

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/260676002>

Nubifragi e rischio idraulico nella collina bolognese: il caso studio del torrente Ravone

Data · October 2013

CITATIONS

2

READS

910

5 authors, including:



Federico Grazzini

LMU München / Arpae Emilia-Romagna

65 PUBLICATIONS 859 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Francesco Dottori

CIMA Research Foundation

79 PUBLICATIONS 3,780 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Andrea Spisni

Arpae Emilia-Romagna

70 PUBLICATIONS 140 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Fausto Tomei

Arpa Emilia-Romagna

100 PUBLICATIONS 589 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Climatological Archive for Central-Northern Italy (ARCIS) [View project](#)



GloFAS [View project](#)

Nubifragi e rischio idraulico nella collina bolognese: il caso studio del torrente Ravone



Il torrente Ravone, nella parte alta del suo corso, ingrossato dalla piena del 05/04/2013

A cura di

F. Grazzini⁽¹⁾, F. Dottori⁽²⁾, M. Di Lorenzo⁽³⁾, A. Spisni⁽⁴⁾, F. Tomei⁽⁴⁾

Area Sala Operativa e Previsioni Meteorologiche, ARPA-SIMC⁽¹⁾

Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Bologna⁽²⁾

Area Centro Funzionale e Reti di Monitoraggio IdroMeteo, ARPA-SIMC⁽³⁾

Area Agrometeorologia Territorio e Clima, ARPA-SIMC⁽⁴⁾

Arpa-Simc, BOLOGNA, Ottobre 2013

Riassunto

Il tema delle *flash flood* (alluvioni lampo) sui torrenti che scorrono nei territori urbani è diventato particolarmente rilevante per le città, che sono esposte sempre più spesso a piogge improvvise e molto intense. Questo lavoro, nato dalla collaborazione fra diverse aree del Servizio IdroMeteoClima e l'Università di Bologna, indaga il tema del rischio idraulico derivante dalla presenza di corsi d'acqua minori in zone fortemente antropizzate, con particolare riferimento alla città di Bologna e le sue propaggini. La prima fase del lavoro propone un'indagine storica dei nubifragi che hanno colpito la collina bolognese nell'ultimo secolo, realizzata incrociando informazioni provenienti dalla stampa con i dati pluviometrici dell'archivio storico di ARPA-SIMC dal 1900 in poi. Nella seconda parte, tramite l'utilizzo di una avanzata modellistica numerica, è riportata nel dettaglio la potenziale risposta del bacino del torrente Ravone, scelto come bacino campione, a piogge di eccezionale entità ma pur sempre possibili e già verificatesi in passato. Le simulazioni modellistiche sono un importante strumento per valutare se l'attuale configurazione dell'alveo naturale e artificiale sia in grado di smaltire il deflusso proveniente da eventi di pioggia molto intensi. Tutto questo con l'intento di ricordare che eventi intensi di breve durata possono accadere anche sulle nostre colline, anzi nel contesto dell'attuale cambiamento climatico diventeranno probabilmente più frequenti. I rii e torrenti che convergono verso l'area urbana di Bologna, ben visibili nella stampa degli anni '50 riprodotta sul retro di copertina, anche se per la maggior parte dell'anno presentano uno scarso deflusso, sono quindi portatori di un potenziale rischio idraulico che non deve essere sottovalutato.

RIASSUNTO	3
1. ANALISI STORICA: DESCRIZIONE DEI NUBIFRAGI DELLA COLLINA BOLOGNESE	4
1.1 IL GRANDE NUBIFRAGIO DEL 21 LUGLIO 1932.....	4
<i>Cronaca e testimonianza dei danni registrati in città</i>	5
<i>Precipitazioni osservate durante l'evento</i>	7
1.2 IL TEMPORALE DEL 16/07/1955.....	7
1.3 IL TEMPORALE DEL 27/08/1999.....	7
1.4 IL NUBIFRAGIO DI CERETOLO, 11 MAGGIO 2002.....	7
2. IL CASO STUDIO DEL TORRENTE RAVONE	9
2.1 DESCRIZIONE DEL BACINO.....	9
2.2 DESCRIZIONE DELLA COPERTURA VEGETALE.....	12
2.3 DEFINIZIONE DEI TEMPI DI RITORNO E SCENARI PLUVIOMETRICI.....	14
2.4 SIMULAZIONE DEGLI SCENARI CON LA MODELLISTICA IDRAULICA BIDIMENSIONALE.....	16
CONCLUSIONI	20
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	21

1. Analisi storica: descrizione dei nubifragi della collina bolognese

Nonostante il territorio collinare dell'Emilia-Romagna non sia climatologicamente favorevole a nubifragi di particolare violenza e durata, più tipici delle regioni tirreniche e peninsulari, temporali eccezionalmente forti e persistenti si verificano anche sul nostro territorio, causando improvvise piene dei torrenti e corsi d'acqua minori. L'ultimo in ordine cronologico, che è per ora anche il più intenso registrato in regione, è accaduto a Rimini¹ lo scorso 24 giugno 2013 quando caddero 123mm di pioggia in un'ora, di cui ben 93 mm in soli 30 minuti, provocando la paralisi della città e allagamenti diffusi in tutta l'area urbana. In questa sezione cominceremo quindi con il documentare eventi storici accaduti in prossimità della città di Bologna. Per fare questo abbiamo cercato di incrociare informazioni provenienti dalla stampa e da testimonianze dirette con i dati pluviometrici dell'archivio storico di ARPA-SIMC, i cui dati risalgono fino ai primi anni del 1900. Dove possibile verrà data una breve descrizione della situazione meteorologica che ha condotto alla formazione di tale evento.

La storia millenaria della città di Bologna è indissolubilmente legata alla presenza di numerosi corsi d'acqua che scendono dalle vicine colline verso la pianura e che presumibilmente un tempo potevano garantire maggiori deflussi e portate più costanti durante l'anno. Il primo nucleo della città di Bologna è stato fondato nella zona compresa fra lo sbocco in pianura del torrente Aposa a est e del torrente Ravone a ovest, ovvero i corsi d'acqua con maggiore portata della zona. La storia di Bologna è quindi ricca di cronache riportanti danni e alluvioni dovute alle improvvise piene di questi due torrenti e altri rii minori. Per una descrizione degli eventi storici rimandiamo il lettore ad alcune pubblicazioni come quelle indicate in bibliografia. Di seguito descriveremo alcuni eventi principali accaduti dall'inizio del 1900 ad oggi.

1.1 Il grande nubifragio del 21 Luglio 1932

Stazione Pluviometrica di		Stazione Pluviometrica di		Stazione Pluviometrica di	
Anno 1932		Mese Luglio		Stazione Pluviometrica di S. Luca	
Giorno	Stato dell'atmosfera e direzione del vento	ORA in cui è avvenuta la precipitazione e durata del fenomeno	Quantità di pioggia a vari fasi		Altezza in cm. della neve nel corso
		ora	minuti	mm	
1	sereno	nel pomeriggio a notte del 2	4	5	
2	sereno	nel mattino del 3	4	2	
3	sereno	nel pomeriggio a notte del 3		3	
4	sereno	nel giorno a notte del 4	3	3	0
5	sereno	nella notte del 5	1	1	
6	sereno	nel pomeriggio del 6	3	9	0
7	sereno	nella notte del 7	1	2	
8	sereno	nel pomeriggio a notte del 8		2	
9	sereno	nel mattino del 9		2	
10	sereno	nel pomeriggio del 10		1	
11	sereno	nel pomeriggio del 11		1	
12	sereno	nella notte del 12		1	
13	sereno	nel pomeriggio a notte del 13		1	
14	sereno	nel mattino del 14		1	
15	sereno	nel pomeriggio del 15		1	
16	sereno	nel pomeriggio del 16		1	
17	sereno	nella notte del 17		1	
L'OSSERVATORE			38	1	6

Figura 1: Riproduzione della pagina del diario stazione di San Luca relativo al mese di Luglio 1932

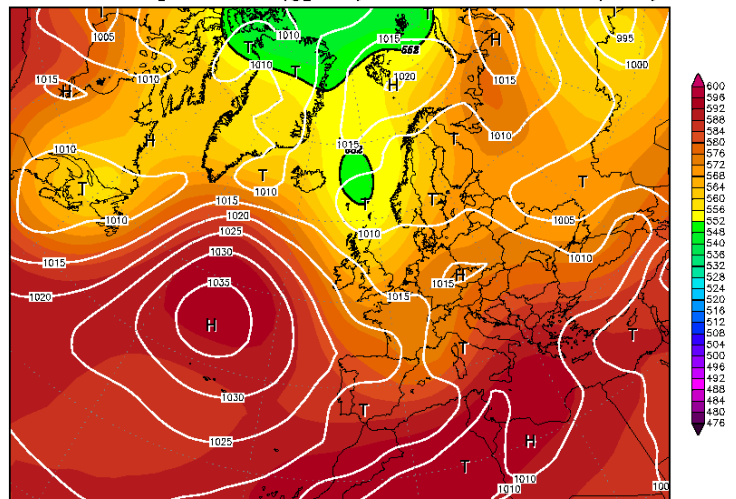
Un evento temporalesco di eccezionale intensità provoca gravi danni e situazioni di pericolo per gli abitanti nella parte della città più vicina alla collina. Le cronache parlano di un evento la cui violenza non si ricordava da tempo, forse simile solo al nubifragio estivo, altrettanto devastante, che si registrò in città nel lontano 1896. La stazione meteorologica del Servizio Idrografico, situata presso la Basilica di S. Luca, rileva **134 mm** pioggia nell'evento, così come riportato nel diario di stazione riprodotto in figura 1. Questo risulta l'evento più intenso mai accaduto nel comune di Bologna dall'inizio delle registrazioni. Dall'analisi delle cronache, che parlano di "uragano" (vedi paragrafo successivo), si deduce che il fenomeno è stato generato da un vasto sistema temporalesco, vengono infatti riportati molti fulmini, che ha interessato l'area bolognese e successivamente quella imolese e ravennate. Altri danni vengono riportati nel bresciano e astigiano. Dalla cronaca e

¹ ARPA-SIMC, Rapporto meteo de 24 giugno 2013 disponibile su : http://www.arpa.emr.it/dettaglio_documento.asp?id=4694&idlivello=64

dalle mappe meteorologiche ottenute con le moderne tecniche di rianalisi² (figura 2) è presumibile lo spostamento del sistema da ovest verso est con direttrice la via Emilia. L'analisi della situazione meteorologica, caratterizzata dall'ingresso di una saccatura in quota da nord-ovest e da irruzione di aria fredda in quota, mostra condizioni favorevoli alla formazione di sistemi temporaleschi organizzati, potenzialmente anche intensi. La persistenza della precipitazione sulla zona potrebbe essere legata alla convergenza di flussi nei bassi strati da nord-est, innescati dalla presenza di una debole area di bassa pressione presente sul Tirreno centrale, indicata nella figura con la lettera "T".

21JUL1932 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)

Fig. 2: Geopotenziale a 500 hPa [dam] (campo colorato) e pressione al suolo [hPa] (linee bianche) alle 00 del 21/07/1932 derivati dalla rianalisi del servizio meteorologico americano (NCEP-NOAA).



Daten: 20th Century Reanalysis der NOAA
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Cronaca e testimonianza dei danni registrati in città³



Il temporale provocò gravi danni in tutta la parte pedecollinare della città da S. Mamolo al Meloncello. Si verificò infatti lo straripamento dei torrenti Aposa, Ravone e Meloncello e di altri rii minori, con trasporto di alberi, rami e molto fango fino alle mura della città (il fango si depositò anche in via d'Azeglio). Una larga parte del quartiere Saragozza, incluso il cimitero della Certosa, venne allagata per la fuoriuscita del Rio Meloncello come visibile in figura 3.

La piena più violenta fu quella del Ravone che generò allagamenti diffusi nel tratto compreso fra Villa Spada fino ai prati di Caprara. Straripò anche nella zona prospiciente la chiesa di San Paolo di Ravone, nella attuale via Andrea Costa, dove l'acqua impetuosa, mista a tronchi e fango, ruppe i portoni di alcune case che si affacciavano sul torrente, sorprendendo le famiglie nel sonno.

Molti trovarono rifugio ai primi piani e le case furono invase da circa 1 metro d'acqua. Si registrò

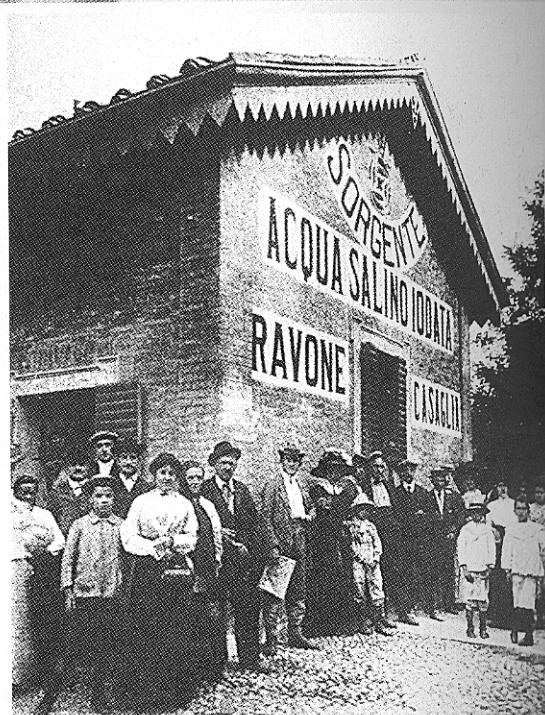
² La rianalisi consiste nell'applicazione degli attuali modelli meteorologici (allo stato dell'arte) e le relative tecniche di assimilazione dati a osservazioni storiche in modo da poter rigenerare campi meteorologici anche per date del passato, in periodi anche antecedenti alla nascita della meteorologia moderna.

³ estratto e sintesi da *Il Resto del Carlino* del 22/07/1932, fonte archivio Archiginasio, Bologna

un morto. Da notare che in quegli anni i canali erano ancora scoperti (ad esclusione del tratto cittadino dell'Aposa) e la densità abitativa nel quartiere era ancora molto bassa e per lo più concentrata lungo l'attuale via Andrea Costa. La presenza di vaste zone di campagna e di orti, presenti fra via Saragozza e via Andrea Costa, ha sicuramente contribuito a limitare i danni, anche a valle di questa zona, favorendo una laminazione della violenta piena.



L'allagamento causato
dal rio Meloncello nel 1932
e lo stabilimento
di "acqua salino-iodata"
del Ravone



248

Figura 3: Tratto dal *Il grande libro dei Canali di Bologna*, (Tiziano Costa), 2011, p. 248

Precipitazioni osservate durante l'evento⁴

Nel diario della stazione meteorologica di S. Luca (figura 1) il periodo di precipitazione è indicato essere compreso fra le 02 e le 08 del mattino ma la ripartizione oraria non è disponibile per quel periodo, essendo iniziata dal 1935. Tuttavia a giudicare dagli effetti, dal tipo di precipitazione (temporalesco) e dalle cronache di giornale che parlano espressamente di una durata di due ore, questi quantitativi potrebbero essere caduti concentrati in un tempo molto più breve rispetto a quello riportato sul diario di stazione. Di seguito si riportano anche le precipitazioni osservate durante l'evento in altre stazioni limitrofe. Le intensità maggiori sono state concentrate proprio a ridosso di Bologna, intensità confermate dai due valori di Bologna Università e Bologna Idrografico.

Monte S. Pietro: 37.3 mm

Bologna Università : 82 mm

Bologna Idrografico: 82.3 mm

Bologna S. Luca : **134 mm**

S. Antonio di Loiano: 26.5 mm

Il mese di luglio del 1932 si rivela uno dei più piovosi dell'ultimo secolo, a Bologna città cadono circa 200 mm e a San Luca ben 351.6 mm, contro una media di lungo periodo di 40 mm. Un altro evento notevole alla stazione di S. Luca (Bo) fu registrato il 27/09/1928 con 150mm/24h.

1.2 Il temporale del 16/07/1955

Il 16/07/1955 il pluviometro di S. Luca registrò **53.8 mm in 1 ora**, massimo storico di pioggia oraria della serie pluviometrica di questa stazione fra il 1935-2012⁵. La precipitazione fu causata da un forte temporale a cui si accompagnarono molti disagi, riportati dalle cronache del Resto del Carlino, con colate di fango su numerose strade e interruzioni del traffico. Per alcune ore via Saragozza risultò bloccata all'altezza del Meloncello per colate di fango e piccole frane. Testimonianze dirette riportarono esondazioni localizzate del Ravone fra via Saragozza e via Turati.

1.3 Il temporale del 27/08/1999

Si tratta di un altro fenomeno molto intenso di cui si dispone di una descrizione molto qualitativa. Si registrarono improvvise piene dei rii collinari della zona intorno a Sasso Marconi per effetto di un temporale che stazionò in quella zona per circa 2 ore. Lo straripamento del rio Verde causò l'interruzione della strada statale Porrettana e l'allagamento di un gruppo di case situate in prossimità dell'imbocco del sottopassaggio del rio sotto la statale. Dati non ufficiali riportano **73 mm in 1h**. Il pluviometro della stazione meteo di Sasso Marconi registra **63 mm** in 2h.

1.4 Il nubifragio di Ceretolo, 11 maggio 2002

Un fortissimo nubifragio si abbatté nella serata di sabato 11 maggio 2002 nell'area di confine tra i comuni di Zola Predosa, Casalecchio di Reno e Bologna Borgo Panigale. L'evento temporalesco, caratterizzato dalla stazionarietà delle celle temporalesche, ha interessato dalle ore 19 alle 22 un'area di pochi chilometri quadrati, con il massimo delle intensità di precipitazioni localizzate sul comune di Zola Predosa. Fonti non ufficiali riportano quantità di precipitazione cumulata in tutto l'evento di circa **130 mm**, con punte superiori ai **50 mm/1h**. Tali precipitazioni si sono sommate a circa 40 mm di pioggia nei tre giorni precedenti, con saturazione di terreni collinari prospicienti argillosi. Al conseguente straripamento dei rii collinari si è associata la crisi

⁴ fonte annali Servizio Idrografico Regionale - archivio SIMC

⁵ La serie comprende 58 anni dal 1935-2012, con un' interruzione dal 1973 al 1989

generalizzata delle reti fognarie e di smaltimento delle acque piovane in tutte le aree urbanizzate coinvolte, con allagamenti estesi che hanno colmato le depressioni dell'area attorno alle grandi reti stradali. Anche l'autostrada in prossimità dell'ingresso di Casalecchio di Reno è rimasta interrotta per alcune ore.

I danni pubblici e privati sono stati molto ingenti ed è stato dichiarato lo Stato di Emergenza Nazionale con O.P.C.M. n 3237/02 con lo stanziamento per il ripristino e la messa in sicurezza del territorio colpito di oltre 5,5 milioni di euro⁶. La situazione meteorologica, riportata in figura 4, mostra una situazione simile a quella del nubifragio del 21/07/1932, caratterizzata da una debole onda in quota in spostamento verso est e da una debole circolazione ciclonica al suolo con correnti da est nei bassi strati.

ECMWF AN VT:Sat 2002-05-11 18UTC 500hPa T/ Z

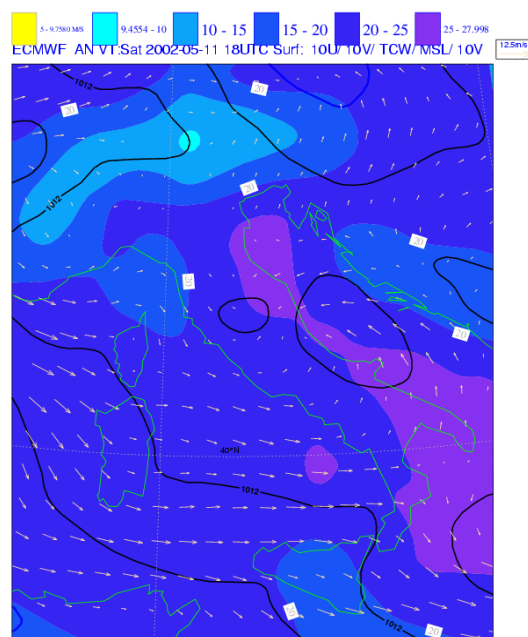
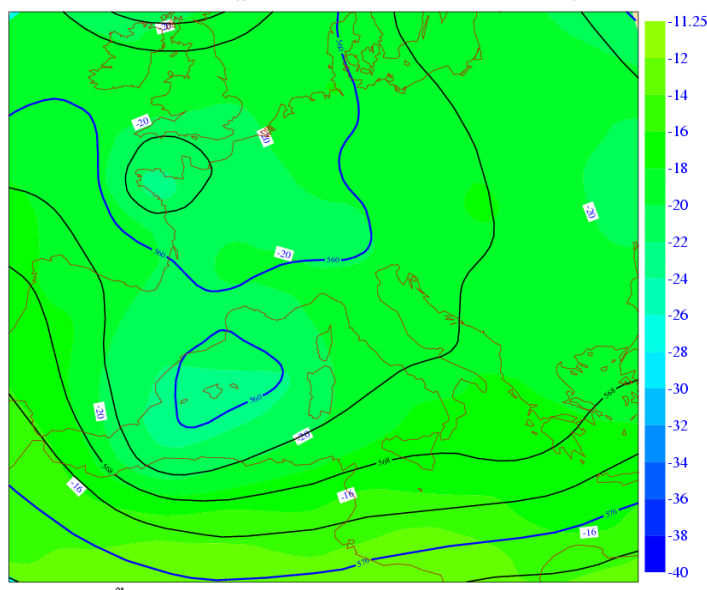


Fig. 4 Situazione meteorologica associata al nubifragio del 11 Maggio 2002. A sinistra il geopotenziale [dam] e temperatura [°C] a circa 5000m di altezza, a destra la situazione al suolo del vento[m/s], pressione [hPa] e contenuto totale di vapor d'acqua (campo colorato [mm])

⁶ fonte Rapporto sullo Stato dell'Ambiente 2004, Provincia di Bologna

2. Il caso studio del torrente Ravone

Il bacino del torrente Ravone è stato scelto come area pilota per un'analisi dettagliata poiché, come emerge anche dalle fonti storiche descritte nel Capitolo 1, offre interessanti spunti di approfondimento riguardante i temi della gestione del territorio e della regimazione delle acque in relazione alla prevenzione del dissesto idrogeologico e del rischio idraulico, oltre alla valorizzazione dei molteplici aspetti naturalistici. Inoltre il bacino, totalmente naturale nella sua parte iniziale, ben si presta per valutare gli effetti della forte antropizzazione che attualmente caratterizza la parte terminale della valle e l'attraversamento della città. In questo bacino si ritrovano quindi tutti quei fattori di criticità e di pregio presenti anche negli altri corsi d'acqua collinari e che occorre considerare.

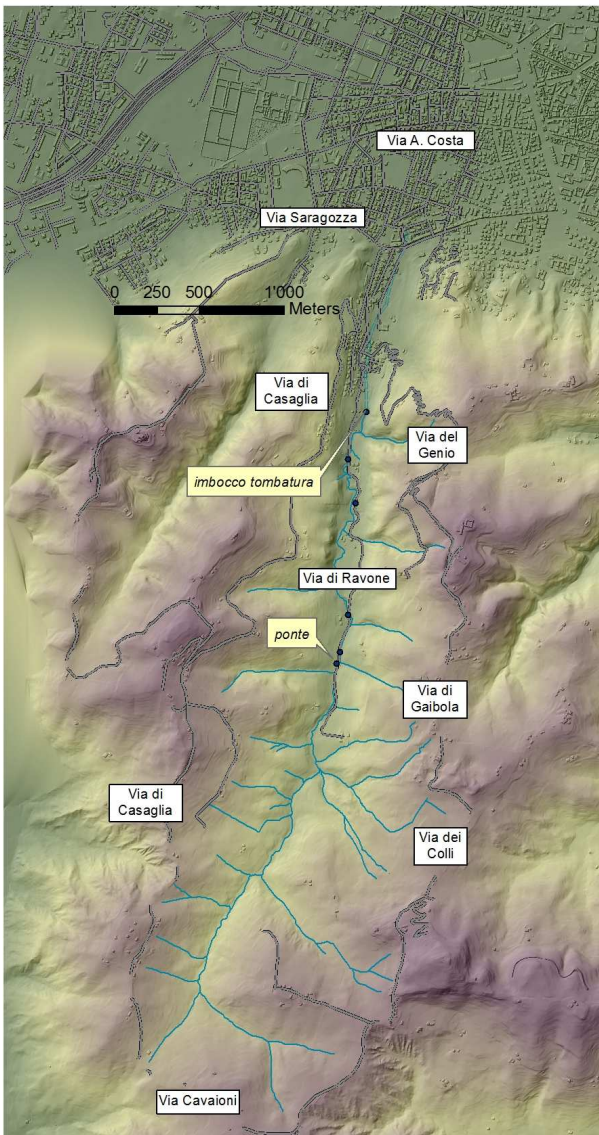


Figura 5: Collocazione del bacino del Ravone rispetto alla città con indicazione della viabilità principale

2.1 Descrizione del bacino

La zona ha una morfologia tipicamente collinare, con suoli in prevalenza marnosi o argillosi o di natura mista con presenza anche di colate argillose in zone particolarmente declive. La propaggine nord invece si sviluppa sulla conoide alluvionale ed è interessata da una estesa e densa urbanizzazione. L'area ha estesi parchi pubblici collinari come Villa Spada, Villa delle Rose, Parco San Pellegrino, Parco di Monte Paderno e Parco Cavaioni.

Il bacino del torrente si estende su un'area di circa 7 Km² per una lunghezza complessiva di 18,01 Km. La testata della valle è chiusa da Parco Cavaioni, e dalle pendici di Monte Paderno (350m), anch'esso parco pubblico, e sempre in destra orografica ma più a valle, dal bellissimo complesso dei Gessi di Gaibola. Dalle pendici del monte di Paderno e dalla zona dei gessi provengono i contributi maggiori e più costanti, mentre il contributo degli affluenti in sinistra orografica è più modesto e relegato a periodi di piogge intense. Le figure 5 e 6 mostrano rispettivamente la collocazione del bacino rispetto alla città, con alcuni riferimenti alla viabilità principale, e la descrizione schematica del reticolo idrografico con l'indicazione delle sezioni che saranno considerate nella simulazione.

Il torrente scorre nella sua parte iniziale in alveo totalmente naturale, presentando sufficienti zone di espansione fino in prossimità dell'abitato (denominato S. Giuseppe) sorto sul tratto iniziale di via di Ravone e l'incrocio con via del Genio. Giunto a ridosso di questo abitato, il torrente si intomba, all'altezza del civico 20 di via di Ravone, in cunicolo sotterraneo realizzato intorno agli anni '60-'70 per favorire un'ulteriore espansione urbanistica del fondovalle. Dopo aver attraversato

zone fortemente urbanizzate dei quartieri Saragozza e Porto, il Ravone sfocia direttamente nel fiume Reno senza immettersi nel canale di Reno, che incrocia perpendicolarmente, ma scavalcandolo sull'antico Ponte degli Stecchi, tutt'ora presente sotto il piano stradale di via Sabotino. In caso di piene eccezionali il ponte funziona come sfioratore dell'acqua in eccesso, permettendo quindi una potenziale interazione con il sottostante canale di Reno.

Per quanto concerne il dimensionamento della tombatura, i rilievi HERA mostrano sezioni eterogenee, con coperture avvenute in tempi diversi e non derivanti da un progetto organico. Al momento quindi non ci sono dati ufficiali sulla massima portata smaltibile da progetto.

I versanti di questo bacino, anche ripidi e boscosi nel tratto centrale e in prossimità del punto di tombatura, presentano una elevata predisposizione al dissesto idrogeologico con il 20% del bacino interessato da frane, di cui 46 attive e 25 quiescenti⁷.



Figura 6: Schema riportante l'orografia e il reticolo idrografico del bacino. Le due foto mostrano due sezioni del bacino, in corrispondenza della tombatura e in corrispondenza dell'alveo inciso.

Rispetto a questi dati la situazione del dissesto è peggiorata marcatamente a seguito della particolare evoluzione meteorologica di questi ultimi anni, caratterizzata da un'alternanza di annate estremamente secche seguite da stagioni con precipitazioni molto abbondanti. La siccità record del 2011 e 2012 ha portato al forte stress e disseccamento di alcune specie arboree spontanee, a cui sono seguite precipitazioni molto elevate nell'inverno 2012-13 con abbondanti nevicate che potrebbero aver contribuito ulteriormente, oltre alla siccità, a destabilizzare le zone di bosco a

⁷ Quadro conoscitivo del Comune di Bologna, PSC 2008

maggior pendenza. A seguito delle abbondantissime precipitazioni di marzo e aprile 2013⁸ sono state osservate una serie di piene del corso d'acqua che hanno causato numerose erosioni spondali e abbattimento di vecchie opere di contenimento come visibile in figura 7.



Figura 7: i pannelli (a) e (b) mostrano evidenti erosioni delle sponde in occasione della piena del 05 Aprile 2013 e il parziale cedimento di un muro di contenimento. Il pannello (c) mostra il totale collasso del muro di contenimento di cui sopra con parziale ostruzione dell'alveo del torrente (qui ripreso in Agosto 2013, in secca estiva). Da notare anche il ripido versante che ora incombe sul letto del torrente con terreno e alberi.

⁸ Grazzini F., Praticcoli W., Pavan V., Di Lorenzo M., Foraci R. 2013: Le stagioni delle grandi piogge. *Ecoscienza* 2 2013, pp. 7-11

Oltre alle erosioni delle sponde e danneggiamenti di cui sopra, si sono registrati movimenti franosi, anche di vaste proporzioni come per esempio la vasta colata di fango (figura 8), dovuta al collasso di una parte di bosco in prossimità di via del Genio. Colata che ha determinato l'ostruzione della tombatura di un piccolo affluente di destra del Ravone. Da rilevare anche i movimenti franosi che incombono sul rio Paradisi, il ripido affluente di destra più prossimo alla tombatura del Ravone, che potrebbero rappresentare un serio pericolo di ostruzione dell'asta principale e della tombatura stessa. Un sopralluogo effettuato sul bacino di questo piccolo affluente nel giugno 2013 ha evidenziato infatti un forte degrado del bosco, un rimboschimento di cipressi in rapido declino, e una diffusa situazione di dissesto con molte fratture e rigonfiamenti del terreno a monte delle nicchie di frana già scaricate nella primavera di quest'anno.



Figura 8: Gli imponenti movimenti franosi che hanno interessato il tratto terminale del bacino del Ravone in aprile 2013. Una vasta porzione di bosco (circa 2 ettari) si è staccata dal versante nord-ovest del colle dell'Osservanza (foto a sinistra) originando una colata di fango e tronchi che si è incanalata lungo la vallecchia di un affluente del Ravone (foto a destra).

In questo contesto di accentuata fragilità idrogeologica è naturale chiedersi quali potrebbero essere le conseguenze di un evento di pioggia *straordinario*, e in particolare cosa accadrebbe se si ripetessero al giorno d'oggi nubifragi come quelli già accaduti in passato? Per rispondere a questa domanda in modo puntuale è necessario ricorrere alla modellistica matematica, che per un dato evento pluviometrico permette di simulare nel dettaglio il deflusso dell'acqua e la risposta idrologica di un bacino. Nei prossimi paragrafi si descriverà a grandi linee la procedura di applicazione di un modello idraulico-idrologico per lo studio di un certo numero di scenari.

2.2 Descrizione della copertura vegetale

Come evidente anche dalla descrizione degli ultimi dissesti, riportata sopra, il ruolo della copertura vegetale e del tipo di uso del suolo è essenziale nel determinare la risposta idro-geologica del bacino a sollecitazioni meteoriche. Per questo all'interno di questo studio è stata effettuata anche una ricognizione sul tipo e sullo stato della vegetazione, sfruttando tecniche di telerilevamento integrate da alcune rilievi in campo, volte a caratterizzare lo stato attuale dell'uso del suolo con riferimento anche alla sua evoluzione negli anni, cosa di cui daremo brevemente conto in questo paragrafo. Queste informazioni sono inoltre molto importanti per stimare, seppur in maniera qualitativa, il valore di alcuni parametri necessari alla modellistica idraulica, come ad esempio i coefficienti di scabrezza dei versanti o per la determinazione dell'invaso superficiale dovuto alla vegetazione. L'area di studio dell'uso del suolo è più ampia rispetto a quella del solo bacino del Ravone, comprendendo anche il limitrofo bacino del rio Meloncello, per un'estensione di 1376 ha (figura 9).

CLASSE (HA)	1853	1954	1976	2008
1-urbano	7.1	215.8	342.7	422.4
2-seminativi	45.7	945.6	736.8	423.2
3-frutteti e arboricoltura	372.7	33.7	51.8	23.3
4-boschi	67.5	139.7	129.8	240.1
5-arbusteti	883.6	32.0	34.6	97.6
6-calanchi	0.0	1.5	5.3	0.2
7-parchi, sport e ville	0.0	8.4	75.7	169.8

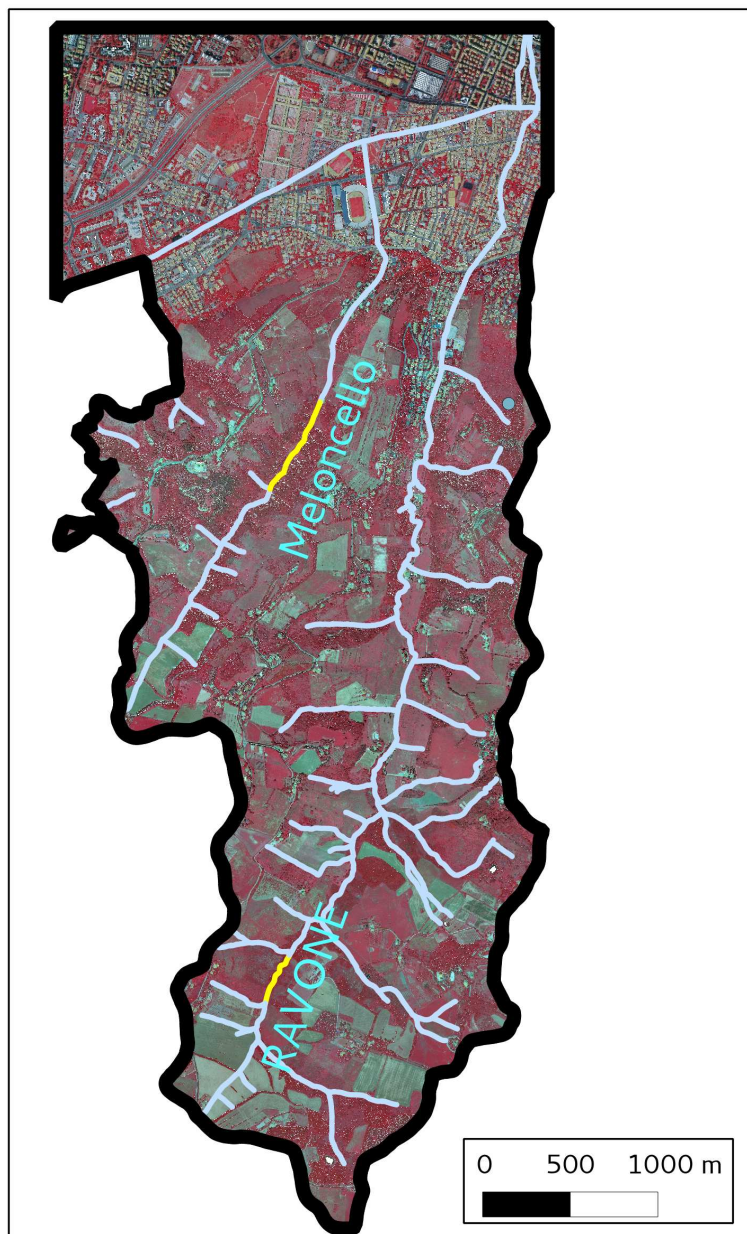


Figura 9: La tabella mostra la variazione delle classi di copertura del suolo negli anni. La figura mostra l'area di studio per quanto concerne l'uso del suolo. In azzurro vengono rappresentati i principali corsi d'acqua. I falsi colori mostrano una diversa classificazione dell'uso del suolo. Il colore rosso indica le superfici vegetate con intensità crescente in funzione del grado di copertura vegetale.

I due bacini collinari, simili per tipologia di copertura vegetale, sono caratterizzati da prevalenza di seminativi (423 ha) e di boschi (240 ha). Le aree classificate come arbusteto, in aumento dal dopoguerra insieme ai boschi, ammontano a 97 ha, segnale di un evidente e graduale abbandono del territorio. La forte presenza di aree urbanizzate (422 ha) si concentra nella zona del Quartiere Saragozza tra Via Turati, la ex funivia di San Luca, il fondovalle del torrente Ravone (via di Ravone, Via del Genio e via Fonti di Casaglia), la Certosa, via Saffi e via Emilia Ponente.

L'evoluzione storica del territorio è ben descritta dalla serie di mappe dell'uso del suolo della Regione Emilia-Romagna che coprono gli anni 1828/1853-1954-1976-2008. Le prime carte disponibili, di origine austriaca, descrivono l'area a forte vocazione frutticola con estesi frutteti in pianura ed in parte in collina. I seminativi erano localizzati a ridosso di via Turati, mentre la rimanente parte collinare era interessata dalla estesa presenza di

arbusteti con formazioni boschive relegate alle aree riparie dei due corsi d'acqua. L'urbanizzazione era a quel tempo concentrata nella zona più a nord a ridosso della via Emilia. All'inizio del secolo si sviluppa l'attività agricola in collina con l'estesa presenza di seminativi (principalmente grano) rilevati nel 1954, che vanno ad occupare le aree naturali arbustive presenti nel secolo precedente. A metà secolo prende piede l'urbanizzazione che nel 1976 si mostra già ben radicata in una estesa zona di pianura. Sicuramente interessante è il passaggio dagli anni '70 al 2000 che, a causa del ricambio generazionale e occupazionale, ha visto l'attività agricola praticamente sparire lasciando il posto ad una rinaturalizzazione non controllata, dal punto di vista idrogeologico, con una cronica mancanza di una adeguata regimazione delle acque. Le aree ancora classificate a seminativo sono in

parte zone a prati stabili di pertinenza di ex case coloniche che vengono solo sfalciate alcune volte l'anno. Altri campi, in zone meno agevoli e più pendenti, sono invece caratterizzate da presenza di arbusteti in formazione che si propagano a partire dalla presenza di siepi divisorie. Inoltre la collina dispone di una rete di viabilità storica, ora abbandonata ed in parte non accessibile, che un tempo permetteva di raggiungere dalla città le chiese di San Luca, Gaibola e Casaglia. Viabilità che consentiva inoltre un capillare monitoraggio del bacino del torrente, anche nella parte alta ora difficilmente accessibile. Una nuova rete di sentieri, attualmente in lenta espansione, consentirà forse in futuro di ripristinare l'accessibilità e quindi anche il monitoraggio del territorio compreso fra la chiesa di S.Michele di Gaibola, quella di Casaglia e Parco Cavaioni, zona di origine dei più importanti corsi d'acqua della collina bolognese.

2.3 Definizione dei tempi di ritorno e scenari pluviometrici

Dall'analisi delle serie storiche delle precipitazioni orarie di Bologna Ufficio Idrografico (situato in piazza VIII Agosto) e di Bologna S. Luca che vantano entrambe oltre 75 anni di dati (1934- fino ad oggi), non trascurando comunque altri pluviometri presenti in città come Bologna Canonica (Croce di Casalecchio) e Bologna S. Ruffillo, abbiamo identificato i valori critici che ci permetteranno di discriminare la severità degli eventi e che ci saranno di ausilio per la definizione degli scenari. Innanzitutto le ridotte dimensioni del bacino del Ravone, con un tempo di corrivazione⁹ di poco superiore all'ora, ci hanno fatto optare per un tempo di simulazione di 2 ore. I nostri scenari saranno quindi definiti sulla base della pioggia cumulata in 2 ore. Per semplicità abbiamo deciso di limitare le nostre analisi a due soli scenari, connessi rispettivamente ad un evento di pioggia "*ordinario*" e ad un evento classificato come "*straordinario*".

Lo scenario di pioggia *ordinario* rappresenta una intensità di precipitazione pari a quella di un normale temporale estivo che stazioni nell'area per meno di un'ora. Dall'analisi dei dati pluviometrici osservati abbiamo definito l'evento *ordinario* tale da generare una pioggia di 30mm in 2 ore, che in termini di tempi di ritorno pluviometrici è dell'ordine dei 2 anni. Dal momento che questi tipi di eventi sono relativamente frequenti e a seguito di queste intensità di precipitazioni non si riportano particolari danni o fenomeni di esondazioni, la definizione di evento ordinario ci serve per calibrare e verificare l'affidabilità del modello. Infatti, l'alveo naturale e quello artificiale sono in uno stato di equilibrio idrologico tale da smaltire i volumi in afflusso durante un evento di questo tipo, dando origine ad una piena, ma senza conseguenze importanti. Per la definizione di questo evento ci siamo basati anche sulle precipitazioni realmente osservate durante i temporali del 12/06/2007 e del 05/05/2013 .

La definizione dell'evento *straordinario* riguarda invece un evento più raro ma pur sempre possibile e sostanzialmente dovuto alla persistenza su tutto il bacino per circa un'ora di scrosci di pioggia legati a fenomeni temporaleschi. La quantità di pioggia dell'evento straordinario è stata fissata a *70 mm in 2 ore* con un picco d'intensità di 40mm/0.5h. Il tempo di ritorno di 40 mm in mezz'ora è stimato di poco superiore ai 50 anni, mentre i 70 mm in due ore corrispondono ad un tempo di ritorno più elevato, intorno ai 100 anni se teniamo a riferimento le linee segnalatrici di possibilità climatica calcolate sui dati di Bologna Ufficio Idrografico (vedi figura 10). Quindi teoricamente potremmo affermare che tale evento avrebbe un tempo di ritorno compreso fra 50 e 100 anni. C'è da rilevare però che negli ultimi anni sono stati misurati valori ben superiori in Emilia-Romagna. Nel recente caso di Rimini Ausa, il 24/06/2013 sono stati registrati ben

⁹ Il **tempo di corrivazione** valutato in un determinato punto di una rete di drenaggio è il tempo che occorre alla generica goccia di pioggia caduta nel punto idraulicamente più lontano a raggiungere la sezione di chiusura del bacino in esame.

90mm/0.5h e 123 mm in 1h. Ciò rappresenta la maggiore intensità di precipitazione in 30' e in 1h rilevata sulla nostra regione da quando sono iniziate le misure sistematiche. Da notare inoltre che i tempi di ritorno qui sopra riportati non tengono conto del nubifragio del 1932 poiché a quel tempo il dato orario non era rilevato. La sua eventuale inclusione aumenterebbe la frequenza di accadimento delle piogge intense.

Il calcolo dei tempi di ritorno presenta quindi delle criticità e delle limitazioni, non ultima quella dell'ipotesi di stazionarietà del clima. In contesto di rapido cambiamento climatico, caratterizzato da un aumento degli eventi estremi, la probabilità di accadimento stimata con dati del passato potrebbe non essere rappresentativa della attuale probabilità di accadimento. La nostra definizione di evento straordinario, che si basa su una intensità di pioggia simile a quella realmente caduta nell'evento di Ceretolo descritto sopra, è sostanzialmente cautelativa e potrebbe essere superata da eventi ben più intensi come quelli che hanno interessato altri punti della nostra regione negli ultimi anni. Solo nell'estate 2013, oltre a quello eclatante di Rimini si segnalano per esempio l'evento di Vergato del 24/07/2013 con 48mm/1h, e il sistema temporalesco che ha interessato la zona delle bonifiche ferraresi¹⁰, il 14/08/2013, con intensità di precipitazione dell'ordine di 60 mm in 30 minuti e 80mm/1h registrata in alcuni pluviometri della zona, intensità stimata avere un tempo di ritorno plurisecolare.

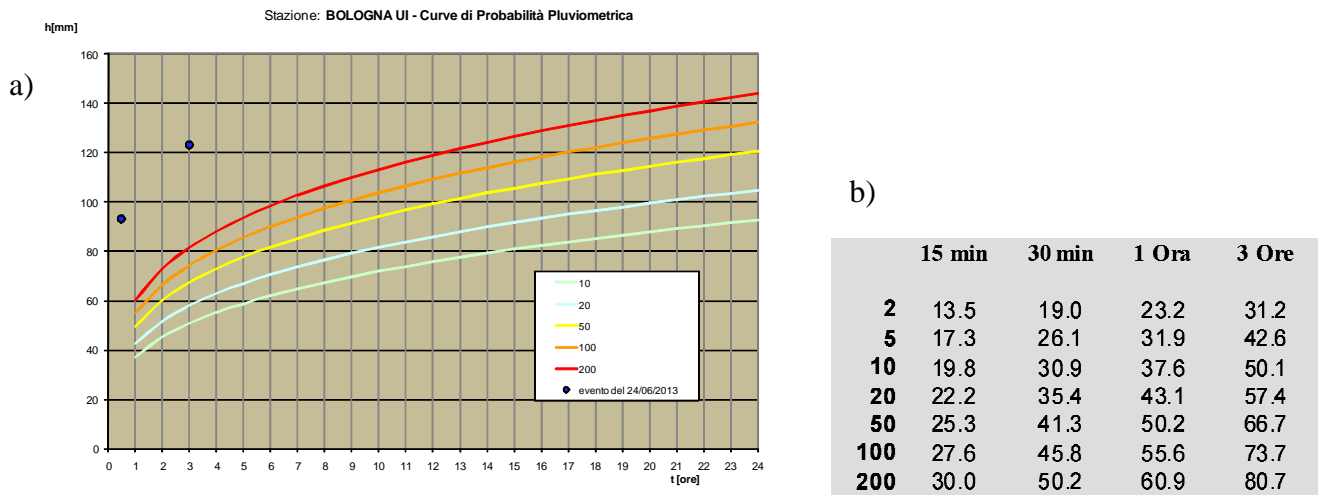


Figura 10: Pannello (a) Curve di probabilità pluviometrica. Pannello (b) stima dei tempi di ritorno [anni, indicati in neretto] della precipitazione da 1 a 24 ore. Entrambi su base dati serie storica di Bologna Idrografico, 1934-2012. A titolo esemplificativo si riportano sul grafico le registrazioni delle precipitazioni intense del recente caso di Rimini del 24 giugno 2013.

¹⁰ ARPA-SIMC, Rapporto meteo del 14 agosto 2013, disponibile su:
http://www.arpa.emr.it/cms3/documenti/_cerca_doc/meteo/radar/rapporti/rapporto_meteo_20130814.pdf

2.4 Simulazione degli scenari con la modellistica idraulica bidimensionale

Una volta stabiliti gli scenari pluviometrici sono state effettuate le simulazioni con la modellistica idraulica al fine di valutare gli impatti sul territorio. In un primo tempo sono stati realizzati alcuni test con la versione sperimentale di CRITERIA 3D¹¹, un modello idrologico tridimensionale, che simula anche l'infiltrazione dell'acqua nel terreno, ma al momento ancora in fase di sviluppo ad ARPA-SIMC. Ci siamo quindi avvalsi della collaborazione del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Bologna che ha recentemente sviluppato un modello idraulico bidimensionale, il modello CA2D¹², che permette di stimare e modellare il deflusso superficiale a scala di bacino e nella rete di drenaggio. Questo modello pur non simulando esplicitamente l'infiltrazione di acqua nel terreno, che d'altra parte per eventi intensi di breve durata si ritiene marginale, considera l'effetto medio dell'infiltrazione, del ristagno superficiale, e intercettazione della precipitazione da parte della vegetazione in un unico parametro di invaso superficiale, fissato volta per volta in relazione al tipo di simulazione.

Nonostante le limitazioni sopra riportate abbiamo quindi deciso di basare le simulazioni su su modello CA2D, poiché più consolidato e già testato su altre situazioni.

Per prima cosa è stato acquisito un accurato modello digitale di terreno (4 m di risoluzione) del bacino del torrente che è stato poi necessariamente integrato con delle misure in campo volte ad ottenere una migliore definizione dell'inciso dell'alveo. Si è proceduto quindi al rilievo della geometria dell'alveo naturale in più punti, inclusa l'esatta verifica della sezione di imbocco della tombatura. I rilievi hanno permesso di evidenziare il notevole restringimento della larghezza dell'alveo all'imbocco della tombatura, che passa da circa 4m subito prima dell'imbocco a di circa 2.3m (vedi figura 6). Questo improvviso restringimento non costituisce un problema in condizioni di deflusso moderato (come negli eventi ordinari), ma può risultare pericoloso in caso di piene consistenti e in special modo in caso di ostruzione dell'imbocco da parte di rami o tronchi trascinati dalla corrente.

Dopo la fase di acquisizione dei dettagli topografici necessari si è proceduto alla calibrazione e validazione dello strumento modellistico, simulando eventi recenti e verificandone il buon grado di realismo. La verifica si è basata su valutazioni qualitative e su osservazioni a vista non essendo al momento presenti strumenti di misura riguardanti il livello idrometrico del torrente. Prima di tutto si è verificato il realismo della simulazione dell'evento ordinario che, come ci aspettavamo, produce un significativo innalzamento dei livelli ma con portate ancora gestibili nel tratto artificiale del condotto. Un ulteriore raffinamento della calibrazione del modello è stata inoltre realizzata sulla base della significativa piena registrata il 5 aprile 2013. Di questa piena, sono stati rilevati i colmi alla tombatura (sez. B) e al ponticello (sez. A). I livelli registrati sono stati rispettivamente di circa 2m alla sez. B, pari al riempimento per circa 2/3 della luce della tombatura e di circa 80-90 cm alla sezione A. Il modello è stato quindi ricalibrato in alcuni dei suoi parametri per ottenere un miglior match fra i livelli d'acqua simulati e quelli effettivamente osservati. In particolare i coefficienti di scabrezza di Manning sono stati fissati a $0.1 \text{ m}^{1/3}\text{s}$ per l'alveo e gli impluvi e $0.2 \text{ m}^{1/3}\text{s}$ per i versanti mentre il parametro d'invaso superficiale è stato posto a 0 mm (ovvero nessuna capacità d'invaso) in quanto il terreno era già in condizioni di saturazione. Questo ha permesso una migliore simulazione del livello massimo che nella simulazione alla sezione B è arrivato a 1.8m contro i circa 2m osservati.

¹¹ **Bittelli M., Tomei F. et al.**, 2010: Development and testing of a physically based, three-dimensional model of surface and subsurface hydrology. *Advances in Water Resources*

¹² **Dottori F.**, 2012: *Development of parallelizable flood inundation models for large scale analysis*. Tesi di dottorato di ricerca in Modellistica Fisica per la Protezione dell'Ambiente, Università di Bologna

Completata la fase di test e validazione si è proceduto alla simulazione del secondo scenario, quello che si riferisce all'evento *straordinario* (70mm in 2 ore). Per la simulazione di questo scenario la configurazione dei parametri liberi è rimasta immutata rispetto ai valori sopra indicati ad esclusione del parametro d'invaso che è stato fissato in 20mm, assumendo che la pioggia cada su un terreno asciutto e in grado di intrappolare una parte della precipitazione nella formazione di ristagni superficiali. Nonostante ciò la simulazione mostra una forte criticità e una sostanziale inadeguatezza del tratto artificiale del torrente a smaltire i notevoli volumi in afflusso. L'intensa pioggia concentrata in un breve periodo genera infatti portate molto superiori a quelle smaltibili dal condotto artificiale, con un accumulo netto di acqua in prossimità della tombatura. La portata massima associata a questo evento viene stimata intorno ai 40 m³/s mentre sempre dalla modellistica ricaviamo che la massima portata gestibile dal condotto artificiale è compresa fra i 17 - 20 m³/s. Il grafico in figura 11 mostra l'andamento dell'altezza del livello idrometrico alla due sezioni di controllo. La linea blu mostra che al colmo della portata (90 min dall'inizio dell'evento) il livello dell'acqua in prossimità della tombatura raggiunge un'altezza massima pari a 5 m, ovvero circa 2 m sopra il piano sommitale della tombatura. Si noti inoltre come, rispetto all'istante di inizio della precipitazione, il picco di portata venga raggiunto in meno di due ore.

Il modello bidimensionale propaga poi l'acqua in eccesso al di fuori dell'alveo, allagando quindi il fondovalle a valle della tombatura lungo via di Ravone dove, in prossimità dell'incrocio con via del Genio, sorge un centro abitato con numerose abitazioni. Secondo le simulazioni del modello idraulico, l'acqua potrebbe raggiungere altezze fino a 1.5 m nelle zone di maggior depressione del terreno. La velocità del flusso fuoriuscito sarebbe inoltre elevata, vista la forte pendenza del tratto in esame. Successivamente l'acqua invaderebbe anche tutta l'area compresa fra via Felice Battaglia e via di Casaglia. Questo è visibile nella mappa bidimensionale che mostra le aree allagate al colmo della portata (figura 12). In quest'ultima zona, oltre alle abitazioni, sono presenti edifici scolastici comprendenti una scuola media (in fase di demolizione e ricostruzione), una scuola materna e un asilo nido.

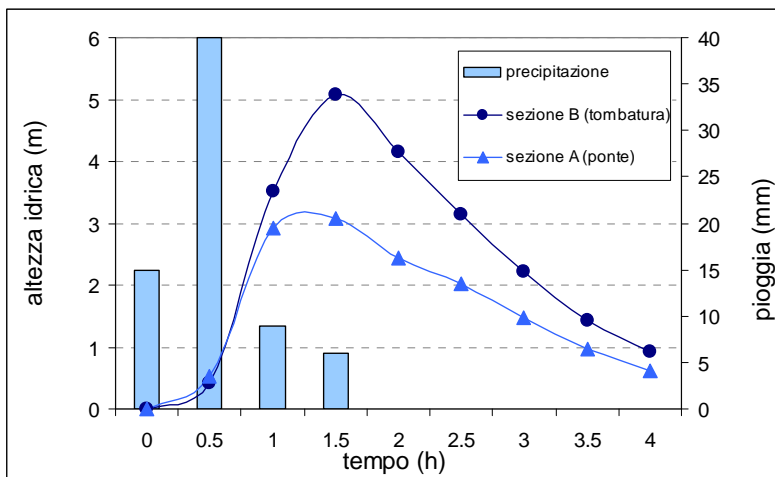


Figura 11: Illustrazione dei risultati della simulazione dell'evento *straordinario*. Il grafico mostra l'andamento della precipitazione (70 mm di pioggia su tutto il bacino in due ore, distribuita in intervalli di 0.5 h nel seguente modo: 15, 40, 9, 6 mm) e l'andamento del livello simulato alle due sezioni di controllo, il ponticello (sezione A) e la sezione di imbocco della tombatura (sezione B).

È d'obbligo ricordare che, nonostante le accurate verifiche e la calibrazione, i risultati presentati devono essere presi con la necessaria cautela, in quanto la modellistica adottata è in fase di ulteriore affinamento. Riteniamo comunque che queste indicazioni siano sufficientemente solide per affermare la presenza di una **potenziale criticità** in questa area rispetto ad un evento straordinario. È vero infatti che se alcune semplificazioni modellistiche potrebbero risultare in una sovrastima della portata, come per esempio l'assunzione di una pioggia uniforme su tutto il bacino, la mancata simulazione esplicita dell'infiltrazione, o la sottostima della scabrezza dei versanti, altri fattori non considerati ma altamente impattanti e possibili, come l'ostruzione dell'alveo per frane o

la presenza di tronchi, potrebbero ulteriormente aggravare il deflusso delle acque rendendo la presente simulazione addirittura ottimistica. A complicare un quadro già non roseo, l'ipotesi dell'occlusione della tombatura, anche parziale, è divenuta attuale a seguito delle intense precipitazioni dell'inverno/primavera 2013 che hanno effettivamente scatenato una serie di frane; testimonianza tangibile di quanto le nostre colline siano soggette ad importanti dissesti, anche in zone boscate. In particolare nella valle del Ravone, gli importanti movimenti franosi occorsi in prossimità della tombatura e di un vicino immissario, il rio Paradisi, suggeriscono la necessità di urgenti interventi di regimazione delle acque superficiali onde evitare il distacco di altre zone a forte acclività con colate di fango che potrebbero raggiungere l'alveo principale del torrente.

Infine, è importante notare come le ridotte dimensioni del bacino comportino dei tempi di risposta molto rapidi a piogge intense. In altre parole, l'intervallo di tempo fra l'istante di inizio della precipitazione e il picco di portata può essere raggiunto in meno di due ore, cosa che nella realtà renderebbe molto difficile la previsione dell'evento e quindi la messa a punto di un sistema di allerta.

Si ritiene quindi indispensabile proseguire lo studio e la modellazione di questo bacino al fine di validare ulteriormente le simulazioni tramite osservazioni idrometriche. Ricordiamo infatti che non essendo disponibili al momento osservazioni di livello o di portata su questo corso d'acqua, la validazione dei risultati del modello è stata effettuata sulla base di misure qualitative effettuate a vista durante piene ordinarie. Per questo è stata pianificata l'installazione da parte del Servizio IdroMeteoClima di Arpa di almeno un punto di misura idrometrico del livello del torrente in prossimità della sezione A o in prossimità del punto di tombatura (sez. B), collegato in telemisura. Il dato osservativo, insieme alla modellistica, permetteranno di approfondire anche il ruolo della copertura vegetale sulla risposta idraulica e idrogeologica del bacino.

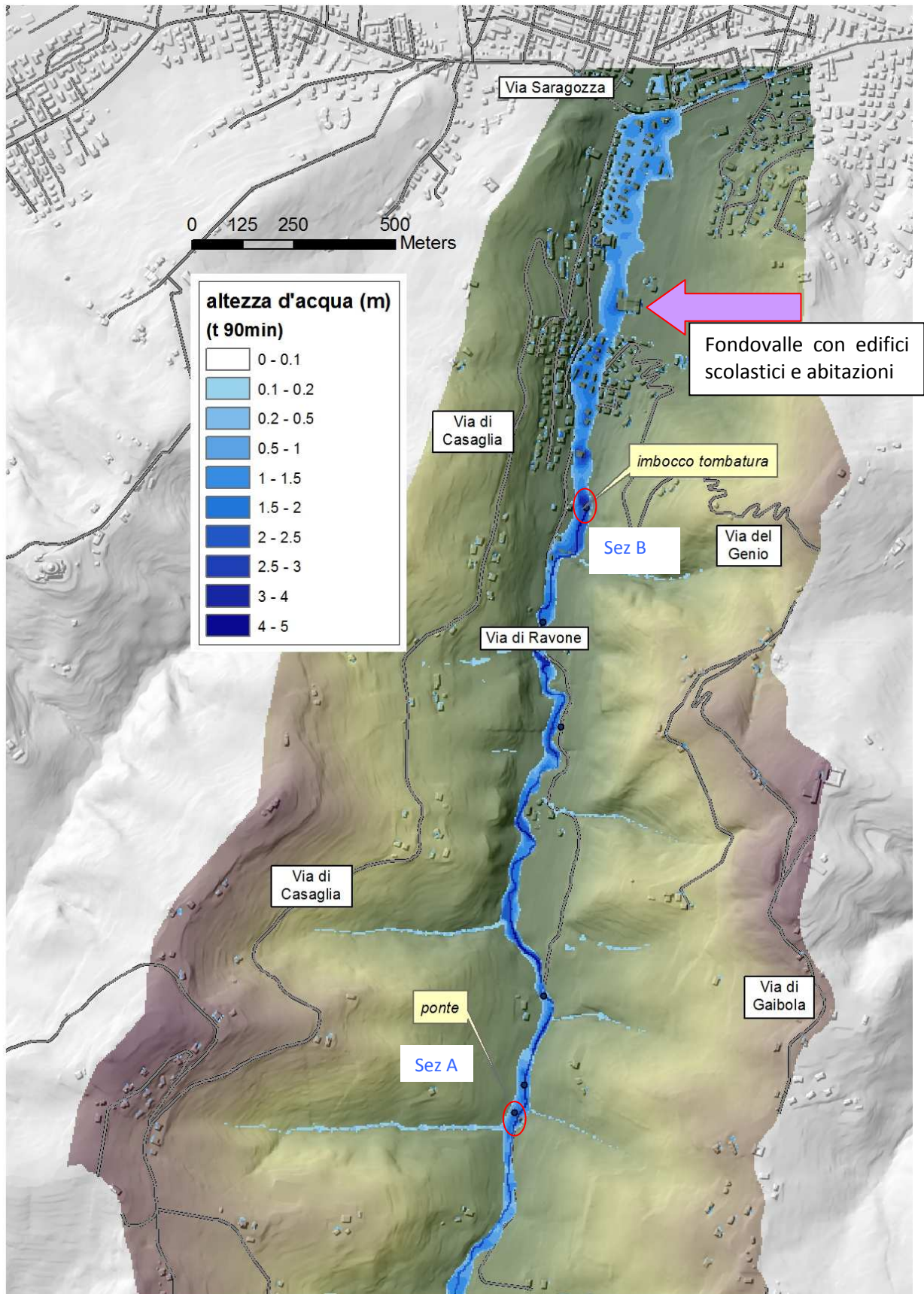


Figura 12: risultati della simulazione dell'evento *straordinario*, in termini di altezza d'acqua dopo 90 minuti dall'inizio del fenomeno, corrispondenti al picco della portata all'imbocco della tombatura.

Conclusioni

“[...] Abbiamo di proposito voluto soffermarci sul complicato e delicato andamento dei corsi d’acqua, particolarmente del Ravone e dell’Aposa, per concludere che, nel malaugurato caso di precipitazioni violente e prolungate, il nubifragio colpirebbe proprio alle spalle tutto l’abitato di Bologna, con conseguenze che oggi non si possono calcolare, ma che altre esperienze possono farci purtroppo prevedere. Da qui, dunque, la necessità di provvedere alla sistemazione idraulico-agraria-forestale della pendice dei colli di Bologna.”¹³

Questo passaggio, estratto dalla pubblicazione di Francesco Carullo del 1955, ben si presta a chiudere questo report sul rischio idraulico dei corsi d’acqua minori che si immettono, pur nascosti dalle rispettive coperture, direttamente nel tessuto urbano della città. La preoccupazione espressa più di cinquanta anni fa, all’inizio del periodo di forte espansione urbanistica che ha caratterizzato il nostro territorio, è divenuta molto più attuale al giorno d’oggi, sia per la maggiore quantità di beni e persone esposte ad un potenziale pericolo, sia per l’effettivo aumento degli eventi estremi osservabile nell’attuale contesto del cambiamento climatico. Le indagini storiche hanno mostrato inoltre come già nel passato si siano verificati eventi molto intensi sul nostro territorio in grado di causare potenziali criticità. In particolare, dagli archivi del servizio Idrografico, risulta l’inedito dato di 134 mm registrato in occasione del nubifragio 21 luglio del 1932 che causò ingenti danni nelle zone della città di Bologna adiacenti al territorio collinare. Rispetto al passato siamo però in grado di prevedere meglio e con maggiore dettaglio le possibili conseguenze di un evento intenso su una data area, come in questo caso dimostra l’applicazione della modellistica idrologica. Auspichiamo quindi che questo studio possa rappresentare uno stimolo e una buona base conoscitiva per i necessari interventi di manutenzione, mitigazione del rischio, tutela e informazione verso i cittadini. Visto l’alto pregio naturalistico di questa valle, collocata in posizione strategica a pochi passi dal centro della città, interventi di bioingegneria potrebbero avere la doppia funzione di mitigare il rischio idrogeologico e al tempo stesso valorizzarne la funzione ambientale e la fruizione da parte dei cittadini. Riteniamo inoltre che la metodologia qui applicata al bacino del Ravone, dopo ulteriori fasi di validazione, possa essere efficacemente impiegata come strumento di ausilio per la perimetrazione delle zone a rischio esondazione dei piccoli corsi d’acqua e in ambito urbano, così come previsto in attuazione della Direttiva Alluvioni (2007/60/CE).

¹³ Francesco Carullo, 1955: Le colline bolognesi e la loro sistemazione idraulico-agrario-forestale. Tipografia Compositori (Bologna).

Riferimenti bibliografici

Grazzini F., Pratizzoli W., Pavan V., Di Lorenzo M., Foraci R. 2013: Le stagioni delle grandi piogge. *Ecoscienza 2* 2013, pp. 7-11

Modellistica

Bittelli M., Tomei F. et al., 2010: Development and testing of a physically based, three-dimensional model of surface and subsurface hydrology. *Advances in Water Resources*, Volume 33, Issue 1, Pages 106–122

Dottori F., Grazzini F. et al., 2012: Analysis of flash flood hazard in an urbanized small catchment, EGU conference 2012, Torino

Dottori F., 2012: *Development of parallelizable flood inundation models for large scale analysis.* Tesi di dottorato di ricerca in Modellistica Fisica per la Protezione dell'Ambiente, Università di Bologna, Relatore Prof. Ezio Todini. <http://amsdottorato.cib.unibo.it/4635/1/thesis.pdf>

Notizie storiche

Le colline bolognesi e la loro sistemazione idraulico-agrario-forestale. **Francesco Carullo**, Tipografia Compositori, Bologna 1955.

Il grande libro dei Canali di Bologna, **Tiziano Costa**, Costa Editore, Bologna 2005

Il torrente Aposa, a cura di **M. Poli**, Costa Editore, Bologna 2000.

Le acque a Bologna, a cura di **M. Poli**, Compositori, Bologna 2005.



Arpa Emilia-Romagna

Via Po 5, Bologna

+39 051 6223811

www.arpa.emr.it

Servizio IdroMeteoClima

Viale Silvani 6, Bologna

+39 051 6497511

www.arpa.emr.it/sim