

## Proposta metodologica basata su criteri idrologici e geomatici per la stima del danno ai sistemi colturali a seguito di esondazione

Ghilardi F. <sup>1</sup>[0000-0001-6447-9442]

<sup>1</sup> Università degli studi di Torino, DISAFA, L.go Braccini 2, Grugliasco, 10095 (TO), Italy, federica.ghilardi@unito.it

**Abstract.** Le casse di laminazioni sono opere idrauliche che vengono costruite sulle aste fluviali al fine di limitare i danni nei diversi settori in caso di esondazione. Questo lavoro è stato sviluppato con riferimento al processo di progettazione di una “Cassa di laminazione sul fiume Dora Riparia a monte della Città di Torino” che ha come obiettivo la riduzione della portata del fiume nelle fasi di piena a tutela della popolazione. La cassa di laminazione è previsto occupi 300 ettari di superficie attualmente ad uso agricolo da parte delle aziende agricole produttive dei comuni di Caselle, Alpignano, Rosta e Rivoli. Sono previste due opere di sbarramento del fiume ed un sistema di argini di contenimento. In particolare, in questo lavoro si è tentato di dare una risposta rispetto al tema della stima dei danni potenziali che affliggerebbero il comparto agricolo in caso di esondazione in assenza della cassa di laminazione. L’approccio metodologico è di tipo semplificato e si basa sull’utilizzo di dati ad accesso libero della Regione Piemonte, con particolare riferimento al Modello Digitale del Terreno (DTM), alla cartografia catastale e all’anagrafe agricola unica. La fase di mappatura dell’area potenzialmente inondabile è stata condotta utilizzando un modello idrostatico applicato con livelli di esondazione ipotetici e crescenti sul DTM, producendo scenari ipotetici di estensione dell’esondazione che hanno permesso una facile quantificazione e qualificazione agronomica delle aree interessate. Con riferimento a tali scenari si è poi proceduto alla stima del danno economico introducendo valori di resa per i principali tipi colturali presenti con riferimento a 2 diversi periodi di esondazione nel corso dell’anno quello primaverile e quello autunnale.

**Parole chiave:** Casse di laminazione, Agricoltura, Danni colturali, DTM.

## 1 Introduzione

Eventi eccezionali come le esondazioni fluviali rappresentano un pericolo in molti settori, compreso quello agricolo, causando danni alle colture, ai sistemi di irrigazione e ai suoli [1]. Ordinariamente, per tutelare i diversi settori produttivi, vengono costruite casse di laminazione lungo le aste fluviali, nel tentativo di limitare i danni.

Infatti, la cassa di laminazione costituisce un'opera idraulica che mira al rallentamento dei deflussi in caso di esondazione di un fiume proponendosi come elemento fondamentale nell'intento della riduzione del rischio di esondazione [2]. L'obiettivo primario è la riduzione del rischio idraulico nei confronti della popolazione e i diversi settori ad essa legati, agendo sul contenimento del danno ai beni il cui valore dipende dal tipo di uso del suolo interessato. Per la quantificazione del danno potenziale da esondazione, molti approcci di letteratura basano le proprie considerazioni su un Modello Digitale del Terreno (DTM) [3,4,5].

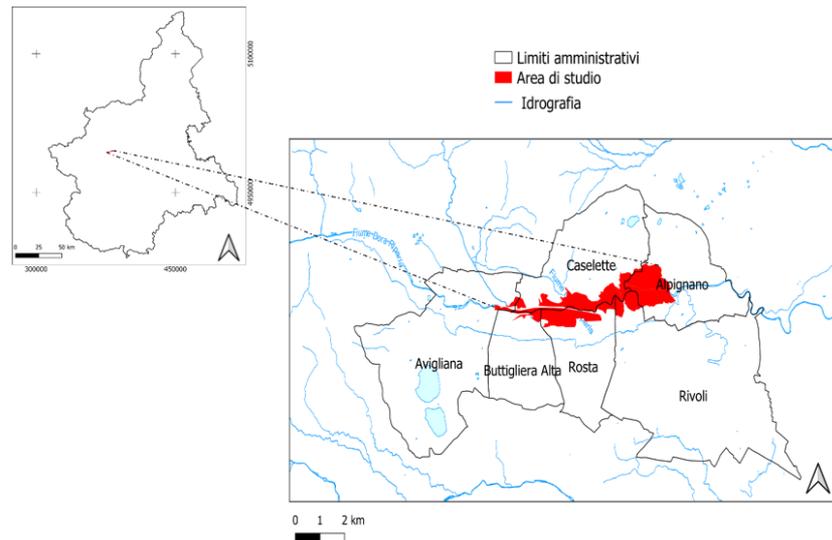
Il presente lavoro è legato al progetto inerente alla "Cassa di laminazione sul fiume Dora Riparia a monte della Città di Torino" che nasce dalla necessità di ridurre la portata del fiume al colmo di piena, in modo da tutelare la popolazione, ed è inoltre previsto dalla pianificazione di bacino (Piano stralcio per l'assetto idrogeologico - PAI, approvato con DPCM 24 maggio 2001) [6].

Il lavoro svolto è stato effettuato come integrazione al progetto inerente alla Cassa di laminazione del fiume Dora Riparia a monte della Città di Torino, ponendosi come obiettivo quello di stimare e quantificare i danni agronomici in caso di esondazione della Dora Riparia in assenza della suddetta cassa di laminazione tramite l'utilizzo del Modello Digitale del Terreno (DTM). Il coinvolgimento dei sistemi colturali nell'esondazione del fiume Dora Riparia è legato al periodo in cui essa si manifesta. Infatti, verificandosi in un determinato momento dell'anno, andrebbe a danneggiare esclusivamente le colture presenti.

## 2 Materiali e metodi

### 2.1 Area di studio

La realizzazione della Cassa di laminazione è un progetto complesso che tratta la realizzazione di due opere di sbarramento del fiume ed un sistema di argini di contenimento, con l'impiego di 300 ettari di superficie agricola appartenenti ad aziende agricole produttive e presenti sul territorio piemontese, precisamente nei comuni di Caselle, Alpignano, Rosta e Rivoli (Regione Piemonte). L'area di interesse (AOI) sulla quale si sviluppa il lavoro è riportata nella figura 1.



**Fig. 1.** Area di studio (Sistema di riferimento EPSG:32632, WGS 84 / UTM zone 32N)

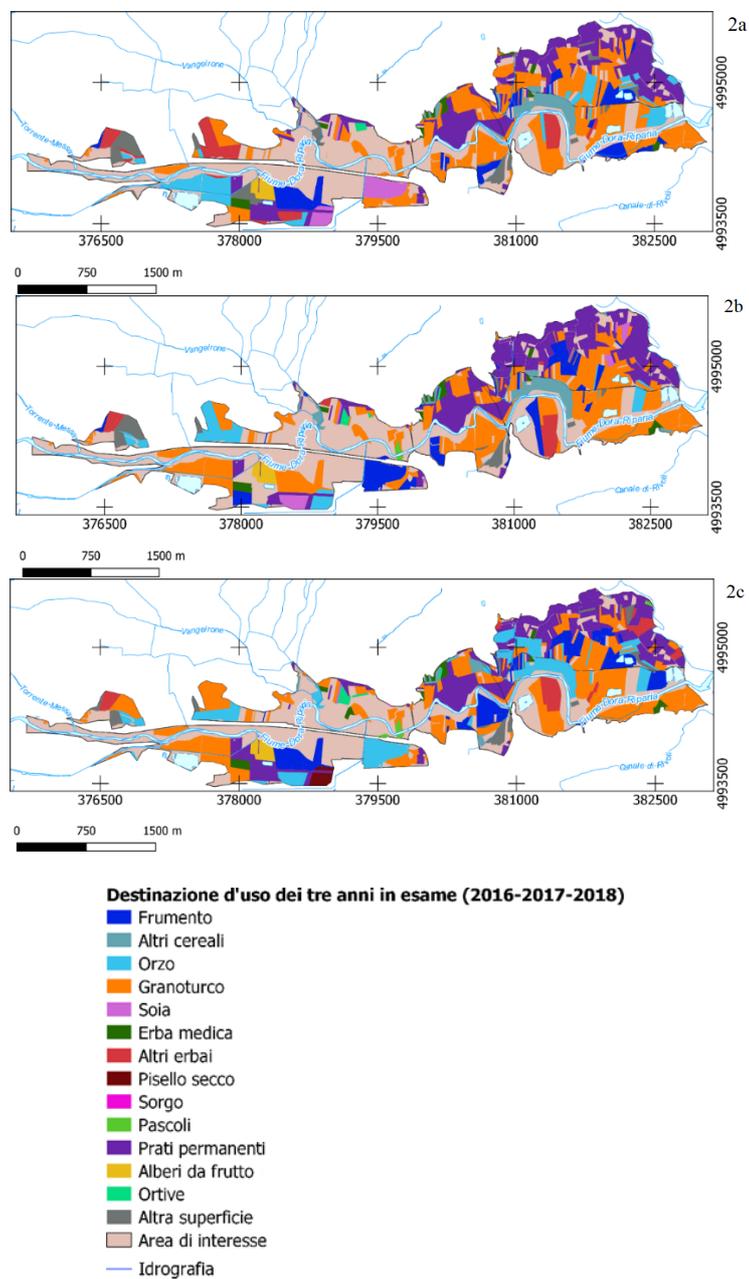
## 2.2 Dati a disposizione

In questo lavoro i dati utilizzati sono messi a disposizione dal Geoportale [7] e dall'Anagrafe Agricola Unica [8] della Regione Piemonte. In particolare, dal Geoportale Cartografico sono stati scaricati (i) il modello digitale del terreno (DTM) in formato raster, avente passo di 5 m e una precisione di quota di  $\pm 30$  cm ( $\pm 60$  cm per le zone urbanizzate) [9]; (ii) dati catastali in formato vettoriale dalla Base Dati Territoriale di Riferimento degli Enti (BDTRE) (sistema di riferimento WGS84 UTM 32N).

L'Anagrafe Agricola Unica, invece, mette a disposizione informazioni relative alle imprese agricole che hanno avviato procedimenti amministrativi in ambito agricolo con la Pubblica Amministrazione [8]. I dati utilizzati in questo lavoro sono quelli relativi all'utilizzazione dei terreni agricoli per anno e per comune, al dettaglio di particella catastale, forniti in formato tabellare.

Successivamente, sono stati uniti i file vettoriali e quelli tabellari affinché venisse assegnata ad ogni particella catastale il rispettivo sistema colturale coltivato.

Questi dati sono stati scaricati per l'intera AOI per un totale di 3 anni (2016-2017-2018) (Fig. 2).



**Fig. 2.** Destinazione d'uso del suolo agrario annuo 2016 (2a), 2017 (2b), 2018 (2c) (EPSG:32632, WGS 84 / UTM zone 32N)

Per stimare il danno al comparto agricolo in assenza della cassa, sono stati utilizzati i dati forniti da ISTAT Agricoltura [10] relativi alle produzioni colturali medie a livello regionale. Questo permette di stimare il danno potenziale ai sistemi colturali presenti nell'AOI in termini di produzione persa a causa del coinvolgimento nell'evento eccezionale (per mancanza di riferimento, alla voce "altra superficie" è stato attribuito un valore di  $1 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Tab. 1).

**Tab. 1.** Produzione media colturale piemontese ( $\text{t ha}^{-1}$ )

<b>Culture</b>	<b>Produzione media piemontese (<math>\text{t ha}^{-1}</math>)</b>
Frumento	5.83
Altri cereali	5.25
Orzo	5.80
Granoturco	9.86
Soia	2.88
Erba medica	9.57
Altri erbai	9.57
Pisello secco	2.43
Sorgo	5.64
Pascoli	6.03
Prati permanenti	8.55
Alberi da frutto	10.81
Ortive	28.94
Altra superficie	1.00

### 2.3 Processamento dei dati

I dati sono stati processati con software opensource QGIS versione 3.16.6.

L'informazione vettoriale delle particelle catastali della BDTRE permette di determinare l'estensione totale destinata alla coltivazione della rispettiva coltura ottenuti dall'Anagrafe Agricola Unica per ogni anno in esame (Tab. 2).

Per mappare dell'area potenzialmente coinvolta e analizzare il coinvolgimento del comparto agricolo, è stato adottato un modello idrostatico applicato con livelli di esondazione ipotetici fissi e crescenti sul DTM, nell'ipotesi di sorgente d'acqua a capacità infinita. Ciò ha permesso di generare scenari ipotetici di esondazione fluviale partendo da 5 punti randomicamente scelti casualmente lungo l'asta del Fiume Dora Riparia, ognuno dei quali è il risultato della media dei valori di elevazione degli argini del medesimo fiume (Fig. 3).

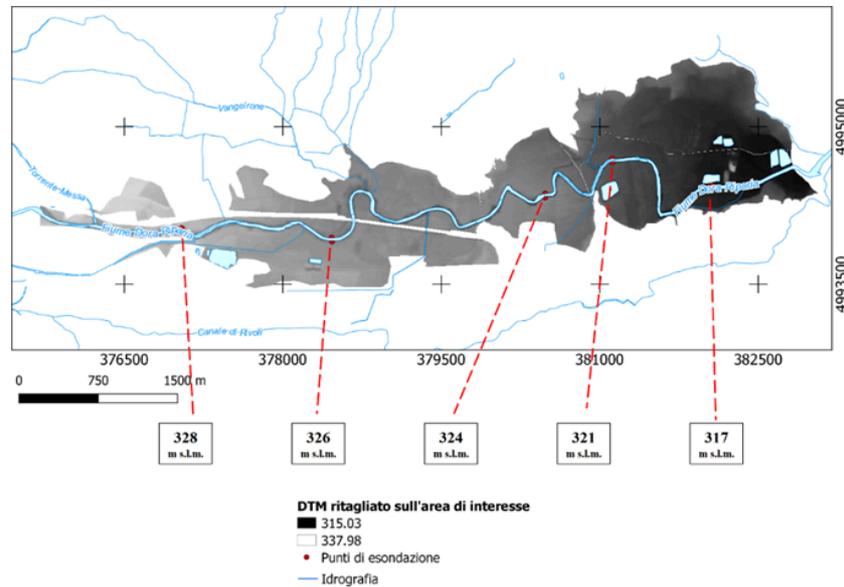


Fig. 3. DTM dell'AOI e i cinque punti di osservazione per gli scenari d'esondazione

Per ognuno dei 5 punti, sono stati definiti quattro ipotetici tiranti di esondazione crescenti (0.5, 1, 1.5, 2 m), con passo intenzionalmente superiore al limite di precisione del DTM.

Il coinvolgimento dei sistemi colturali nell'esondazione del fiume Dora Riparia è legato al periodo in cui essa si manifesta. Per poter tenere conto della presenza fisica delle colture, legata ai rispettivi cicli fenologici, sono stati considerati due momenti all'interno delle annualità (marzo e settembre) in cui simulare l'evento.

Infine, i dataset relativi alle produzioni medie colturali regionali (Tab. 1) sono stati utilizzati per la stima della produzione colturale danneggiata (espressa in tonnellate) al verificarsi delle condizioni di ogni scenario d'esondazione ipotizzato.

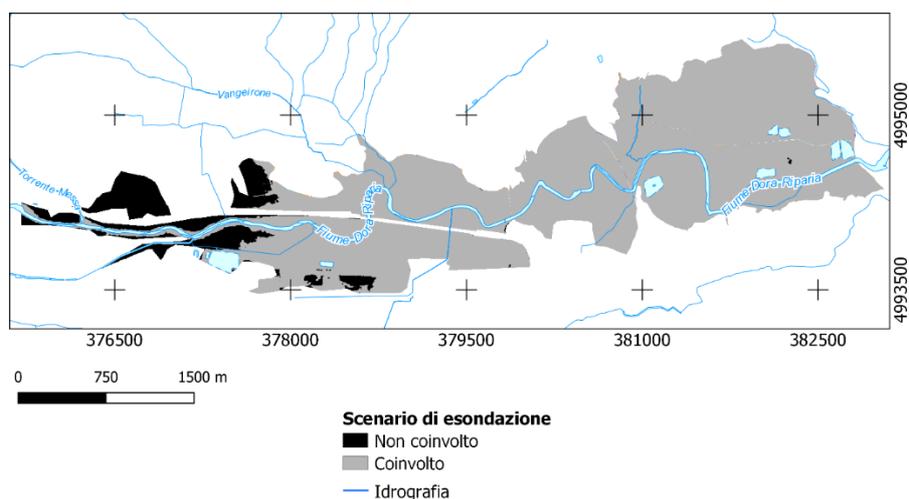
### 3 Risultati e discussioni

La tabella 2 mostra l'estensione agricola totale (ha) nell'AOI nei 3 anni. Questo risultato, insieme alla figura 2, evidenzia una variazione annuale della superficie impiegata per la coltivazione dei sistemi colturali, anche in termini di rotazione colturale tra le particelle.

**Tab. 2.** Estensione totale dei sistemi colturali nei diversi anni

Colture	2016 (ha)	2017 (ha)	2018 (ha)
Frumento	31.74	35.61	42.31
Altri cereali	14.21	15.39	4.35
Orzo	30.18	20.56	53.04
Granoturco	134.09	149.39	134.71
Soia	12.90	7.19	0.48
Erba medica	6.08	6.39	7.25
Altri erbai	22.73	10.90	16.19
Pisello secco	/	/	3.85
Sorgo	/	/	0.05
Pascoli	0.01	1.15	1.84
Prati permanenti	90.18	99.75	91.11
Alberi da frutto	4.64	4.69	4.64
Ortive	0.97	1.67	2.40
Altra superficie	19.20	12.12	11.56

In figura 4 e nella tabella 3 vengono riportati i risultati ottenuti considerando il quinto scenario ipotizzato, al punto di osservazione (328 m s.l.m.) e al massimo tirante di esondazione stimato (+ 2 m), inclusivo anche altri scenari testati. Il modello proposto stima la produzione colturale persa o danneggiata dei sistemi colturali coinvolti, al momento senza tener conto del ciclo fenologico delle colture, comunque legato al periodo di esondazione della Dora Riparia.

**Fig. 4.** Scenario esondazione - Quarto tirante (+ 2 m), punto di esondazione 328 m s.l.m.

**Tab. 3.** Superficie agricola allagata (ha) e produzione persa delle diverse colture (t) nei 3 anni in esame

Colture	2016 (ha)	Prod. Persa (t, 2016)	2017 (ha)	Prod. persa (t, 2017)	2018 (ha)	Prod. persa (t, 2018)
Frumento	31.04	180.89	34.84	203.03	42.23	246.07
Altri cereali	14.13	74.22	15.29	80.30	4.32	22.67
Orzo	21.35	123.75	10.81	62.68	44.26	256.58
Granoturco	127.97	1262.38	136.65	1348.00	113.57	1120.26
Soia	12.86	37.07	4.35	12.53	0.48	1.38
Erba medica	6.02	57.68	6.33	60.62	7.19	68.83
Altri erbai	9.81	93.87	7.87	75.35	13.17	126.10
Pisello secco	/	/	/	/	3.83	9.31
Sorgo	/	/	/	/	0.03	0.17
Pascoli	0.01	0.03	1.15	6.90	1.83	11.02
Prati permanenti	88.61	757.79	99.35	849.62	89.56	765.88
Alberi da frutto	4.64	50.17	4.69	50.67	4.64	50.17
Ortive	0.97	28.08	1.67	48.28	2.40	69.36
Altra superficie	11.86	11.86	5.03	5.03	8.34	8.34

La stima dei sistemi culturali coinvolti nello scenario di esondazione del fiume Dora Riparia è legata al momento dell'anno in cui l'evento si manifesta. Infatti, sono stati anche considerati due periodi ipotetici di esondazione per i 3 anni considerati.

**Tab. 4.** Produzione persa (t) in caso di esondazione a marzo (2016-2017-2018)

Colture	Marzo 2016 (t)	Marzo 2017 (t)	Marzo 2018 (t)
Frumento	180.89	203.03	246.07
Altri cereali	74.22	80.30	22.67
Orzo	123.75	62.68	256.58
Erba medica	57.68	60.62	68.83
Altri erbai	93.87	75.35	126.10
Pisello secco	Assente	Assente	9.31
Pascoli	0.03	6.90	11.02
Prati permanenti	757.79	849.62	765.88
Alberi da frutto	50.17	50.67	50.17
Altra superficie	11.86	5.03	8.34

**Tab. 5.** Produzione persa (t) in caso di esondazione a settembre (2016-2017-2018)

<b>Culture</b>	<b>Settembre 2016 (t)</b>	<b>Settembre 2017 (t)</b>	<b>Settembre 2018 (t)</b>
Granoturco	1262.38	1348.00	1120.26
Soia	37.07	12.53	1.38
Sorgo	Assente	Assente	0.17
Alberi da frutto	50.17	50.67	50.17
Ortive	28.08	48.28	69.36
Altra superficie	11.86	5.03	8.34

Nelle tabelle 4 e 5 vengono riportate le stime delle produzioni perse (o danneggiate) dei sistemi colturali coinvolti presenti nell'AOI, considerando marzo e settembre come momenti ipotetici d'esondazione e tenendo conto anche della presenza fisica delle colture. In particolare, nella tabella 4 vengono riportare solamente le stime per le colture attive nel mese di marzo, risultando quindi assenti granturco, soia, sorgo e le colture ortive. Viceversa, considerando lo scenario di settembre (Tab. 5) non sussistono il frumento e gli altri cereali, l'orzo, l'erba medica e altri erbai, il pisello secco, i pascoli e prati permanenti.

#### **4 Conclusioni**

L'approccio metodologico presentato è di tipo semplificato ma funzionale per il raggiungimento degli obiettivi prefissati, ossia una metodologia di facile esecuzione basata sull'utilizzo di dati ad accesso libero della Regione Piemonte per la stima dei danni potenziali al comparto agricolo in caso di esondazione in assenza della cassa di laminazione.

Futuri sviluppi della metodologia permetteranno di integrare altri parametri fondamentali per un approccio più funzionale, come la caratterizzazione dell'evento di piena quantificandone la portata e l'intensità. Altro elemento che si prevede di stimare è l'erosione del suolo, fondamentale per la quantificazione del materiale distaccato, trasportato e depositato che tipicamente si manifesta per effetto di un'esondazione fluviale.

Un limite della metodologia proposta è legato alla morfologia del territorio: il DTM verrà impiegato anche per la caratterizzazione del territorio, tenendo conto di cambiamenti di quota lungo l'asta fluviale e l'eventuale pendenza dei suoli circostanti.

In conclusione, l'approccio metodologico se utilizzato in modo puntuale può essere un ottimo strumento utile per una facile quantificazione e qualificazione agronomica delle aree interessate da eventi estremi.

## Riferimenti bibliografici

1. Setiawan, Muhammad Anggri. 2012. Integrated Soil Erosion Risk Management in the Upper Serayu Water-shed, Wonosobo District, Central Java Province, Indonesia. na.
2. Seminara, Giovanni, and Marco Colombini. 2005. “Studio Degli Effetti Sull’idrodinamica e Sulla Dinamica Del Trasporto Solido Di Opere Di Laminazione Da Realizzarsi Nel Bacino Montano Del Fiume Vara–Relazione Finale Parte 2.”
3. Castellarin, A., Giuliano Di Baldassarre, and A. Brath. 2011. “Floodplain Management Strategies for Flood Attenuation in the River Po.” *River Research and Applications* 27 (8). Wiley Online Library: 1037–1047.
4. Hocini, Nabil, Olivier Payrastre, François Bourgin, Eric Gaume, Philippe Davy, Dimitri Lague, Lea Poinson, and Frederic Pons. 2021. “Performance of Automated Methods for Flash Flood Inundation Mapping: A Comparison of a Digital Terrain Model (DTM) Filling and Two Hydrodynamic Methods.” *Hydrology and Earth System Sciences* 25 (6). Copernicus GmbH: 2979–2995.
5. Krüger, Tobias, and Gotthard Meinel. 2008. “Using Raster DTM for Dike Modelling.” In *Advances in 3D Geoinformation Systems*, 101–113. Springer.
6. Regione Piemonte, [www.regione.piemonte.it](http://www.regione.piemonte.it);
7. Geoportale Piemonte, <https://www.geoportale.piemonte.it/cms/>.
8. Sistema Piemonte, <https://servizi.regione.piemonte.it/>.
9. Borgogno Mondino, Enrico, Vanina Fissore, Andrea Lessio, and Renzo Motta. 2016. “Are the New Gridded DSM/DTMs of the Piemonte Region (Italy) Proper for Forestry? A Fast and Simple Approach for a Posteriori Metric Assessment.” *IForest-Biogeosciences and Forestry* 9 (6). SISEF-Italian Society of Silviculture and Forest Ecology: 901.
10. Istat Agricoltura, <https://www.istat.it/it/agricoltura>.