pertinenti ai punti di captazione delle acque sotterranee.

Le tavole nn. 3a e 3b – già menzionate – contengono le informazioni inerenti ai punti di vulnerabilità sui versanti, ovvero le aree di frana attiva, le aree di frana quiescente, le aree di frana

stabilizzata e le aree di conoide, sovrapposti ai punti di scarico della rete urbana di scolo, onde evidenziare l'esistenza di eventuali nessi di causalità fra scarichi e dissesti. Nel grafico vengono localizzati anche gli elementi di criticità evidenziati in sede di individuazione del reticolo idrico minore di competenza comunale (Belli e Monacchi, 2004).

In tavola n. 4, infine, sono riassunte le poche aree potenzialmente allagabili presenti sul territorio comunale, come prodotte dalle indagini sinora descritte, circoscritte a piccole porzioni della sede stradale di via per Colmegna (da § 3.1.4.2) ed al tratto sterrato di via Vignone (§ 3.2.4).

4 Attuazione delle politiche di invarianza a scala comunale

Nel presente paragrafo, compilato alla luce delle condizioni complessive di rischio idraulico sussistenti nel territorio comunale e descritte in precedenza, vengono indicate le misure strutturali e non strutturali giudicate utili ai fini del controllo e della riduzione di tali condizioni di rischio, secondo quanto indicato all'art. 14, comma 3, del Regolamento.

4.1 Misure strutturali

4.1.1 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.

Nel dettaglio, e con riferimento alla parte già urbanizzata del territorio del comune di Agra, le risultanze dello studio condotto inducono ad identificare unicamente misure atte alla gestione delle acque di scorrimento superficiale (in via Vignone), come indicato nel paragrafo che segue.

4.1.2 Misure afferenti alla regimazione delle acque di superficie

L'analisi condotta al § 3 ha evidenziato, per il territorio comunale, una sostanziale assenza di aree potenzialmente interessate da fenomeni di allagamento. Su indicazione dell'Amministrazione Comunale, venne individuata una sola situazione meritevole di intervento, in via Vignone, ove la realizzazione del tracciato stradale generò una cesura nella continuità di un versante privo di aste di drenaggio naturali, finendo per assolvere alle funzioni di "canale di gronda", per lo scolo delle acque raccolte nel più vicino alveo torrentizio.

La regimazione delle acque che si trovano così a scorrere sulla superficie stradale è funzionale all'esigenza di prevenire sia il disfacimento del piano viario, sia il rischio che un flusso incontrollato sia sversato in direzione delle proprietà che fiancheggiano la strada.

La strada è dotata di pavimentazione "bianca", con tratti lastricati in calcestruzzo. Sono presenti, seppure in forma discontinua, manufatti destinati a contenere le acque di scorrimento superficiale. L'intervento proposto è mirato a dare continuità a tali strutture, mediante disposizione, in centro alla carreggiata, di un canale ribassato, atto allo scorrimento delle portate meteoriche drenate dal vicino versante boschivo ed al loro recapito entro il torrente Valeggio, secondo lo schema illustrato nel grafico di figura n. 27. L'intervento proposto presuppone che la strada continui ad avere un prevalente uso pedonale, sebbene possa essere prevista, in corrispondenza degli accessi carrai, l'adozione di accorgimenti atti a garantire, occasionalmente, anche il transito veicolare in condizioni di sicurezza, secondo quanto indicato nel particolare di figura n. 28.

Per una maggiore efficacia dell'intervento, si suggerisce di accompagnare questo alla posa in opera di manufatti di intercettazione e smaltimento delle acque meteoriche nel tratto superiore di via Vignone, dotato di pavimentazione bituminosa.

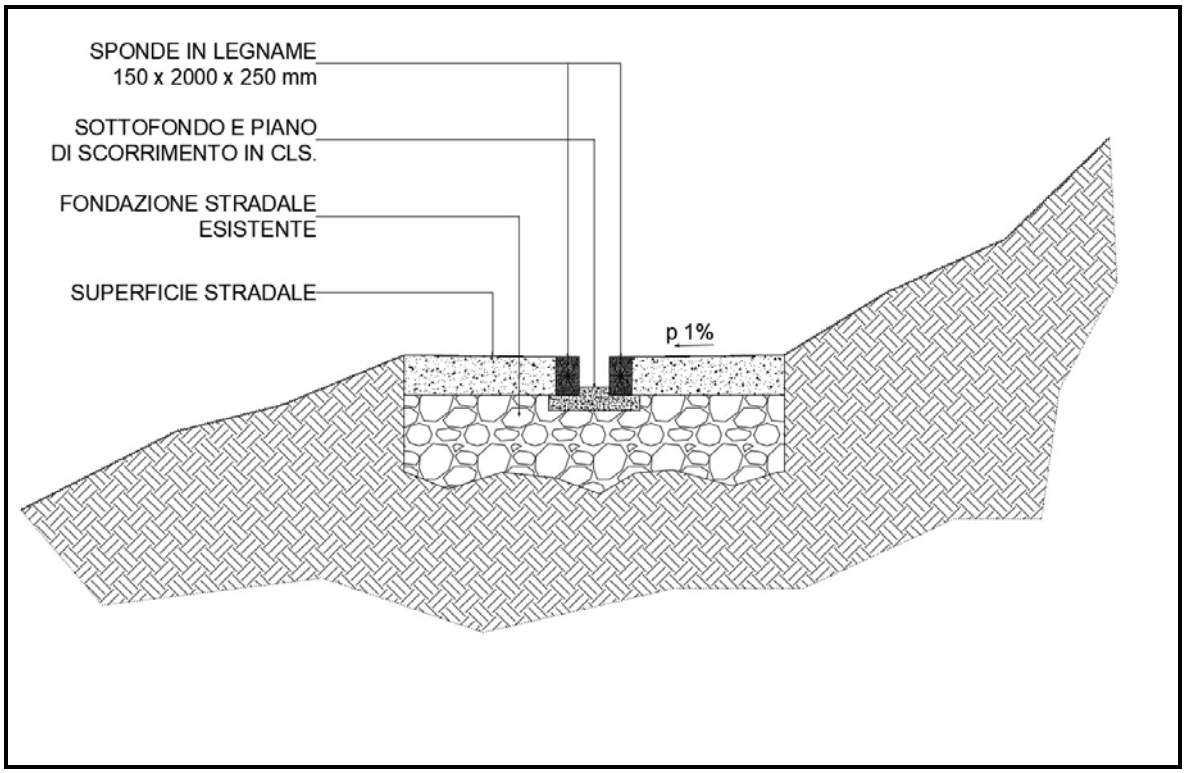

Figura 27: *schema tipologico per l'illustrazione delle modalità proposte per la regimazione delle acque di scorrimento superficiale che interessano la sede stradale di via Vignone, con creazione di un canale con fondo in calcestruzzo e sponde in legname destinato alla raccolta ed all'allontanamento delle acque raccolte ai piedi del versante*

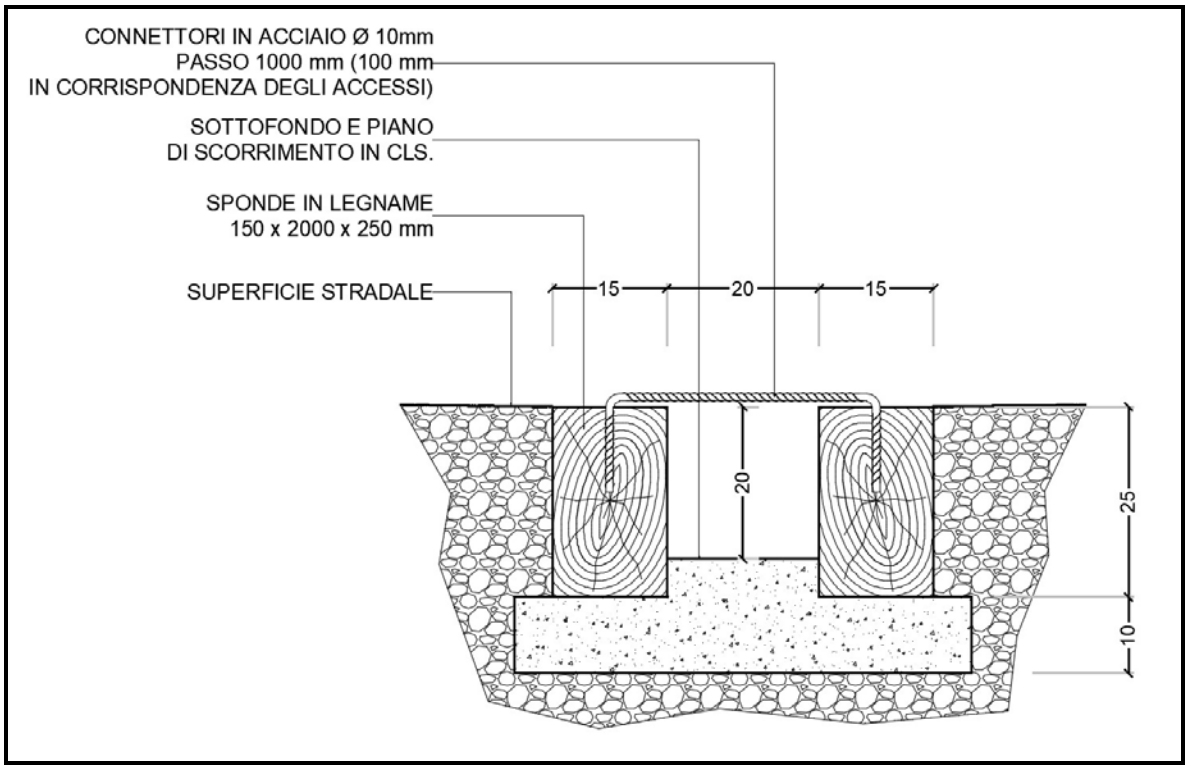

Figura 28: *dettaglio costruttivo della cunetta stradale suggerita; l'intervento può costituire anche motivo di consolidamento della pavimentazione esistente, qualora le sponde in legname vengano giuntate ad altri elementi lignei, disposti a livello di pavimentazione trasversalmente alla sede stradale, allo scopo di prevenire la formazione di solchi di ruscellamento esterni alla cunetta*

4.1.3 Misure di dettaglio concepite per gli ambiti di nuova trasformazione

4.1.3.1 Elenco degli ambiti di trasformazione previsti negli strumenti urbanistici vigenti

Gli elaborati del vigente Piano di Governo del Territorio indicano la presenza di sette distinti ambiti di trasformazione.

Il loro elenco comprende:

- area PA1;
- aree in fregio a via dei Poncioni;
- aree in fregio a via per Colmegna;
- aree in fregio a via Roma, in prossimità del confine comunale (due lotti separati).

I paragrafi che seguono contengono, ove pertinenti, le misure strutturali per l'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica individuate specificamente per ciascun ambito di trasformazione, per le quali si suggeriscono idonee integrazioni da inserire fra i contenuti previsti per le rispettive convenzioni.

4.1.3.2 Ambito di via Chiesa del Carmine

L'ambito interessa un'area sommitale a pendenze medio-basse, sovrastante un pendio più accentuato degradante verso Sud-Ovest, in direzione del tracciato di via Marconi.

Nelle carte descrittive della fattibilità delle azioni di piano attualmente vigente, l'area d'Ambito viene classificata come suddivisa fra le classi di fattibilità II e III, in relazione a diverse condizioni di acclività. Ci troviamo inoltre in area caratterizzata da presenza di depositi fluvioglaciali di spessore fino a 4,00 m circa, con possibile presenza di piccole falde sospese, e con valori di permeabilità modesti, sebbene non tali da impedire ogni possibilità di scarico delle acque di pioggia al suolo. Nell'intorno dell'area non si rileva la presenza di scoli naturali di versante, né di scoli artificiali, né emergono, a seguito degli studi condotti, criticità idrauliche di sorta (figure nn. 29 e 30).

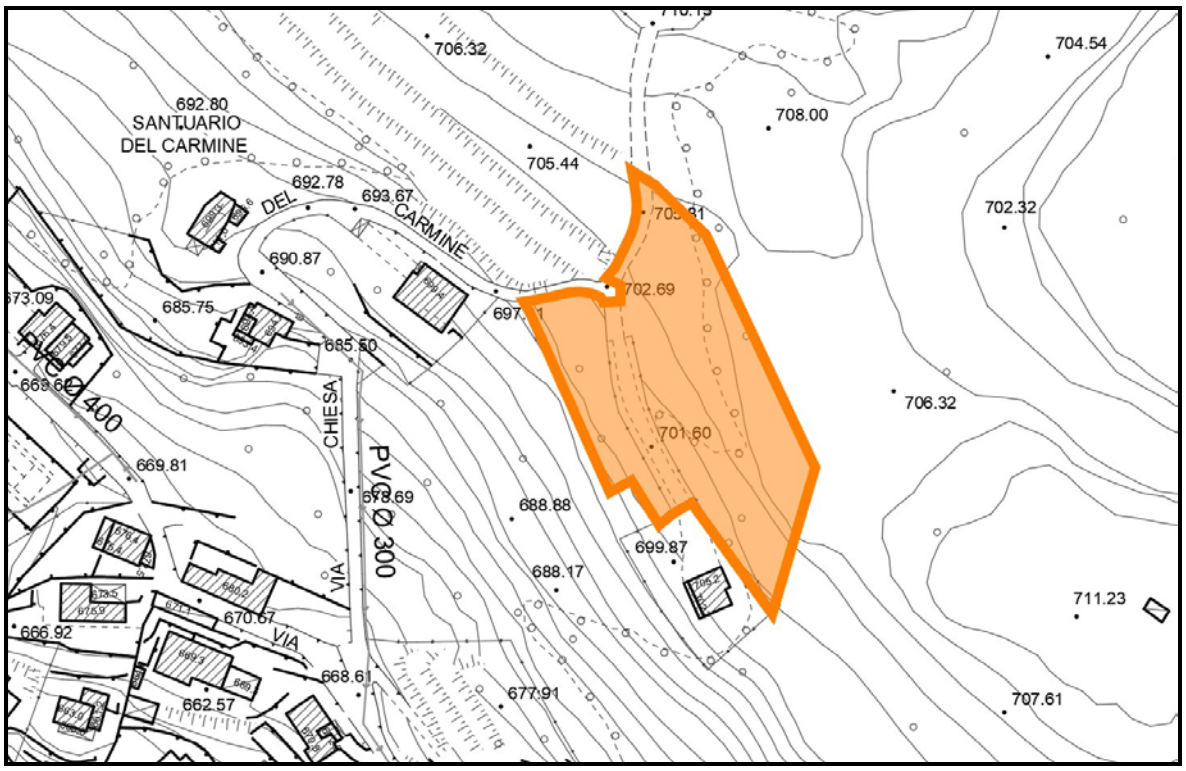

Figura 29: *individuazione della superficie dell'ambito di trasformazione su stralcio planimetrico estratto da tavola n. 2a (idrografia), con evidenza della rete di scolo esistente nell'intorno (condotta ƒ 300 mm di via Chiesa), in area per il resto priva di scoli naturali di superficie (rappresentazione in scala 1:2.000)*

Le opere finalizzate al rispetto dei principi di invarianza ed idrologica riferite ai singoli lotti dovranno essere progettate e realizzate nel rispetto del Regolamento, ed in particolare dei requisiti minimi in questo indicati, e dovranno essere realizzate secondo un disegno unitario, preceduto da una attenta valutazione delle caratteristiche di permeabilità dei terreni, delle modalità di circolazione idrica sotterranea, con determinazione della profondità di falda e delle oscillazioni localmente attese nel suo livello, e dei possibili riflessi che la nuova urbanizzazione dell'area potrà generare nell'assetto idrico locale. Il recapito delle portate meteoriche drenate dalle superfici di nuova impermeabilizzazione potrà essere costituito dal suolo, ovvero, in caso di accertata inaffidabilità di sistemi di smaltimento in sito, dalla condotta ƒ 300 mm di via Chiesa (previo parere favorevole del soggetto gestore della rete, e con assunzione di impegno alla realizzazione delle opere eventualmente da questi richieste ai fini della futura realizzazione delle opere di separazioni delle reti). Ai fini della realizzazione dei volumi minimi regolamentari, in relazione a possibili difficoltà costruttive legate alla scarsa profondità del substrato roccioso, ovvero alla possibile presenza di falda prossima al piano campagna, si potrà verificare la fattibilità tecnico-economica di soluzioni che prevedano la disposizione degli invasi a livello delle nuove coperture,

ovvero in invasi di superficie, con smaltimento almeno parziale delle acque di pioggia affidato all'attività vegetativa di specie arboree appositamente selezionate.

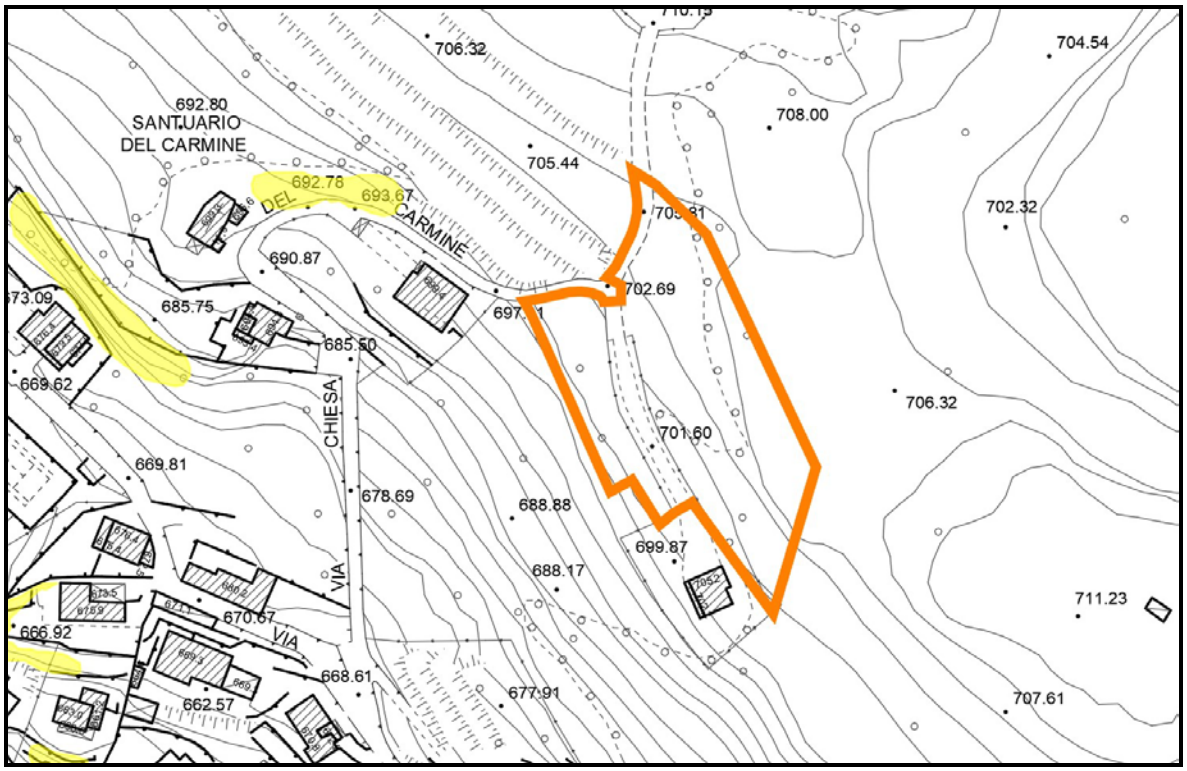

Figura 30: *individuazione dei limiti dell'ambito di trasformazione su stralcio planimetrico estratto da tavola n. 5a (idoneità del territorio ai processi di infiltrazione), con indicazione delle aree giudicate come inadatte alla dispersione delle acque per infiltrazione nel suolo (rappresentazione in scala 1:2.000)*

4.1.3.3 Ambiti di via dei Poncioni e di via per Colmegna

La zona di via per Colmegna, nel tratto compreso fra gli attraversamenti del rio Prancheggio e del rio Ronchetto, è interessata da due ambiti di trasformazione, posti a breve distanza, in un territorio che presenta caratteristiche omogenee per entrambi.

Ci troviamo su un versante caratterizzato da pendenze da medie ad elevate, in presenza di due movimenti franosi attivi di piccole dimensioni (uno interno al perimetro dell'ambito di via dei Poncioni, l'altro appena a valle del perimetro dell'ambito di via per Colmegna), a ridosso del corso di un affluente del rio Prancheggio, in terreni di origine fluvioglaciale a modesta permeabilità (figure nn. 31 e 32).

In ambo i casi, le trasformazioni urbanistiche dovranno in garantire l'allontanamento delle acque di ruscellamento superficiale dalle aree di instabilità, deviandole in maniera controllata verso Ovest, in direzione del vicino alveo torrentizio (previa realizzazione delle opere necessarie al pieno rispetto dei limiti regolamentari), oppure verso Sud, con successivo recapito al suolo (previa attenta valutazione delle conseguenze dello scarico sul locale regime di circolazione delle acque sotterranee). Anche in questo caso, si ritiene di suggerire l'esame di soluzioni architettoniche che prevedano la ritenzione delle acque di pioggia a livello delle coperture e del suolo, in relazione alla presumibile difficoltà legata alla costruzione di volumi interrati di accumulo di vaste dimensioni.

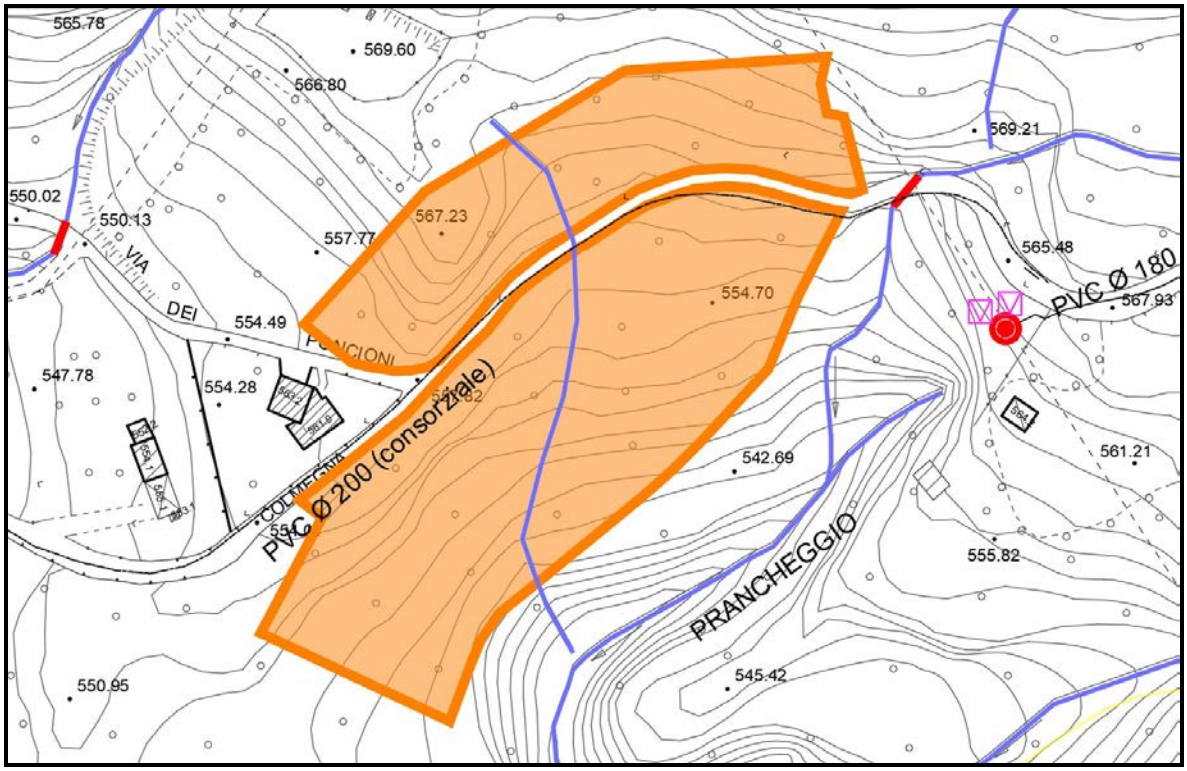

Figura 31: *individuazione della superficie dell'ambito di trasformazione su stralcio planimetrico estratto da tavola n. 2b (idrografia), con evidenza della rete di scolo esistente nell'intorno (condotta ƒ 200 mm di via Colmegna), e della rete idrografica di superficie (rappresentazione in scala 1:2.000)*

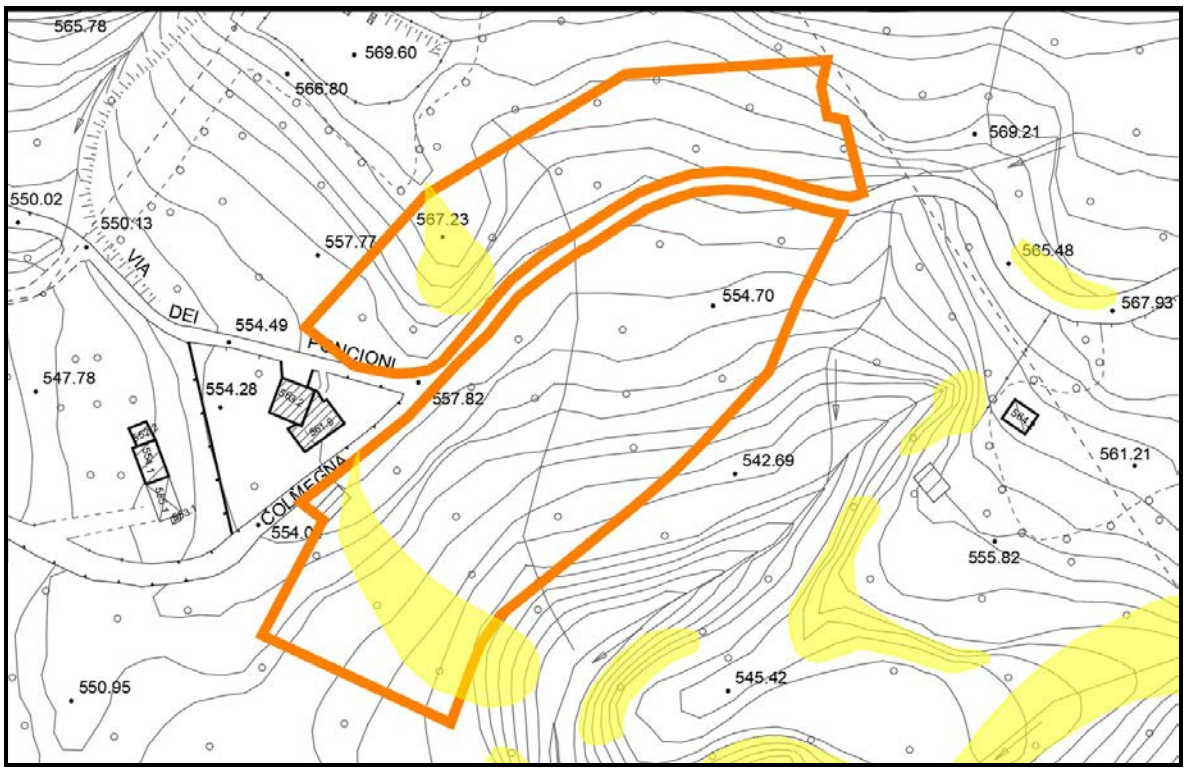

Figura 32: *individuazione dei limiti dell'ambito di trasformazione su stralcio estratto da tavola n. 5b (idoneità del territorio ai processi di infiltrazione), con indicazione delle aree giudicate come inadatte alla dispersione delle acque per infiltrazione nel suolo, qui coincidenti con aree instabili (scala 1:2.000)*

4.1.3.4 Ambiti di via Roma

Anche per il caso degli ambiti di trasformazione previsti presso il confine meridionale del territorio comunale, a ridosso di via Roma, l'analisi viene eseguita in maniera congiunta, in relazione alla vicinanza geografica fra i due lotti ed alla somiglianza della situazione orografica e geologica.

Le aree evidenziate nel P.G.T. (figure nn. 33) sono caratterizzate da suoli di genesi fluvioglaciale di spessore limitato (1,00÷2,00 m), disposti su pendenze che localmente assumono valori molto elevati. Lo scolo naturale delle acque di versante è costituito dai torrenti che solcano il versante in località Chiossitti (comune di Dumenza), che assumono alveo con forma propria soltanto ad una certa distanza dai due lotti in esame. La dispersione nel sottosuolo, pure giudicata quasi ovunque teoricamente perseguibile (figura n. 34), può rivelarsi, a seguito di indagini di dettaglio, di difficile attuazione, per gli spessori limitati della copertura, ed anche il possibile innesco di scivolamenti superficiali conseguenti alla maggiore circolazione idrica sotterranea indotta. Si ritengono d'altro canto nella fattispecie non praticabili soluzioni che prevedano il recapito nel reticolo idrografico di superficie in comune di Dumenza, né lo scarico nella condotta ƒ 180 mm di via Roma.

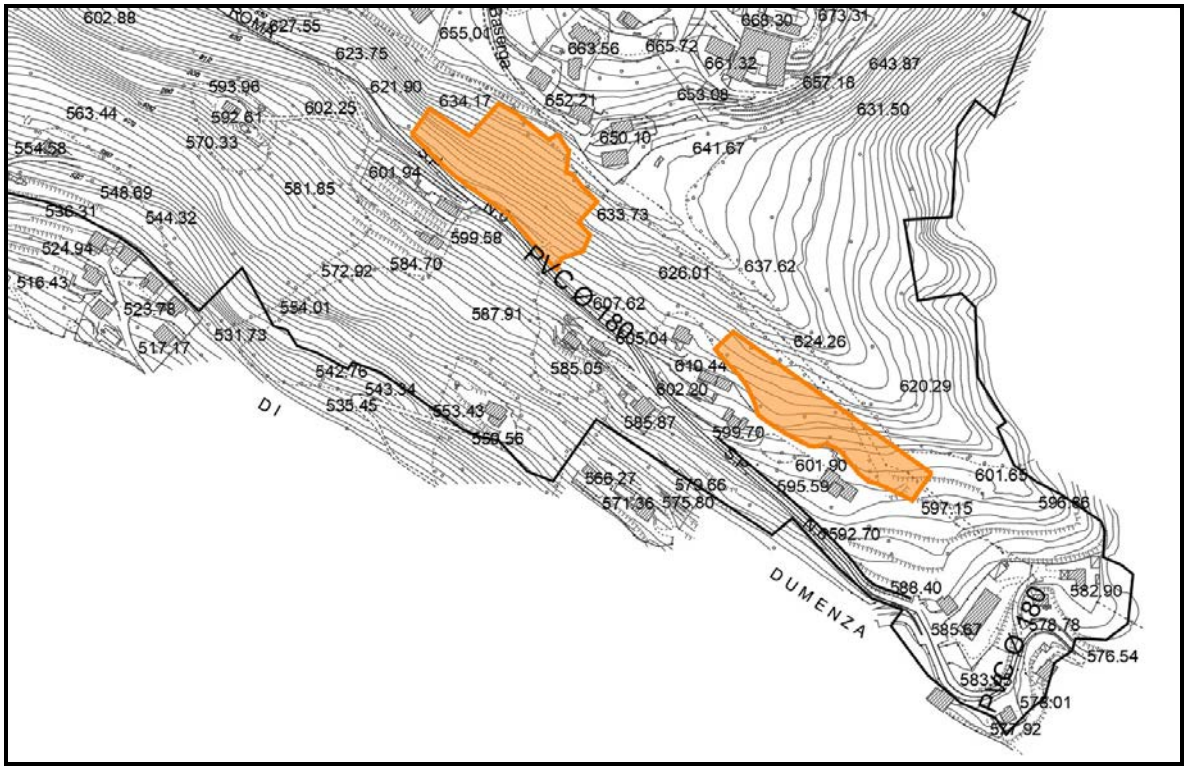

Figura 33: *individuazione della superficie dell'ambito di trasformazione su stralcio planimetrico estratto da tavola n. 2b (idrografia), con evidenza della rete di scolo esistente nell'intorno (condotta ƒ 180 mm di via Roma), in assenza di scoli naturali di superficie (rappresentazione in scala 1:5.000)*

Nel quadro descritto, lo smaltimento delle acque meteoriche dovrà quindi essere affidato di preferenza ad opere di dispersione di piccole dimensioni, diffuse sull'intera area dei lotti in trasformazione, in associazione con invasi che sappiano garantire sicurezza di funzionamento al sistema, se necessario in misura superiore ai valori minimi regolamentari. Come per il caso di via Chiesa del Carmine, si potrà verificare la fattibilità tecnico-economica di soluzioni che prevedano la disposizione degli invasi a livello delle nuove coperture, ovvero in invasi di superficie, con

smaltimento almeno parziale delle acque di pioggia affidato all'attività vegetativa di specie arboree appositamente selezionate.

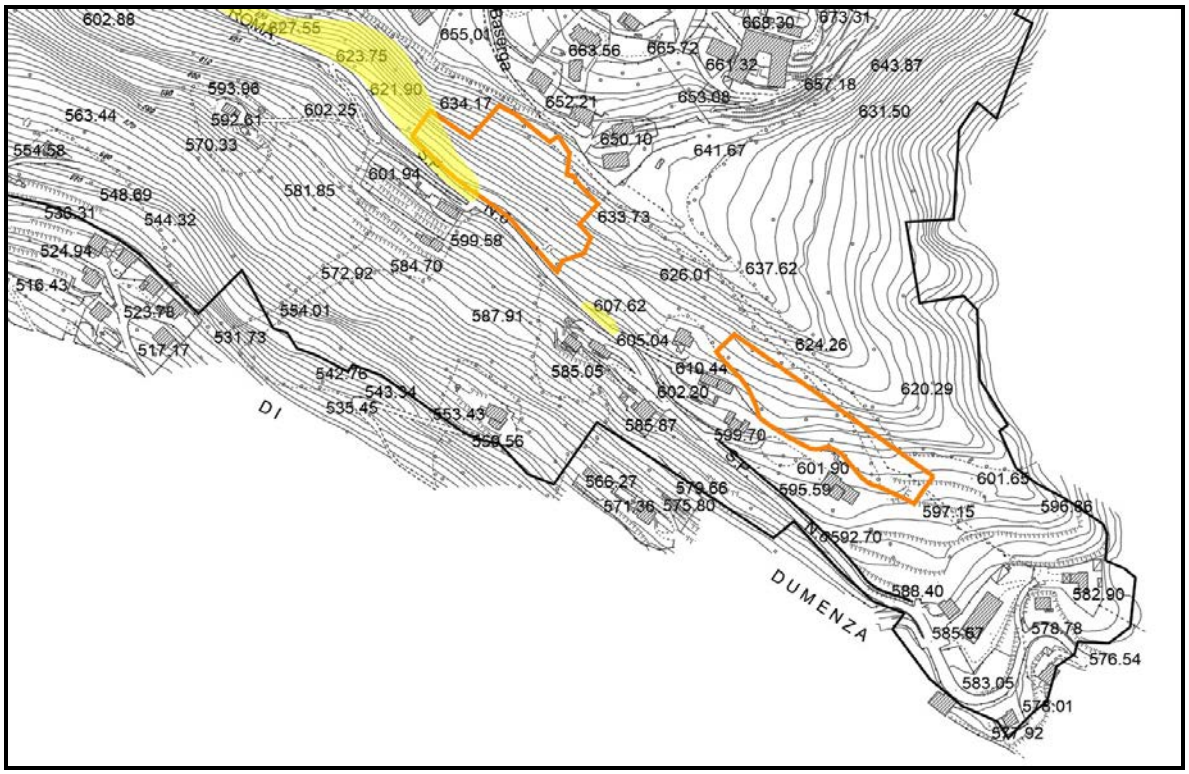

Figura 34: *individuazione dei limiti dell'ambito di trasformazione su stralcio estratto da tavola n. 5b (idoneità del territorio ai processi di infiltrazione), con indicazione delle aree giudicate come inadatte alla dispersione delle acque per infiltrazione nel suolo (rappresentazione in scala 1:5.000)*

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

L'analisi svolta nei paragrafi che precedono porta a riconoscere, all'interno del territorio comunale, l'esigenza di un solo intervento strutturale utile alla miglior gestione degli scoli di superficie in conformità ai principi di invarianza idraulica ed idrologica (§ 4.1.2).

L'intervento ivi descritto non richiede l'acquisizione al patrimonio pubblico di nuove aree, né l'istituzione di servitù di sorta.

4.2 Misure non strutturali

4.2.1 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 con i più recenti provvedimenti normativi in materia e recepito nel punto 3.bis dell'art. 1, comma 8, lettera a) del Regolamento.

Nell'ambito del presente studio, l'analisi venne limitata alla individuazione delle aree giudicate inidonee alla dispersione al suolo.

4.2.2 Individuazione delle aree non idonee alla infiltrazione al suolo

In linea generale, 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.

Nel caso del comune di Agra, la conformazione orografica e le caratteristiche geologiche del territorio del comunale lasciano supporre che l'infiltrazione delle acque di scorrimento superficiale nel suolo sia processo destinato a svolgersi lentamente e con una certa difficoltà. Nel dettaglio, i fattori destinati a limitare l'affidabilità e la sicurezza di sistemi di smaltimento per dispersione sembra debbano essere ricercati nella diffusa presenza di roccia sub-affiorante, con suoli sottili sovrapposti a formazioni rocciose compatte, sovente in presenza di piccole falde acquifere prossime alla superficie, e nella diffusa presenza di aree instabili, per fenomeni gravitativi di versante.

Il grafico di tavole nn. 5a e 5b rappresenta la diffusione territoriale delle aree giudicate inidonee alla dispersione, identificate secondo le tipologie che seguono:

- aree geologicamente afferenti al complesso metamorfico-gneissico, caratterizzato da bassissima permeabilità primaria e da permeabilità secondaria (per fratturazione) bassa;
- aree instabili (frane attive censite dallo studio geologico del territorio comunale);
- bacini naturalmente scolanti verso aree instabili;
- aree con presenza di ristagni di superficie ed emergenze idriche diffuse (come individuate in sede di analisi del reticolo idrico minore di pertinenza comunale);
- aree caratterizzate da vincolo di tutela per presenza di opere di captazione ad uso idropotabile (come individuate nel sistema dei vincoli indicato nelle tavole dello studio geologico del territorio comunale).

L'elenco non comprende aree individuate in relazione alla scarsa profondità del piano di falda, poiché lo studio geologico del territorio comunale non individua la presenza di un acquifero, pur non escludendo il possibile rinvenimento, nel sottosuolo, di piccole falde sospese isolate. Eventuali

limitazioni in tal senso dovranno essere definite caso per caso, a seguito della campagna di indagini geologiche connessa alla progettazione di ciascun singolo intervento edilizio.

Il grafico evidenzia aree disposte per lo più in posizioni marginali rispetto al centro edificato ed ai residui ambiti ove siano programmate ulteriori trasformazioni del territorio. In tutte le altre aree, le opere di dispersione dovranno comunque essere progettate con particolare attenzione al contesto idrogeologico locale, in modo particolare ove non si abbia chiara cognizione delle modalità di circolazione delle acque sotterranee, ed ove la dispersione avvenga in aree con acclività da media a molto elevata.

5 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 dell'ottavo comma, lettera c), del medesimo articolo, le misure non strutturali indicate nel precedente § 4.2 debbono trovare riscontro nel piano di emergenza comunale, il quale dovrà in modo particolare prevedere le modalità necessarie a fare fronte agli scenari di rischio conseguenti alla intransitabilità, per allagamento, dei tratti stradali individuati nel corso dell'indagine.

Luino, giugno 2020

i professionisti incaricati

dott. ing. Maurizio Giroldi

dott. ing. Giorgio Amolari

dott. geol. Amedeo Dordi

APPENDICE N.1: ALTEZZE DI PIOGGIA DI RIFERIMENTO

La presente sezione raccoglie una tabella nella quale sono sviluppati i calcoli delle altezze di pioggia svolti secondo le relazioni illustrate in § 2.1.

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 [hh:mm]	altezze di pioggia, h [mm]					durata di pioggia D [hh:mm]	altezze di pioggia, h [mm]				
0:10	12,10	19,01	25,19	27,84	30,50	14:00	79,96	125,63	166,47	183,96	201,53
0:20	17,12	26,89	35,63	39,38	43,14	15:00	82,06	128,93	170,84	188,80	206,83
0:30	20,96	32,93	43,64	48,23	52,83	16:00	84,08	132,09	175,04	193,44	211,91
0:40	24,20	38,03	50,39	55,69	61,00	17:00	86,02	135,14	179,07	197,90	216,80
0:50	27,06	42,52	56,34	62,26	68,20	18:00	87,89	138,08	182,97	202,20	221,51
1:00	29,64	46,57	61,71	68,20	74,71	19:00	89,69	140,91	186,72	206,35	226,06
1:30	34,53	54,24	71,88	79,43	87,02	20:00	91,44	143,66	190,36	210,37	230,46
2:00	38,47	60,44	80,09	88,51	96,96	21:00	93,13	146,32	193,88	214,26	234,73
2:30	41,84	65,73	87,10	96,25	105,45	22:00	94,77	148,90	197,30	218,04	238,87
3:00	44,81	70,39	93,28	103,08	112,93	23:00	96,37	151,41	200,63	221,72	242,89
3:30	47,48	74,59	98,85	109,23	119,67	0:00	97,93	153,85	203,87	225,29	246,81
4:00	49,92	78,44	103,93	114,86	125,83	2:00	105,12	158,42	206,58	227,50	249,29
4:30	52,19	81,99	108,64	120,06	131,53	4:00	108,24	163,12	212,71	234,26	256,68
5:00	54,29	85,30	113,03	124,91	136,84	6:00	111,23	167,62	218,58	240,72	263,77
5:30	56,28	88,41	117,16	129,47	141,83	8:00	114,10	171,95	224,22	246,93	270,57
6:00	58,15	91,35	121,05	133,77	146,55	10:00	116,86	176,11	229,65	252,91	277,12
7:00	61,62	96,80	128,28	141,76	155,30	12:00	119,52	180,13	234,89	258,67	283,44
8:00	64,79	101,79	134,88	149,06	163,29	14:00	122,10	184,01	239,95	264,25	289,55
9:00	67,72	106,40	140,99	155,81	170,69	16:00	124,60	187,77	244,86	269,65	295,47
10:00	70,46	110,70	146,69	162,10	177,58	18:00	127,02	191,42	249,61	274,89	301,22
11:00	73,03	114,74	152,04	168,02	184,06	20:00	129,37	194,97	254,24	279,99	306,80
12:00	75,46	118,55	157,09	173,60	190,19	22:00	131,66	198,42	258,74	284,94	312,22
13:00	77,76	122,17	161,89	178,91	196,00	24:00	133,89	201,78	263,12	289,77	317,51

Tabella n. 1.1: *altezze di pioggia attese in prossimità dell'abitato di Agra, 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*

Bibliografia

Belli, A., Monacchi, A: "Indagine geologica per la determinazione delle fasce di rispetto del reticolo idrico (ai sensi delle D.G.r. 25.01.2002, n. VII/7868 e D.G.r. 01.08.2003, n. VII/13950)", Agra, Amministrazione Comunale di Agra, 2004

Spada, M., Orlandi, G.M., Bianchi, S.: "Studio geologico, idrogeologico e sismico del territorio comunale, a supporto del nuovo P.G.T. ai sensi dell'art. 57 della L.r. 11.03.2005, n. 12", Agra, Amministrazione Comunale di Agra, 2009