



Comune di Ussassai

Provincia di Nuoro

Regione Sardegna



OPERE DI CONSOLIDAMENTO NEL CENTRO ABITATO DI USSASSAI

CUP: D16B20000980002 - CIG: 83154530E6

PROGETTO DEFINITIVO - Lotto 1

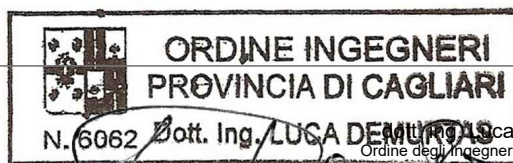
OGGETTO

3 - STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

RELAZIONE IDROLOGICA

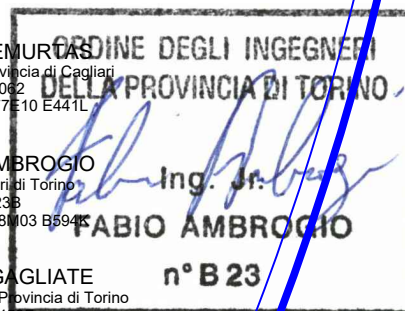
SRIA
s.r.l.
STUDIO ROSSO
INGEGNERI ASSOCIATI

VIA ROSOLINO PILO N. 11 - 10143 - TORINO
VIA IS GIULIAS N. 178 - 09122 - CAGLIARI
TEL. +39 011 43 77 242
studiorosso@legalmail.it
info@sria.it
www.sria.it



dott. ing. Fabio AMBROGIO
Ordine degli Ingegneri di Torino
Posizione n. 233
Cod. Fisc. MBR FBA 78003 B5945

dott. ing. Luca AGAGLIATE
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino
Posizione n. 10452 F
Cod. Fisc. GGL LCU 80S13 A479H



TIMBRI E FIRME

CONTROLLO QUALITA'

DESCRIZIONE	EMISSIONE
DATA	GIU/2022
COD. LAVORO	445/SR
TIPOL. LAVORO	D
SETTORE	G
N. ATTIVITA'	03
TIPOL. ELAB.	RI
TIPOL. DOC.	E
ID ELABORATO	01
VERSIONE	0

REDATTO

ing. Luca AGAGLIATE

CONTROLLATO

ing. Fabio AMBROGIO

APPROVATO

ing. Luca DEMURTAS

ELABORATO

D.3.1



INDICE

1. PREMESSA	2
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	3
2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	3
2.1 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	4
2.2 INQUADRAMENTO CLIMATICO	7
2.2.1 <i>Traiettorie delle masse d'aria e rilievi</i>	7
2.2.2 <i>Temperatura</i>	9
2.2.3 <i>Venti e pressione atmosferica</i>	10
2.2.4 <i>Umidità relativa ed evapotraspirazione</i>	10
2.3 INQUADRAMENTO PLUVIOMETRICO	10
2.3.1 <i>Precipitazioni intense</i>	12
3. PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEI BACINI IDROGRAFICI	13
3.1 ANALISI DEI RECETTORI	13
3.2 BACINI IDROGRAFICI DI RIFERIMENTO	14
3.3 TEMPI DI CORRIVAZIONE DEI BACINI	18
3.4 DEFINIZIONE DEL NUMERO DI CURVA ADIMENSIONALE CN	20
4. ANALISI IDROLOGICA	24
4.1 APPROCCIO METODOLOGICO	24
4.2 DEFINIZIONE DELLA PIOGGIA DI PROGETTO	24
4.2.1 <i>Metodologia PAI</i>	24
4.2.2 <i>Ietogrammi di progetto</i>	27
4.2.2.1 <i>Ietogramma Chicago</i>	27
5. CALCOLO DELLE PORTATE DI PROGETTO CON MODELLO NUMERICO	29
5.1 METODOLOGIA E INPUT DEL MODELLO	29
5.1 PORTATE AL COLMO DI PIENA DI PROGETTO	30
5.1 CALCOLO DELLE PORTATE AL COLMO PER I SOTTOBACINI	31

ALLEGATI

- ALLEGATO 1 – Delimitazione bacini idrografici di riferimento –
- ALLEGATO 2 – Ietogrammi Chicago di progetto –
- ALLEGATO 3 – Ietogrammi di piena di progetto, ottenuti con la modellazione afflussi - deflussi –



1. PREMESSA

La presente relazione idrologica è parte integrante dello Studio di Compatibilità Idraulica relativa al Lotto 1 del Progetto Definitivo attualmente coperto da finanziamento commissionato agli scriventi dal Comune di Ussassai per gli interventi denominati “*Opere di consolidamento nel centro abitato di Ussassai*”. Gli interventi in progetto riguardano la realizzazione di opere di drenaggio, regimazione superficiale e opere strutturali funzionali alla mitigazione del rischio idraulico del centro abitato del paese.

La viabilità interessata dagli interventi tra cui è presente la S.S. 198 e alcune strade comunali di minore importanza allo stato di fatto risulta sprovvista di efficaci opere di collettamento delle acque di versante. Solo lungo una minima parte dello sviluppo stradale sono presenti cunette alla francese che consentono la raccolta e lo smaltimento delle acque di versante e di piattaforma. Pertanto in occasione di eventi meteorici anche ordinari, le opere di collettamento esistenti non consentono il drenaggio efficace delle acque meteoriche causando allagamenti superficiali lungo la viabilità urbana di Ussassai. Nell’ambito della presente progettazione vengono proposti interventi volti a mitigare tali fenomeni.

L’elaborato riporta l’analisi idrologica effettuata sui bacini idrografici dell’area oggetto di studio, con il calcolo degli ietogrammi di progetto, per tempi di ritorno di 10, 20, 50, 100 e 200 anni. Si riportano quindi i risultati del modello di trasformazione afflussi – deflussi che ha consentito di definire i valori di portata al colmo, per assegnati tempi di ritorno. Le portate così calcolate sono state assunte come portate di progetto per gli interventi previsti.



2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area d'interesse per il presente studio è localizzata nel territorio comunale di Ussassai, in provincia di Nuoro, comune che si estende per 47 km² con un dislivello massimo di 796 m tra il punto più elevato rappresentato dai 1.112 m di Punta Giuannantoni e quello più depresso costituito dai 316 m di S'Isca 'e sa Pira.



Figura 1 – Abitato del Comune di Ussassai

Con meno di 600 abitanti, Ussassai è il borgo più piccolo della **Barbagia di Seulo**, nonché il suo centro più orientale, alle porte dell'**Ogliastra**, sulla statale 198 che collega Seui a Lanusei.

Il territorio è ricco di sorgenti e foreste di lecci, querce e macchia mediterranea, rendendolo molto interessante da un punto di vista naturalistico. Nel territorio di Ussassai rientra anche una porzione di "**Montarbu**" (in gran parte del Comune di **Seui**), vero e proprio gioiello di natura incontaminata, una delle foreste sarde più suggestive, nonché oasi faunistica dal 1980, ripopolata anche con daini e mufloni e sorvolata da aquile reali e falchi pellegrino.

Gli interventi di progetto riguarderanno la realizzazione di opere di regimazione e smaltimento delle acque meteoriche che interessano i versanti e le piattaforme stradali della viabilità comunale e della SP198 (Figura 2).

Si rimanda ai paragrafi successivi per i dovuti approfondimenti.

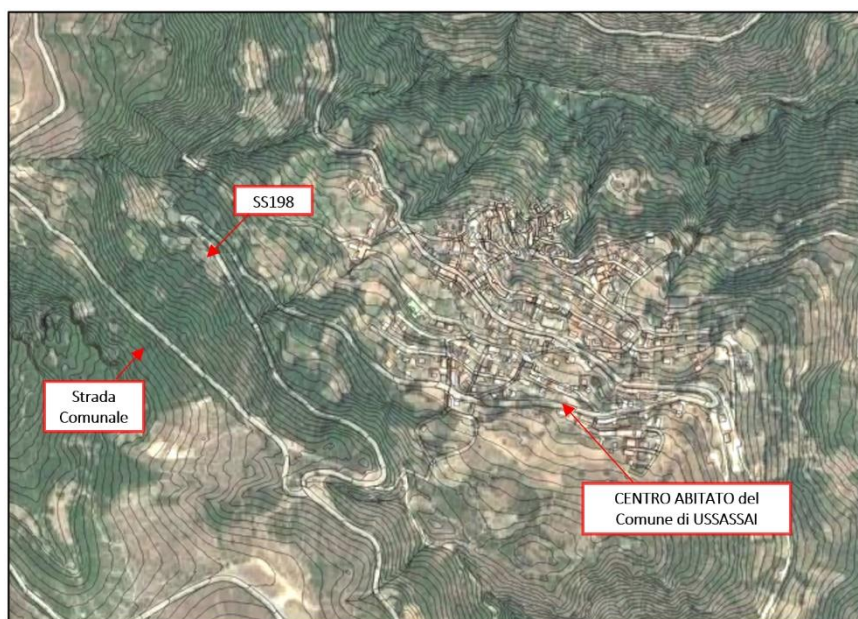


Figura 2 – Inquadramento territoriale degli interventi in progetto

2.1 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Il reticolo idrografico interessato dagli interventi di progetto ricade nel tratto montano del bacino del rio San Girolamo, sub bacino del Flumendosa. In questo tratto il bacino è caratterizzato da forti pendenze e profonde valli, la cui direzione è strettamente condizionata dall'assetto tettonico del territorio, e secondariamente dalla diversa erodibilità e permeabilità dei litotipi affioranti. La valle del rio San Girolamo è impostata sul complesso metamorfico paleozoico, su una linea di faglia avente direzione N-S e NNO-SSE, e mostra in generale un andamento meandrico, con locali scalzamenti delle sponde e sinuosità nel suo percorso.

Le aste tributarie e i corsi d'acqua minori presentano uno schema di tipo dendritico, e si sviluppano su litologie prettamente impermeabili, a limitata acclività e omogenee. Presentano un regime tipicamente torrentizio, con piene improvvise e di breve durata, deflusso superficiale nullo per la maggior parte del periodo dell'anno, ma con piene importanti in corrispondenza di precipitazioni intense, in quanto l'impermeabilità del substrato determina valori alti dei coefficienti di deflusso.

Le acque di ruscellamento superficiale prima di essere intercettate dalle linee di drenaggio svolgono un ruolo importante nella dinamica dei versanti. Le condizioni climatiche, l'elevata pendenza dei versanti, la degradazione della vegetazione e il modellamento antropico dei versanti operato per ricavare aree coltivabili, favoriscono l'erosione del suolo da parte delle acque superficiali con trasporto e movimentazione a valle dei depositi detritici sciolti, e continuo arretramento dei rilievi.

Si riporta in Figura 3 la rete idrografica principale e secondaria: l'idrografia principale è costituita dal Riu Laccassei che si sviluppa da Ovest verso Est per poi confluire, a valle dell'abitato di Ussassai, nel Riu San Girolamo.

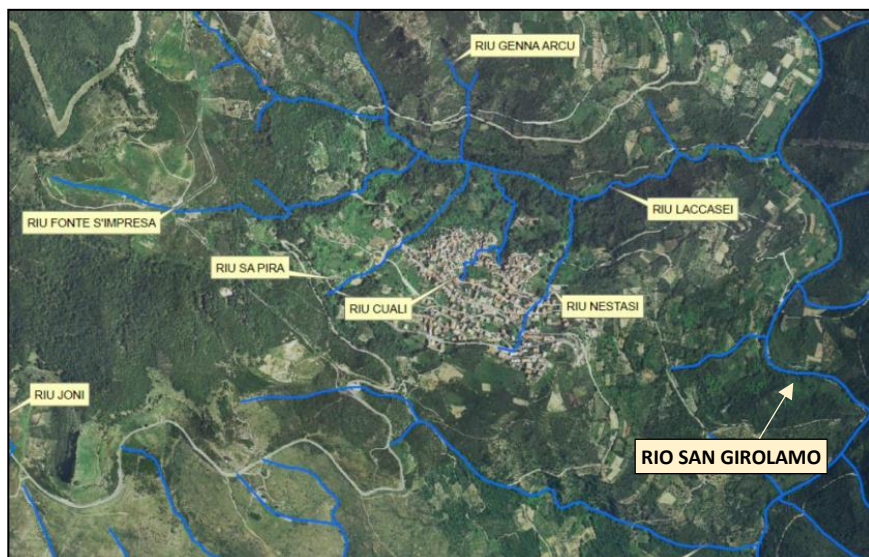


Figura 3 – Reticolo idrografico principale e secondario nell'area oggetto di analisi
(Fonte: Piano di protezione civile - Applicazione per il rischio idraulico – Relazione di piano)

Il Riu San Girolamo, conosciuto anche con il nome *Flumineddu*, è il corso d'acqua principale dell'area in esame. Nasce alle pendici dei Monti del Gennargentu, in prossimità della punta Perde 'e Liana in agro di Gairo e mantiene, lungo tutti i suoi 60 km di lunghezza, uno sviluppo pressoché lineare da nord verso sud. Attraversa i territori di Gairo, Ussassai, Seui, Ulassai, Perdasdefogu, Escalaplano ed infine Ballao, dove, in prossimità del centro abitato, confluisce nel Flumendosa, del quale, il Riu San Girolamo è il principale affluente.

Gli interventi in progetto interessano impluvi minori ubicati sul versante meridionale che però confluiscono nel Riu Laccasei e nel Rio San Girolamo.

I corsi d'acqua interessati dal presente progetto, ad eccezione del Riu Fonte S'impresa, sono rii che hanno subito una forte artificializzazione all'interno del centro abitato di Ussassai risultando per ampi tratti anche intubati. Dopo aver superato il centro abitato di Ussassai i rii recuperano le caratteristiche idrografiche naturali. Nello specifico, i corsi d'acqua d'interesse per la presente progettazione sono i seguenti:

- Riu Fonte S'Impresa: tale impluvio non presenta particolari antropizzazioni lungo il suo percorso. Si segnala unicamente la presenza di un manufatto di attraversamento in corrispondenza dell'intersezione con la SS 198, ubicato poco a monte della confluenza con il Rio Laccasei e il suo interessamento durante l'evento meteorico denominato "Cleopatra";
- Riu Sa Pira: il rio nasce a monte della SS 198 e risulta completamente tombato per tutto il suo tratto urbano. Si segnala la presenza lungo il suo percorso della scuola di via Europa realizzata in posizione centrale rispetto l'impluvio. Per questo motivo, il Riu Sa Pira, risulta tombato immediatamente a monte del complesso scolastico (Figura 4). In pieno centro abitato, a valle dell'intersezione con la SS 198, termina il tratto tombato del Riu Sa Pira, recuperando pertanto le caratteristiche di corso d'acqua a cielo aperto, per poi confluire nel Rio Laccasei poco più a valle;



Figura 4 – Immissione del tratto tombato del Riu Sa Pira, a monte della scuola di via Europa

- Riu Nestasi: Il rio nasce in corrispondenza dell'incrocio tra via Grazia Deledda e via Nazionale (Figura 5) e risulta completamente tombato per tutto il suo tratto urbano. Dopo un percorso di circa 60 m segue il tracciato della scalinata di via Machiavelli. Successivamente attraversa nuovamente via Nazionale e passa al di sotto della scalinata di collegamento a via Don Bosco. Solo a questo punto, attraversati ancora alcuni fabbricati, torna a cielo aperto e si immette nel rio Laccasei (cfr. Figura 6).



Figura 5 – Imbocco sistema Riu Nestasi



Figura 6 – Tratto tombato nei pressi del campo sportivo di Ussassai (Riu Nestasi)

2.2 INQUADRAMENTO CLIMATICO

Il principale fattore di influenza sul clima della Sardegna è costituito dalla posizione geografica. L'isola si trova in piena area climatica mediterranea, tra il dominio dei venti occidentali e quello delle masse d'aria calda tropicali.

Dal punto di vista climatico il bacino occidentale mediterraneo presenta condizioni particolari sia per la posizione che per la cintura di terre e rilievi che lo circondano e per il contatto che esso ha con l'Oceano e col deserto. La Sardegna, la Corsica e le Baleari lo dividono in tre aree distinte, ciascuna delle quali possiede un proprio sistema di correnti marine, il cui ritmo d'insieme è regolato dal flusso delle acque oceaniche che si spostano da Gibilterra verso il Mediterraneo orientale, con spessore peraltro limitato dall'esigua profondità dello stretto.

L'area nordoccidentale, compresa tra il massiccio sardo-corso, il rilievo pirenaico-catalano e le Alpi marittime, subisce l'influenza dell'Oceano e parimenti quella delle masse di aria fredda continentale attraverso le basse terre francesi. L'area meridionale, invece, riceve il flusso dell'aria oceanica attraverso lo stretto di Gibilterra e dell'aria tropicale attraverso l'Algeria e il deserto Libico. Delle tre aree, quella ligure-tirrenica appare la più chiusa e interna; protetta a Nord dalla catena alpina, comunica col settore meridionale del Mediterraneo attraverso il canale di Sicilia e lo stretto calabro-siculo. Gli scambi di masse d'aria vi si svolgono prevalentemente nel senso dei meridiani, tra il Mar Ligure e l'Africa del Nord.

2.2.1 Traiettorie delle masse d'aria e rilievi

Nel quadro climatico generale, è considerato molto importante valutare la posizione della Sardegna in rapporto alle traiettorie dei cicloni e delle masse d'aria, i cui spostamenti stagionali determinano i tipi di tempo caratteristici del Mediterraneo occidentale.



Quando in autunno e per tutto l'inverno, l'anticiclone siberiano ricopre la Regione balcanica e le alte pressioni si estendono sull'Africa dell'Atlante e sulla Spagna, sul bacino occidentale del Mediterraneo si originano, per l'elevata temperatura delle acque, delle aree di bassa pressione con minimi sul Tirreno, sul Mar Ligure e sul Mar di Sardegna. Richiamate da queste depressioni, masse di aria intermedia dall'Atlantico centro-settentrionale invadono il bacino occidentale del Mediterraneo, giungendo sulla Sardegna. Queste masse fredde subiscono però profonde trasformazioni nell'attraversare l'ampio tratto di mare che circonda l'Isola: si accresce il loro contenuto di vapore acqueo, si eleva la temperatura negli strati più bassi e si attenua il loro carattere di masse organizzate; soltanto quando le incursioni perdurano per diversi giorni conservano il loro carattere di aria fredda e determinano un sensibile abbassamento della temperatura. L'aria fredda si riversa sulla Sardegna con prevalente direzione Sud. L'aria intermedia può anche affluire sull'isola da Sud-Ovest, attraverso lo stretto di Gibilterra. Altre masse fredde possono giungere sulla Sardegna da Est e da Nord-Est, propaggini dell'anticiclone dei Balcani.

Pertanto se la circolazione atmosferica sulla Sardegna è data da masse d'aria temperata umida africana, alle quali si accompagna sempre un lieve aumento della temperatura, si ha un peggioramento del tempo e un periodo di piogge più o meno lungo. All'afflusso di masse d'aria fredda settentrionali si collegano invece i periodi di bel tempo, durante i quali con atmosfera tersa e nebulosità minima si abbassa la media diurna della temperatura. Se poi la circolazione è data da masse d'aria mediterranea, cioè da masse di diversa origine che per aver sostato a lungo sul mare hanno acquistato caratteri mediterranei di umidità e di temperatura, si hanno giorni nuvolosi di moderata umidità e mite temperatura.

L'isola è manifestamente interessata dai cicloni che si spostano dalle Baleari al basso Tirreno seguendo la via del 40° parallelo, ma questa è la meno frequentata delle tre grandi traiettorie cicloniche del Mediterraneo occidentale. Ne consegue la relativa scarsità di precipitazioni di cui soffre la Sardegna, ove si pensi che le piogge vi sono portate quasi esclusivamente da queste perturbazioni del Mediterraneo settentrionale e neppure è interessata dalla importante via meridionale che attraversa l'Africa del Nord. Durante l'estate, mentre l'anticiclone si sposta verso Nord, l'aria tropicale invade il Mediterraneo portando elevate temperature e pressioni relativamente alte e livellate. Favorita dal forte riscaldamento del terreno, l'aria calda giunge sull'Isola con caratteristiche diverse di umidità e di temperatura a seconda della sua origine oceanica o continentale. L'aria tropicale continentale, di gran lunga prevalente, determina le punte massime della temperatura e quindi una notevole escursione tra il giorno e la notte.

Altri importanti fattori climatici sono legati alla insularità della regione ed alla breve distanza dal mare di tutti i punti del territorio, mentre la distanza dai continenti circostanti è notevole. La presenza e la distribuzione dei gruppi montuosi principali hanno pure notevole influenza; metà del territorio dell'Isola si trova compreso tra le isoipse di 0 e 300 metri e l'altitudine media è di soli 364 m s.l.m.

Si osserva ancora che, mentre si ha una diminuzione notevole della temperatura media per l'influenza dell'altitudine, altrettanto non si può dire per l'aumentare della latitudine. La posizione geografica e l'insularità sono i fattori generali del clima della Sardegna; all'orografia invece, che crea le diverse condizioni di esposizione, si devono i differenti valori che gli elementi climatici assumono nelle singole zone.



2.2.2 Temperatura

L'andamento annuo della temperatura dell'aria in Sardegna non presenta caratteri originali rispetto a quello di altri paesi mediterranei. L'Isola risente appieno dell'evoluzione termica delle acque del Mediterraneo che, raggiungendo la temperatura massima nelle prime settimane dell'autunno e la minima in primavera, temperano i freddi dell'inverno e mitigano i calori estivi. L'elevata temperatura della stagione invernale è la caratteristica più importante del clima: l'isoterma 10° C in gennaio che taglia l'estremità di tutte le grandi penisole mediterranee, tocca pure la parte meridionale della Sardegna.

In estate la temperatura è elevata e nei mesi di luglio e agosto tutta la Sardegna meridionale si trova compresa entro l'isoterma di 25° C. Le temperature estive, nelle contrade costiere della Sardegna, eguagliano quelle che si registrano nella Penisola. L'azione moderatrice del mare è ben manifestata nell'andamento delle temperature medie. Si verifica infatti il perdurare delle basse temperature invernali, ancora nei mesi di marzo e aprile nelle stazioni interne e montane, mentre in quelle costiere la media di questi mesi si approssima già ai 15° C. Alla fine della primavera (giugno) si ha invece un incremento verso gli alti valori estivi, più spiccato nelle zone interne e più moderato lungo le coste.

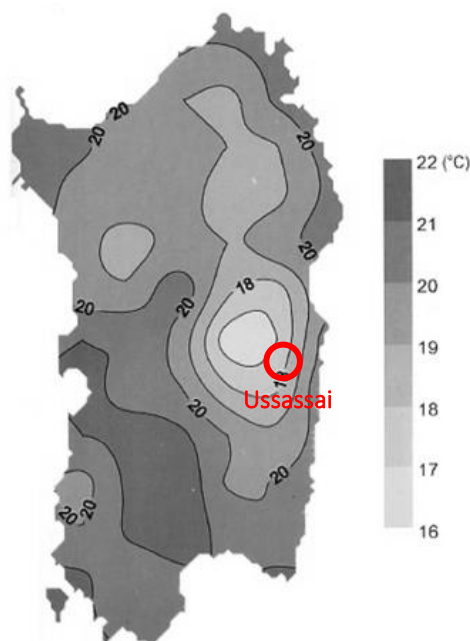


Figura 7 – Valore medio annuale della temperatura massima

L'escursione termica annua rivela la diversa entità dell'influenza del mare sulle singole zone: essa infatti, ha valori piuttosto bassi lungo le fasce costiere (13° - 15°) e relativamente elevati nelle zone interne di sfavorevole esposizione (18° - 19°), ma, al di sopra dei 1.000 m anche l'ampiezza dell'escursione termica annua diminuisce (a circa 15°). Come media generale per le zone costiere si può assumere il valore di 14.8° che si presenta come uno degli indici più bassi in tutto il Mediterraneo occidentale.



2.2.3 Venti e pressione atmosferica

Nell'ambiente climatico della Sardegna il vento ha una parte assai importante. Esso soffia infatti con altissima frequenza per il fatto che l'isola si trova lungo la traiettoria delle correnti aeree occidentali, che spirano dalle zone anticicloniche dell'Atlantico e dell'Europa di Sud-Ovest verso i centri di bassa pressione mediterranei. È di notevole interesse constatare che la distribuzione dei valori di frequenza nei diversi settori d'orizzonte non presenta apprezzabili variazioni nei singoli anni; ciò è tanto più degno di nota se si tengono presenti i notevoli scarti dalla media che invece si registrano nell'andamento di altri elementi del clima, e in particolare nel regime delle precipitazioni. La predominanza dei venti occidentali in tutte le stagioni, la velocità media del vento quasi eguale in tutti i mesi, l'affermarsi del sistema di brezza lungo le coste regolarmente alla fine della primavera sono i fatti salienti di questo uniforme regime anemometrico.

Poiché la distribuzione della pressione nel Mediterraneo occidentale comporta la presenza di aree cicloniche costantemente centrate sui mari intorno alla Sardegna, la pressione si mantiene per tutto l'anno su valori molto bassi e non presenta variazioni mensili notevoli.

2.2.4 Umidità relativa ed evapotraspirazione

Lo studio dell'umidità relativa si presenta di notevole interesse in quanto essa è determinata da un rapporto tra quantità di vapore e temperatura. Essa presenta dei valori notevolmente diversi nelle varie regioni e in periodi più brevi ha delle forti oscillazioni a seconda della natura e della provenienza delle masse d'aria che interessano l'isola. Per il basso indice di umidità e la notevole frequenza del vento, rare sono nell'isola le nebbie. Nelle stagioni piovose tuttavia si hanno delle nebbie nelle ore notturne in alcune zone di pianura, data la notevole irradiazione termica del terreno e lungo le coste, specie in prossimità degli stagni e dei fiumi. La formazione di queste nebbie è dovuta all'incontro di aria fredda incanalata dalle foci fluviali con aria calda stazionante sul mare. Al grado di umidità è collegato poi il valore dell'evaporazione. Sulla evaporazione dal terreno e dagli specchi d'acqua, come sulla traspirazione delle piante, ha inoltre grande influenza il vento, particolarmente in Sardegna, dove esso è assai frequente, e in misura tanto maggiore quanto più è secco e violento.

2.3 INQUADRAMENTO PLUVIOMETRICO

Le precipitazioni in Sardegna sono costituite quasi esclusivamente dalle piogge cicloniche che le depressioni barometriche apportano al loro passaggio; si verificano pertanto quando l'isola è interessata da tali perturbazioni, con punte massime nei periodi in cui le traiettorie cicloniche presentano la maggior frequenza lungo il 40° parallelo. La Sardegna si trova sulla traiettoria dei cicloni una prima volta tra la fine dell'autunno e l'inizio dell'inverno (prima fase delle precipitazioni) ed una seconda volta tra la fine dell'inverno e l'inizio della primavera (seconda fase). Ne consegue una certa differenza tra la Sardegna e le regioni mediterranee meridionali riguardo all'andamento delle precipitazioni, appunto perché le depressioni attraversano il settore centrale e quello meridionale del Mediterraneo in periodi diversi dell'anno e con diversa frequenza.

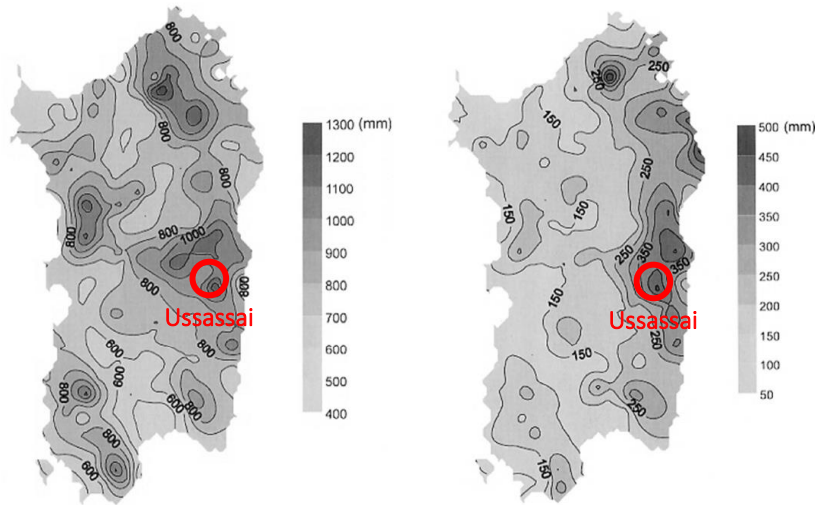


Figura 8 – Distribuzione spaziale (Valore medio annuale) della precipitazione e deviazione standard

La piovosità presenta le seguenti caratteristiche generali:

- notevoli scarti dalla media nei singoli totali annui;
- un elevato indice di intensità;
- una irregolare distribuzione stagionale.

Gli scostamenti dalla media sono tali che la quantità di pioggia di qualche anno può superare il doppio della media o esserne inferiore della metà. Se scostamenti di tale entità non sono frequenti, scarti del 25% e del 30% si verificano in tutte le località e devono essere considerati come normali per il regime pluviometrico della Sardegna. Dallo studio della piovosità in rapporto all'altitudine risulta che nell'isola l'aumento delle precipitazioni con l'altezza del rilievo non obbedisce ad alcuna legge definita.

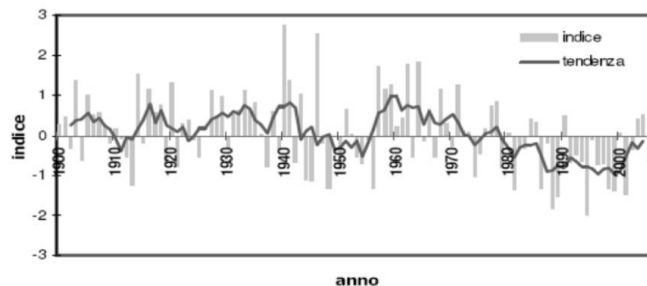


Figura 9 – Precipitazione in Sardegna dal 1900 al 2006 (SAR)

Dall'esame dei dati appare che la piovosità media annua segna un aumento costante ma non regolare dal livello del mare, dove le stazioni costiere registrano una media di 565 mm, fino ai 400 metri; nella fascia di 3-400 m la media è di 807 mm e tra le due zone di 2-300 m e 3-400 m si verifica l'incremento maggiore: 129 mm in 100 m. A quote superiori a 1100 m si hanno anche abbondanti precipitazioni nevose: la copertura di neve ha durata media di 3 mesi nelle zone comprese tra 1200 e 1500 metri, di 5 mesi per quelle tra 1500 e 1800 metri. A quote inferiori, da 400 m (altitudine minima alla quale la neve cade in ogni singolo anno) fino a 1000 m, il manto di neve



ha durata di pochi giorni o poche settimane. Non si hanno però dei dati precisi sulla durata e l'estensione della copertura nevosa.

La distribuzione spaziale media delle piogge nell'intera superficie dell'isola è indicata dalla carta delle isoiete costruita con le medie delle osservazioni disponibili. Ben chiaro appare dalla carta il contrasto fra le zone orientali e quelle occidentali. Nel versante occidentale un'ampia zona con piovosità inferiore a 1000 mm all'anno si allunga da Nord a Sud, nel settore orientale in corrispondenza del Gennargentu si registrano invece livelli di piovosità compresi tra 1000 mm e 1500 mm l'anno, ed una ampia fascia con piovosità pari a circa 1000 mm l'anno.

2.3.1 Precipitazioni intense

In generale l'intensità oraria delle precipitazioni raggiunge in Sardegna punte ragguardevoli, ciò è dovuto al fatto che le precipitazioni sono spesso provocate da perturbazioni del fronte mediterraneo che si abbattano sulla Sardegna accompagnate da venti forti e le precipitazioni, generalmente in relazione con il fronte freddo, hanno carattere temporalesco e durata relativamente breve. Piogge violente a carattere di rovesci sono frequenti soprattutto nella prima fase della stagione piovosa (ottobre), quando possono verificarsi dei nubifragi che in poche ore danno valori di pioggia di 100-150 mm, quantità che rappresenta quindi una frazione cospicua sia delle precipitazioni dell'intera stagione invernale che del totale annuo.

La caratterizzazione dei regimi di precipitazione in "*orientale*" e "*occidentale*" è stata introdotta al fine di sintetizzare l'andamento delle piogge nell'Isola. Essa conseguentemente si riflette anche nel regime delle portate dei corsi d'acqua e tende a comprendere anche zone limitate della regione, che dal punto di vista geografico non sono necessariamente dislocate ad oriente o a occidente, ma subiscono l'effetto dell'esposizione dei versanti del proprio territorio. Tale classificazione, introdotta nel 1969 (Puddu) sulla base delle piogge intense registrate dalla rete pluviometrica dal 1922 al 1968, raggruppa le stazioni pluviometriche e dunque le località ricadenti nel territorio di influenza, in quattro gruppi che si distinguono in relazione ad un assegnato intervallo di valori attribuiti alle medie e agli scarti delle varie durate di pioggia. Per ciascun gruppo è stata calcolata una equazione di possibilità climatica che esprime l'altezza di precipitazione probabile in relazione alla durata della precipitazione. Nella classificazione le stazioni del terzo gruppo pluviometrico sono disposte nella fascia centro orientale dell'Isola ad eccezione di due casi nei quali le stazioni sono dislocate nelle zone montuose del Sulcis, mentre nel quarto gruppo sono comprese solo stazioni che giacciono nella fascia orientale, dove si verificano gli eventi meteorici più intensi. Il 1951 fu un anno funesto per tutta l'Isola così come per il resto dell'Italia (sono dello stesso anno i tragici eventi alluvionali del Po e nel Polesine, gli allagamenti nelle Murge, le valanghe immense che nella regione alpina si abbattano su case e villaggi, le piene dell'Arno e del Reno, l'Ofanto che straripa in Campania con il Crati nel Cosentino, il Sinni e l'Agri in Basilicata mentre la Lucania è sepolta da 2 metri di neve).

Se in Sardegna in quei giorni a Sicca d'Erba (in comune di Arzana) caddero circa 1500 mm, va segnalato che anche negli inverni dal 2004 al 2007 si sono registrati eventi eccezionali sia in numero che in intensità: nel 2004 a Villanova Strisaili, con 700 mm di pioggia, il 22 ottobre 2008 nel Capoterrese dove si sono avuti 441 mm in 12 ore. Tali eventi sono stati innescati da piogge di intensità estrema aventi tempi di ritorno pluricentenari, se riferiti alle serie storiche disponibili.



3. PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEI BACINI IDROGRAFICI

3.1 ANALISI DEI RECETTORI

Con il fine di delineare un quadro conoscitivo esaustivo e completo dell'intero sistema di drenaggio relativo all'area in esame sono state effettuate considerazioni tecniche riguardo ai corpi idrici superficiali lungo i quali verranno scaricati gli apporti meteorici captati dalla rete di drenaggio in progetto.

I punti nei quali verranno scaricate le portate drenate derivano dall'analisi del territorio e dalla delimitazione dei bacini idrografici individuati sul versante a monte del centro abitato di Ussassai, le quali caratteristiche morfologiche principali verranno descritte dettagliatamente nei successivi paragrafi.

In Figura 10 è riportata la delimitazione dei suddetti bacini e le linee di spartiacque delimitanti i relativi sottobacini analizzati alla fine della trattazione e funzionali al dimensionamento delle opere idrauliche di regimazione delle acque meteoriche in progetto. In Figura 11 sono evidenziati i punti di recapito al recettore finale di competenza.

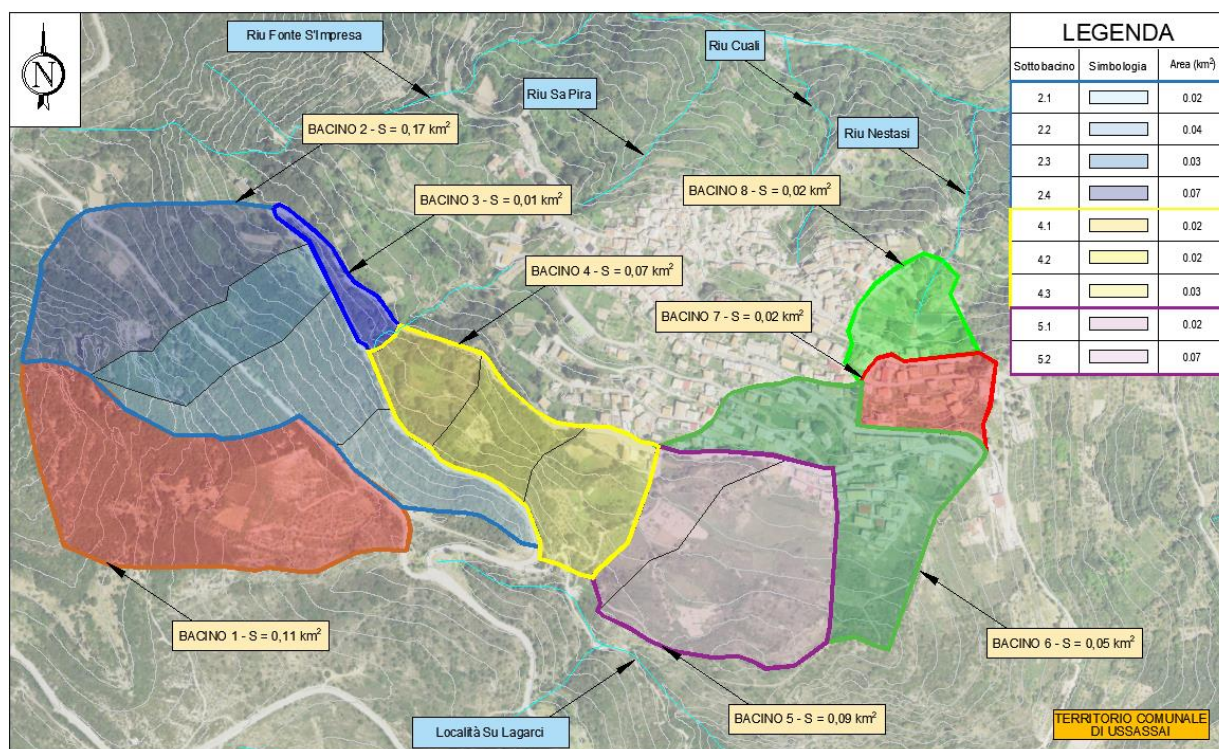


Figura 10 – Delimitazione dei bacini di riferimento ed individuazione delle linee di spartiacque relative ai sottobacini interni funzionali alla suddivisione delle portate per il dimensionamento delle opere in progetto.

Il corpo idrico denominato Località Sa Lagarci, nel quale saranno scaricate le acque meteoriche del sottobacino 1, confluisce dopo un percorso di circa 1.8 km, nel Riu San Girolamo. Gli altri corpi idrici individuati (Riu Fonte S'Impresa, Riu Sa Pira e Riu Nestasi), recettori dei restanti apporti meteorici canalizzati dalle opere in progetto, confluiscono invece nel Riu Lacassei che, dopo un breve percorso con direzione ovest – est, confluisce anch'esso nel Riu San Girolamo.

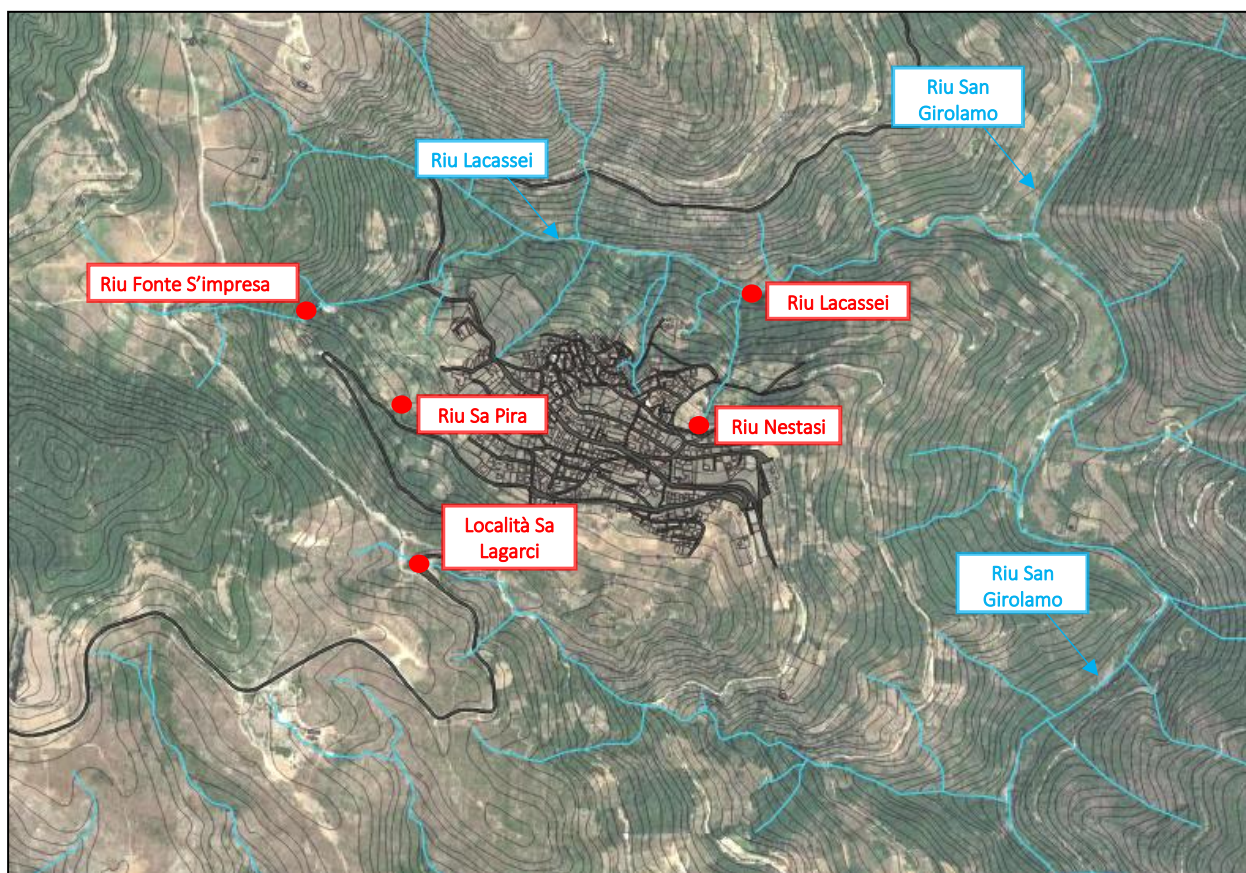


Figura 11 – Individuazione dei punti di scarico di ciascun sottobacino in analisi, in corrispondenza dei corpi idrici superficiali individuati come recettori

Alla luce di quanto appena esposto è stato possibile sviluppare i calcoli idraulici per il dimensionamento idraulico della rete di drenaggio in progetto e verificare la compatibilità idraulica dei recettori finali (Elaborato 3.2 – *Relazione idraulica*).

3.2 BACINI IDROGRAFICI DI RIFERIMENTO

In Figura 7 sono riportati i bacini idrografici alla base della progettazione effettuata con sovrapposti i punti di recapito finali individuati per l'area in esame con il fine di calcolare le portate di piena afferenti a ciascuna sezione di chiusura considerata.

La perimetrazione dei bacini è stata effettuata, come di consueto, analizzando nel dettaglio la morfologia del territorio consultando il *DTM* (precisione 1m x 1m) dell'area in esame disponibile sul Geoportale della Regione Sardegna. Si precisa che il *DTM* tiene conto dell'altimetria del terreno depurando le alterazioni di quota dovute alla vegetazione e l'ingombro degli edifici presenti.

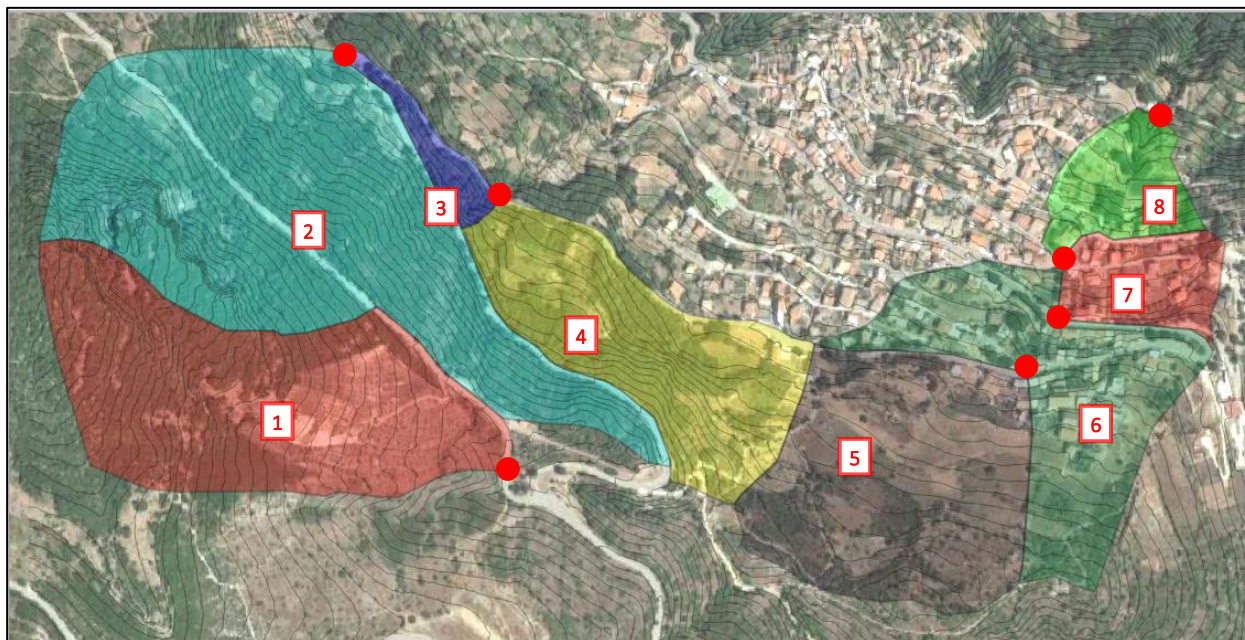


Figura 12 - Bacini idrografici di riferimento per l'area in esame; I punti rossi rappresentano le zone di recapito degli afflussi meteorici captati dai bacini e drenati dalle opere idrauliche in progetto.

Tabella 1 – Superfici di scolo relative ai bacini idrografici in analisi (km²).

Bacino	1	2	3	4	5	6	7	8	Tot
Area (km ²)	0,11	0,17	0,01	0,07	0,09	0,05	0,02	0,02	0,55

Si descrivono di seguito i sottobacini individuati:

Bacino 1: gli afflussi meteorici di competenza del bacino 1 saranno convogliati per mezzo delle opere in progetto (altro LOTTO non ricompreso nelle opere del presente progetto) verso il punto di scarico individuato ad oggi già esistente ubicato sul lato di monte della strada (Figura 13). Da questo punto le acque verranno scaricate verso l'impiuvio del versante est (indicato nella Figura 11 con la dicitura Località Sa Lagarci), dove sono rilasciate, per mezzo di tubazioni interrato già esistenti, nell'alveo naturale del rio.



Figura 13 – Scarico esistente posto lungo il margine di monte della strada del sottobacino n.1

Bacino 2: per quanto concerne il bacino 2 si evidenzia che gli afflussi captati dalle opere in progetto (tubazione interrata sotto la S.S. 198) saranno convogliati verso il corso d'acqua naturale esistente denominato Riu Fonte S'Impresa allontanandoli dal centro urbano di Ussassai. Si prevede a tal proposito l'adeguamento dello scarico ubicato in corrispondenza del tornante coincidente con la sezione di chiusura del bacino stesso (Figura 14).



Figura 14 – Scarico esistente del bacino 2, oggetto di adeguamento

Bacino 3: gli afflussi meteorici relativi al bacino 3 continueranno invece ad essere scaricati nel corso d'acqua di riferimento del bacino denominato Riu Sa Pira. Il punto di scarico è individuato in corrispondenza del ponte lungo la S.S. 198 (Figura 12). Si segnala che il Riu Sa Pira risulta tombato per un tratto significativo in corrispondenza del tratto urbano del corso d'acqua con imbocco ubicato immediatamente a monte del complesso scolastico di Ussassai di via Europa (Figura 4).



Bacino 4 – 5 – 6 – 7 e 8: i contributi di portata relativi al bacino 4 saranno raccolti lungo la S.S. 198 tramite la posa di una nuova tubazione defluente sotto la stessa e la realizzazione di una serie di pozzetti funzionali alla raccolta delle acque.

La suddetta tubazione proseguirà lungo la Via Nazionale, con incrementi del diametro funzionali alla successiva raccolta anche delle acque drenate dal bacino 5, sino a raggiungere e cedere la portata al Riu Nestasi, oggetto di rifacimento per l'intero tratto urbano e sino a valle del campo sportivo, tramite la realizzazione di un nuovo canale a cielo aperto in malta e pietrame in affiancamento all'esistente.

Il Riu Nestasi, come anticipato al paragrafo 2.1, è un corso d'acqua che nasce in corrispondenza dell'incrocio tra via Grazia Deledda e via Nazionale e risulta completamente tombato per tutto il suo tratto urbano. Dopo un percorso di circa 60 m segue il tracciato della scalinata di via Machiavelli. Successivamente attraversa nuovamente via Nazionale e passa al di sotto della scalinata di collegamento a via Don Bosco. Solo a questo punto, attraversati ancora alcuni fabbricati, torna a cielo aperto per immettersi poi nel rio Laccasei. Esso dunque raccoglie già naturalmente i contributi meteorici del bacino 5 e 6 nel tratto urbano per mezzo di diverse griglie di scarico ubicate ai margini della piattaforma stradale. Più a valle raccoglie anche i contributi legati ai bacini 7 e 8. A questo contributo deve dunque essere sommato nell'ipotesi di progetto il contributo del bacino 4.



Figura 15 – Inquadramento degli interventi in progetto nell'abitato di Ussassai.

La linea rossa rappresenta il tracciato planimetrico della tubazione interrata, la linea grigia rimarca il tracciato del canale esistente, al di sotto delle due scale, la linea arancione individua il nuovo scatolare che sarà posato sotto via Don Bosco mentre le linee continue azzurre rappresentano il tracciato nel nuovo canale a cielo aperto.

Per maggiori dettagli riguardo le soluzioni progettuali si rimanda alla relazione descrittiva e agli elaborati grafici di progetto.



3.3 TEMPI DI CORRIVAZIONE DEI BACINI

Il tempo di corrivazione è il tempo impiegato da una particella d'acqua per raggiungere la sezione di chiusura del bacino, per cui ad ogni punto del bacino corrisponde un valore del tempo di corrivazione. Un punto di particolare interesse è quello idraulicamente più lontano dalla sezione di chiusura, che rappresenta il contributo "ultimo" del deflusso superficiale nella sezione di chiusura. Il tempo di corrivazione di questo punto, che è il tempo impiegato da una particella d'acqua per percorrere l'intero bacino, dall'origine alla sezione di chiusura, e che è il maggiore tra quelli dei diversi punti del bacino, prende il nome di *tempo di corrivazione del bacino*.

Il tempo di corrivazione dipende da numerosi fattori (geologici, morfologici, planimetrici, idrologici, di copertura del suolo,...), di cui è difficile tener conto: si fa, pertanto, ricorso a formule empiriche, che esprimono il legame con alcune grandezze e parametri caratteristici del bacino.

Nel presente studio è stato calcolato il tempo di corrivazione T_c per ciascun bacino considerando le due tipologie di deflusso che avvengono:

- Deflusso esclusivamente lungo il versante fino alla sezione di chiusura (Bacino 1, 6, 7 e 8). In tal caso la componente del tempo di rete risulterà nulla.
- Deflusso lungo il versante, combinato con deflusso lungo la nuova tubazione interrata lungo la S.S. 198 (Bacini 2, 3, 4, 5). Pertanto il tempo di corrivazione viene determinato come somma di due termini:

$$T_c = t_a + t_r$$

Avendo indicato con:

- t_a , *tempo di accesso in rete*: tempo di scorrimento fino al raggiungimento del manufatto di captazione (canaletta laterale);
- t_r , *tempo di rete*: tempo di percorrenza di ogni singola canalizzazione fino alla sezione di chiusura considerata.

Il *tempo di accesso in rete* è stato calcolato facendo ricorso a differenti equazioni adatte alla tipologia di bacino considerata. Si riportano di seguito le formulazioni utilizzate nel presente studio:

- Formulazione di Kirpich, adeguata allo studio di bacini di ridotte dimensioni (inferiori a 10 km²):

$$T_c = 0,000325 \cdot L^{0,77} \cdot i^{0,77}$$

Avendo indicato con:

- T_c : il tempo di corrivazione;
 - L : la lunghezza del percorso delle particelle fluide per arrivare al collettore;
 - i : la pendenza media del bacino.
- Formulazione di Ventura (per bacini < 40 km²)



$$T_c = 0,1272 \cdot \sqrt{\frac{S}{i_f}}$$

Avendo indicato con:

- T_c = tempo di corrivazione (ore);
- S = superficie del sottobacino (km²);
- i_f = pendenza caratteristica dell'asta principale (m/m);

- Formulazione di Pezzoli:

$$T_c = \frac{0,055 L}{\sqrt{i}}$$

Avendo indicato con:

- T_c = tempo di corrivazione (ore);
- L = lunghezza dell'asta principale (km);
- i = pendenza caratteristica dell'asta principale (m/m);

- Formulazione di Pasini:

$$T_c = \frac{0,108 \sqrt[3]{AL}}{\sqrt{i}}$$

Avendo indicato con:

- T_c = tempo di corrivazione (ore);
- L = lunghezza dell'asta principale (km);
- A = area del bacino idrografico (km²);
- i_f = pendenza caratteristica dell'asta principale (m/m);

Il tempo di rete è invece valutabile in funzione del rapporto tra la velocità di deflusso lungo la tubazione, assunta pari a 1,5 m/s, e la lunghezza della canalizzazione stessa fino alla sezione di chiusura considerata.

Nella tabella a seguire si riportano i tempi di corrivazione calcolati per ciascun sottobacino individuato.

Si noti che il massimo valore ottenuto è quello relativo al bacino 2, per il quale è stato calcolato un tempo di corrivazione di 8 minuti. Nelle trattazioni effettuate e riportate nel seguito, tale valore sarà preso come rappresentativo nell'ambito del presente studio, per il calcolo della durata della precipitazione di progetto, in modo che tutto il bacino idrografico contribuisca al deflusso di piena.

**Tabella 2 – Tempi di corrivazione per ciascun sottobacino individuato**

Bacino	Tempo medio di accesso in rete (min)	Tempo di rete (min)	Tempo di corrivazione (min)
1	5	-	5
2	5	3	8
3	1	1	2
4	2	2	4
5	4	1	5
6	3	-	3
7	3	-	3
8	2	-	2

3.4 DEFINIZIONE DEL NUMERO DI CURVA ADIMENSIONALE CN

Il metodo del *Soil Conservation Service* richiede la conoscenza del valore della perdita iniziale di pioggia (*initial abstraction*) e del numero di curva dimensionale *CN* (*SCS curve number*) definito dal *Soil Conservation Service* sulla base di numerosi dati raccolti con campagne di misure in campo. Spesso però, per la necessità di semplificazione o per la difficoltà che si incontra nel definire i vari parametri, le perdite vengono considerate facendo riferimento ad un'unica equazione, nonostante esistano numerosi metodi per il calcolo delle singole quote da attribuire ad ciascun fenomeno. La ragione di tale semplificazione risiede nel fatto che le leggi che governano i singoli fenomeni fisici non sono tuttora ben conosciute e risulta pertanto molto difficile individuare i confini di competenza di ciascun processo. Il calcolo di quota parte di precipitazione perse nel bacino è stato eseguito quindi con il metodo *SCS curve number*.

Il numero di curva adimensionale può essere valutato noti la litologia e l'uso del suolo. Di più difficile determinazione è, invece, la stima delle perdite di pioggia che si ha all'inizio dell'evento meteorico, perché è funzione delle caratteristiche geologiche e di saturazione del terreno stesso; tuttavia, tale parametro può essere calcolato in funzione di *CN* sulla base di numerosi dati raccolti con campagne di misura in campo secondo la relazione proposta:

$$I_a = 0,2 \frac{(1000 - 10 \cdot CN)}{CN}$$

Il numero di curva adimensionale *CN* (*Runoff curve number*) è un indice di ritenzione potenziale del suolo, che dipende dalla pedologia, dal tipo e grado di copertura del suolo e dal grado di umidità iniziale del terreno. Tale indice ha un valore compreso tra 0 e 100 e, per la sua determinazione, il *Soil Conservation Service* propone delle



classificazioni, in modo da far rientrare la zona esaminata in una determinata categoria e ricavare da opportune tabelle il valore di CN corrispondente.

In Tabella 4 è riportata la classificazione dei terreni secondo l'S.C.S. che distingue quattro classi di suolo in base alla potenzialità di deflusso: da terreni altamente permeabili, con scarsa potenzialità di deflusso (*classe A*) a terreni impermeabili con alta potenzialità di deflusso (*classe D*).

Tabella 3 – Classificazione dei terreni secondo il metodo SCS

Classe	Tipologia di terreno
A	<i>Scarsa potenzialità di deflusso:</i> Strati profondi di sabbia con scarssissimo limo e argilla, strati profondi di limo calcareo, limi aggregati. Tasso d'infiltrazione elevato anche quando i terreni sono completamente bagnati
B	<i>Potenzialità di deflusso mediamente bassa:</i> Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi di quelli appartenenti al gruppo A, strati sottili di limo calcareo, loam (mistura di sabbia, limo, argilla e humus).
C	<i>Potenzialità di deflusso mediamente alta:</i> Comprende suoli sottili contententi considerevoli quantità di argilla, loam argillosi, strati sottili di loam sabbiosi, terreni con ridotti contenuti organici.
D	<i>Potenzialità di deflusso molto alta:</i> Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, sabbie saline e suoli sottili con orizzonti impermeabili in vicinanza sulla superficie

Nel calcolo del CN si tiene inoltre conto di situazioni di umidità del terreno all'inizio della precipitazione diverse da quella media; il metodo infatti classifica le condizioni di umidità in tre categorie:

- AMC I: potenziale di scorrimento superficiale minimo; i suoli del bacino sono sufficientemente asciutti da permettere un'aratura o coltivazione soddisfacente;
- AMC II: condizione media;
- AMC III: potenziale di scorrimento superficiale massimo; il bacino è stato praticamente saturato dalle piogge precedenti.

La categoria a cui fare riferimento si può individuare in base alla precipitazione totale dei 5 giorni precedenti quello dell'evento di pioggia considerato e in base alla stagione (vegetativa o non vegetativa).

SCS - CURVE NUMBER

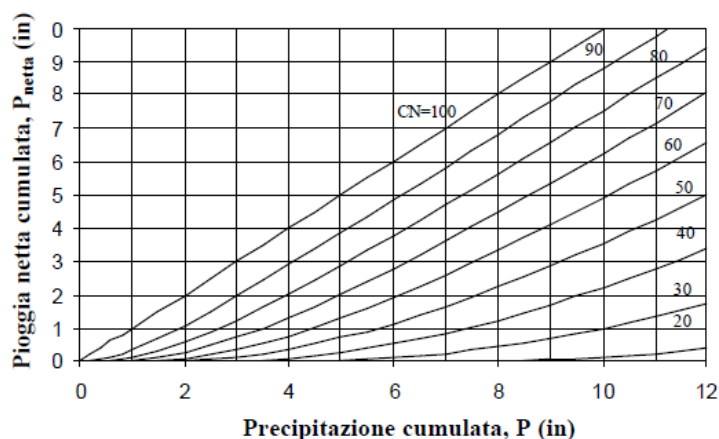


Figura 16 – Influenza del parametro CN nella stima del volume di pioggia netta

**Tabella 4 - Condizioni di umidità in funzione della precipitazione antecedente**

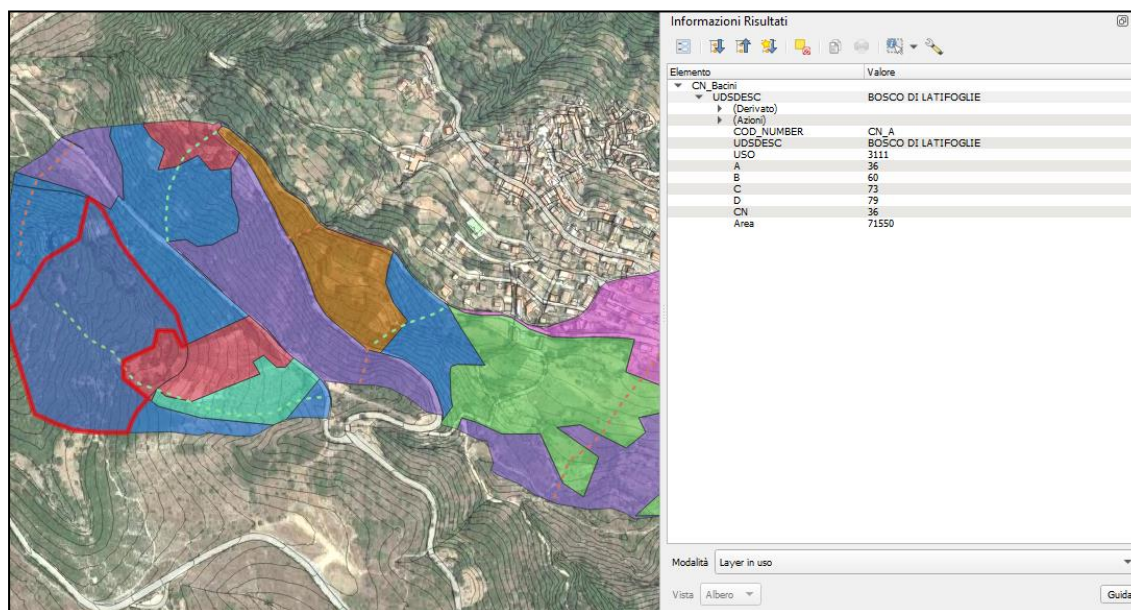
AMC	Precipitazione antecedente di 5 gg l'evento	
	Stagione di riposo (mm)	Stagione vegetativa (mm)
I	< 12,7	< 35,6
II	12,7 – 27,9	35,6 – 53,3
III	> 27,9	> 53,3

I valori di CN corrispondenti alla categoria AMC I e AMC III si possono ricavare dal valore di CN che corrisponde alla categoria AMC II per mezzo delle seguenti relazioni (Chow et al., 1988), dove n , m e δ sono dei coefficienti numerici noti:

$$CN(I) = \frac{n \cdot CN(II)}{\delta - 0,058 \cdot CN(II)} \quad CN(III) = \frac{m \cdot CN(II)}{\delta + 0,13 \cdot CN(II)}$$

Il Dipartimento Geologico dell'ARPAS ha sviluppato e prodotto la carta del *Curve Number (CN)*, costruita a partire dalle carte al 25.000 relative all'uso del suolo e alla permeabilità dei substrati, che ricopre l'intero territorio della Regione Sardegna.

A ciascun bacino individuato è possibile quindi attribuire il corrispondente valore CN, in condizione AMC II, riportato nella sopracitata carta del Curve Number liberamente consultabile e scaricabile dal Geoportale della Regione Sardegna. Sul Geoportale è possibile individuare, oltre il parametro CN, anche il gruppo idrogeologico di ciascuna area.

**Figura 17 – Visualizzazione della Carta del Curve Number, elaborata dal Dipartimento Geologico dell'ARPAS**



Nel caso in esame è stata considerata una condizione di umidità AMC III in quanto maggiormente cautelativa ai fini della presente progettazione. Il parametro CN in condizioni AMC III mediato per l'intero bacino idrografico considerato è pari a 86, mentre nella Tabella 5, sono riportati i valori del parametro CN per ciascun bacino considerato.

*Tabella 5 – Parametro CN (AMC III) per ciascun bacino,
estrapolato dalla carte del Curve Number (Regione Sardegna).*

<i>Bacino</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	Medio
<i>CN</i>	76	83	91	91	91	95	96	95	86



4. ANALISI IDROLOGICA

4.1 APPROCCIO METODOLOGICO

L'analisi idrologica è mirata alla definizione delle precipitazioni e delle portate di progetto utilizzate nelle analisi e nelle verifiche idrauliche. Per la definizione delle portate di piena ad assegnati tempi di ritorno, sono state applicate le formulazioni proposte dalla Regione Sardegna nelle linee guida per *“attività di individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia”* valide per l'intero territorio regionale.

4.2 DEFINIZIONE DELLA PIOGGIA DI PROGETTO

4.2.1 Metodologia PAI

Secondo quanto indicato nelle *“Linee guida per l'individuazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia”* (Regione Autonoma della Sardegna, Assessorato Lavori Pubblici: *“Attività di individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia”* - DL. 180 e Legge 267 del 3-08-1998) valide per il territorio regionale, i metodi di calcolo della portata ad assegnata frequenza dipendono da vari fattori, primi fra tutti la disponibilità di dati osservati e la copertura spaziale della rete idrometeorologica.

In relazione ai dati disponibili, la letteratura evidenzia diverse metodologie che possono essere raccolte in due grandi sottoinsiemi: la prima è nota sotto la generale definizione di *Metodi Diretti*; la seconda come *Metodi Indiretti*, in cui l'aggettivo diretto o indiretto specifica se la portata al colmo in qualunque sezione è ricavata direttamente da valori di portate osservate o indirettamente dalla precipitazione meteorica tramite trasformazione afflussi – deflussi (Kottegoda e Rosso, 1997; Moisello, 1998).

Nel caso della Regione Sardegna, la consistenza dei dati di portata disponibili, unitamente alla frequente necessità di dover calcolare le portate in sezioni prive di idrometri, suggerisce che la stima della portata di piena ad assegnata frequenza in ciascuna sezione idrologica debba essere determinata attraverso il confronto critico tra metodologie dirette, indirette e metodi empirici e studi specialistici locali, metodologie che dovranno essere confrontate con i dati osservati ove disponibili¹.

Per motivi legati alla carenza di dati di portata osservati nelle sezioni di interesse non risulta possibile adottare la metodologia diretta per la stima del colmo di piena ad assegnata frequenza. Il metodo diretto (calcolo diretto della portata) di distribuzione di probabilità TCEV, basato su una stima regionalizzata dei parametri della distribuzione (bacini occidentali e orientali), fornisce delle portate di colmo per i diversi tempi di ritorno in funzione dell'area di bacini comunque superiori ai 60 km². Tale approccio risulta quindi non applicabile al bacino di interesse.

¹ Fonte: PAI Regione Autonoma Sardegna – Linee Guida per *“Attività di individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia”*



Pertanto la valutazione della pioggia lorda caduta sul bacino idrografico in esame, per differenti tempi di ritorno e durate di evento, è stata effettuata sulla base delle *Curve di possibilità pluviometriche* fornite dalla Regione Sardegna. Si ricava la pioggia lorda $h(\tau)$ dalla nota formula:

$$h(\tau) = a \cdot \tau^n$$

avendo indicato con:

$$\begin{cases} a = a_1 \cdot a_2 \\ n = n_1 + n_2 \end{cases}$$

$$h(\tau) = a_1 \cdot a_2 \cdot \tau^{n_1+n_2} = \mu(\tau) \cdot k(\tau)$$

dove $\mu(\tau) = a_1 \cdot \tau^{n_1}$ rappresenta la Pioggia Indice, di durata τ , ovvero la media dei massimi annui delle piogge di durata τ , mentre $k(\tau)$ è detto Coefficiente di Crescita.

I parametri a_1 e n_1 sono ricavati in funzione della pioggia media giornaliera, rappresentante la media dei massimi annui di precipitazione giornaliera:

$$a_1 = \frac{\bar{h}(g)}{0,886 \cdot 24^{n_1}} \quad n_1 = -0,493 + 0,476 \log(\bar{h}(g))$$

In particolare nel caso in studio risulta, per il territorio del comune di Ussassai e conseguentemente per la totalità dei bacini idrografici in analisi:

$$\bar{h}(g) = 90 \text{ mm}$$

Considerando che il bacino idrografico in esame ricade nella sottozona omogenea III della distribuzione TCEV e che i tempi di ritorno di interesse sono superiori al limite fissato di 10 anni, si ricavano i parametri a_2 ed n_2 tramite le relazioni riportate nella Tabella 6, così come descritto nelle *linee guida: Attività di coordinamento e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia "DL 180 e Legge 267 del 3-08-1998"*.

Tabella 6 – Parametri della curva di possibilità pluviometrica per TR > 10 anni.

SZO	Durata ≤ 1 ora	Durata >1 ora
Sottozona 1	$a=0.46420+1.0376 \cdot \text{Log}(T)$	$a=0.46420+1.0376 \cdot \text{Log}(T)$
	$n=-0.18488+0.22960 \cdot \text{Log}(T)-3.3216 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T)$	$n=-1.0469 \cdot 10^{-2}-7.8505 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$
Sottozona 2	$a=0.43797+1.0890 \cdot \text{Log}(T)$	$a=0.43797+1.0890 \cdot \text{Log}(T)$
	$n=-0.18722+0.24862 \cdot \text{Log}(T)-3.36305 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T)$	$n=-6.3887 \cdot 10^{-3}-4.5420 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$
Sottozona 3	$a=0.40926+1.1441 \cdot \text{Log}(T)$	$a=0.40926+1.1441 \cdot \text{Log}(T)$
	$n=-0.19060+0.264438 \cdot \text{Log}(T)-3.8969 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T)$	$n=1.4929 \cdot 10^{-2}+7.1973 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$

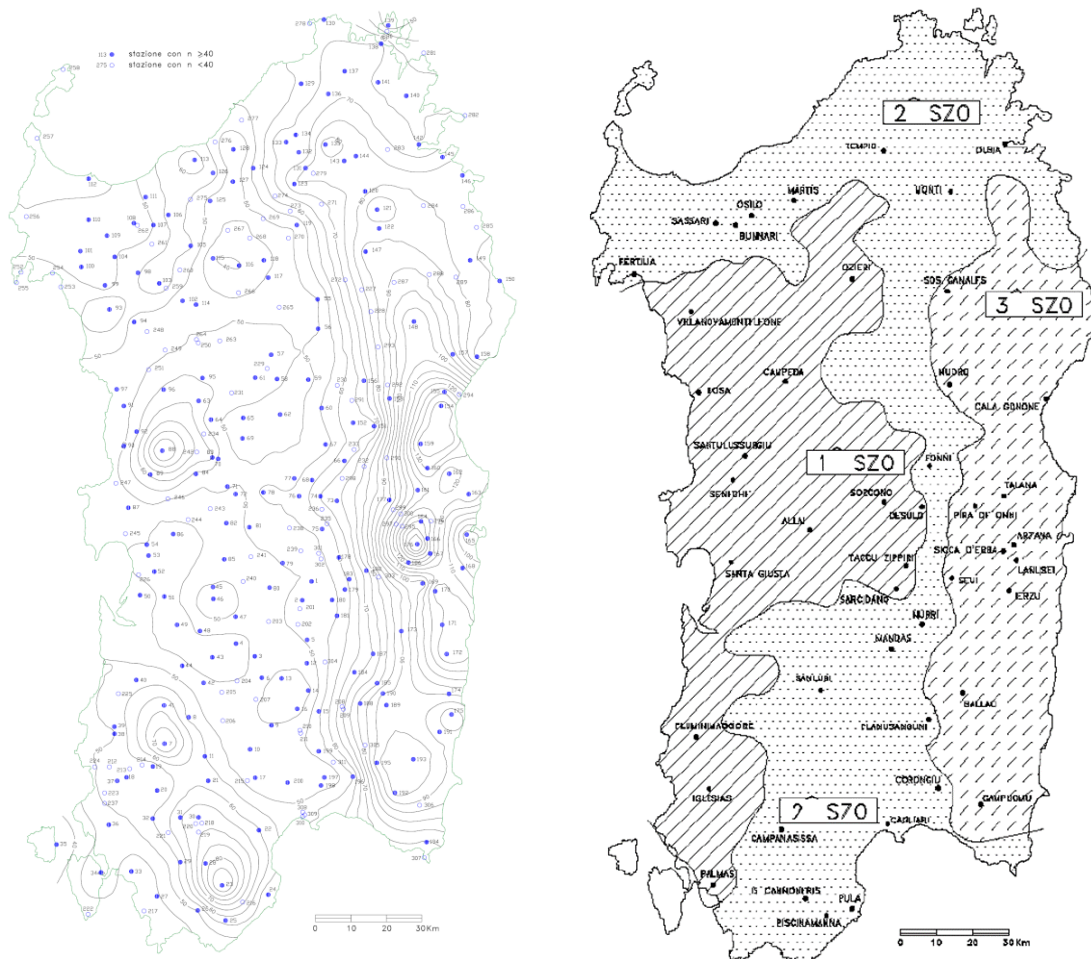


Figura 18 – Distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera in Sardegna (da Deidda ed Al., Quad.Ricerca n°9 dell'Università di Cagliari, 1997) e sottozone omogenee

Per il calcolo della pioggia netta è necessario stimare la quota parte di pioggia che si perde nel bacino per infiltrazione, immagazzinamento e altri fenomeni.

Il PAI indica che la stima delle perdite può essere condotta utilizzando il metodo del Curve Number (Soil Conservation Services) che, attraverso l'attribuzione di un numero indice detto CN dipendente dall'uso e dal tipo di suolo (cfr. §0), consente di determinare la pioggia netta in base alla seguente espressione.

$$h_{netta} = \frac{(h_{lorda} - I)^2}{(h_{lorda} + S - I)}$$

dove h_{lorda} è la pioggia stimata per assegnata distribuzione di probabilità, S (in mm) rappresenta l'assorbimento del bacino, espresso dalla relazione

$$S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$



e “I” è l’assorbimento iniziale, legato empiricamente al parametro S dalla relazione:

$$I_a = \alpha \cdot S$$

Con α indicato dal PAI in 0,2.

Noti tali parametri è stato possibile calcolare il valore di pioggia netta che effettivamente contribuisce al deflusso superficiale nel bacino individuato nel presente studio.

4.2.2 Ietogrammi di progetto

La verifica idraulica da condurre sui bacini idrografici individuati richiede che venga analizzata la risposta ad un evento meteorico particolarmente gravoso. A questo scopo viene definita una pioggia di progetto che rappresenta un evento ipotetico che, per assegnato tempo di ritorno, presenta una particolare distribuzione temporale delle precipitazioni.

In generale, lo ietogramma può essere caratterizzato da un andamento rettangolare (che presuppone un’intensità costante di precipitazione durante tutto l’evento) o triangolare (in cui si assume un’intensità variabile ed impulsiva nel corso dell’evento). Nel presente studio si è fatto ricorso ad uno ietogramma triangolare, del tipo Chicago, che simula un evento molto intenso e impulsivo come un fenomeno temporalesco, particolarmente critico su piccoli bacini urbanizzati. Inoltre si farà sempre riferimento a differenti tempi di ritorno individuati in 10, 20, 50, 100 e 200 anni, adeguati al dimensionamento e la verifica degli interventi in progetto.

4.2.2.1 Ietogramma Chicago

Assegnati i tempi di ritorno, è stato assunto come tempo di pioggia t_p = 20 minuti, valore pari a circa il doppio del tempo di corrivazione T_c del bacino 2 che, come riportato al §3.3 ha restituito il valore di T_c maggiore pari a 8 minuti. Tale scelta della durata dell’evento di pioggia garantisce che l’intero bacino contribuisca alle portate defluenti alla sezione di chiusura e che il picco di intensità di pioggia si manifesti quando tutto il bacino idrografico inizia a contribuire alla formazione della portata di piena.

La ricostruzione dello ietogramma di tipo Chicago presuppone infatti che durante l’evento, l’intensità di pioggia non sia costante: presenta un picco per $t=T_c$.

Lo ietogramma Chicago si basa sul rispetto della curva di massima possibilità pluviometria: la massima intensità media di precipitazione per ciascuna durata coincide con il valore ricavato dalla curva di massima possibilità pluviometrica di adeguato tempo di ritorno.

Per i bacini in esame sono stati calcolati gli ietogrammi Chicago, relativi a tempi di ritorno di 10, 20, 50, 100 e 200 anni per un evento ipotetico della durata di 20 minuti. A titolo d’esempio si riporta a seguire lo ietogramma di progetto calcolato per un evento di pioggia cinquantennale.

Per una completa consultazione dei risultati ottenuti si rimanda allo specifico ALLEGATO 2.

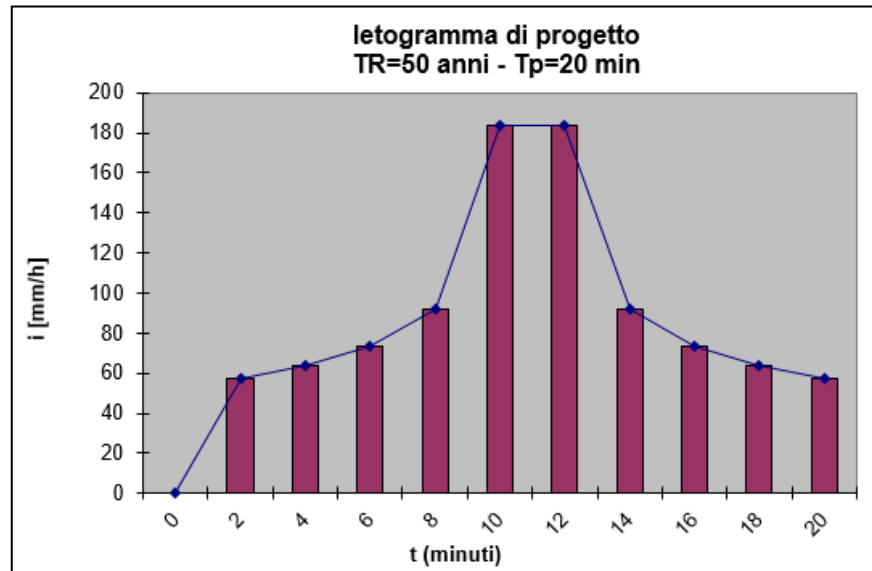


Figura 19 – letogramma di progetto della durata di 20 minuti, relativo a un evento di pioggia TR 50 anni



5. CALCOLO DELLE PORTATE DI PROGETTO CON MODELLO NUMERICO

5.1 METODOLOGIA E INPUT DEL MODELLO

Uno dei metodi più utilizzati per calcolare le portate di piena relative ad una sezione di un corso d'acqua consiste nel fare riferimento ai dati pluviometrici ed elaborare statisticamente gli stessi, ricavando la portata con il metodo della corrivazione o con altri metodi indiretti di trasformazione degli afflussi in deflussi. La trasformazione afflussi-deflussi si basa infatti su modelli numerici che consentono di passare dal dato di precipitazione al dato di portata, dove entrano in gioco aspetti morfologici, dati di infiltrazione, ruscellamento, evaporazione ecc.

Per il calcolo delle portate, e quindi per la stima dei prevedibili volumi liquidi legati ad un prescelto tempo di ritorno, si è utilizzato in particolare un approccio di tipo modellistico che consente, una volta definita la precipitazione di progetto, di calcolare le portate defluenti alla sezione che sottende il bacino in esame mediante la simulazione dei complessi fenomeni di trasformazione afflussi-deflussi.

Il software utilizzato, derivato dal noto codice di calcolo americano HEC-HMS "*Flood Hydrograph Package*" sviluppato dall'*Hydrologic Engineering Center* dell'U.S. *Army Corps of Engineers*, consente mediante un'opportuna schematizzazione del reticolo idrografico in una serie di componenti idrologicamente interconnessi tra loro ed un'attenta definizione delle caratteristiche geometriche e di permeabilità del bacino, il calcolo degli idrogrammi di deflusso che competono a particolari eventi meteorici registrati.

Il calcolo della quota parte di precipitazioni perse in depressioni superficiali, intercettazione, evapotraspirazione, infiltrazione può essere invece eseguito utilizzando metodi diversi che richiedono la conoscenza di vari dati di ingresso spesso di difficile definizione, quali la specificazione della percentuale d'area di sottobacino impermeabile (*percent impervious area*), per la quale il codice di calcolo non tiene conto di nessuna perdita, e molti altri parametri di difficile determinazione quali le perdite iniziali e a regime o l'umidità e la conduttività idraulica del terreno per citarne solo alcuni.

Il codice di calcolo consente inoltre la scelta tra diverse opzioni per la definizione dell'idrogramma unitario; questo, infatti, può essere fornito direttamente oppure descritto in funzione dei parametri di Clark, Snyder o dell'SCS (*Soil Conservation Service*). Nel presente studio si è utilizzata la tecnica elaborata dal S.C.S., che si basa sull'idrogramma unitario sintetico. Per quanto riguarda lo idrogramma adottato si fa riferimento alle altezze di pioggia lorda calcolate secondo la procedura riportata al precedente paragrafo.

Con il procedimento sopra illustrato, sono state valutate le portate di massima piena per i bacini idrografici in studio, per tempi di ritorno di 10, 20, 50, 100 e 200 anni.



5.1 PORTATE AL COLMO DI PIENA DI PROGETTO

In Figura 20 si riporta a titolo d'esempio l'andamento dello ietogramma di progetto per TR 50 e l'idrogramma corrispondente per il bacino 2.

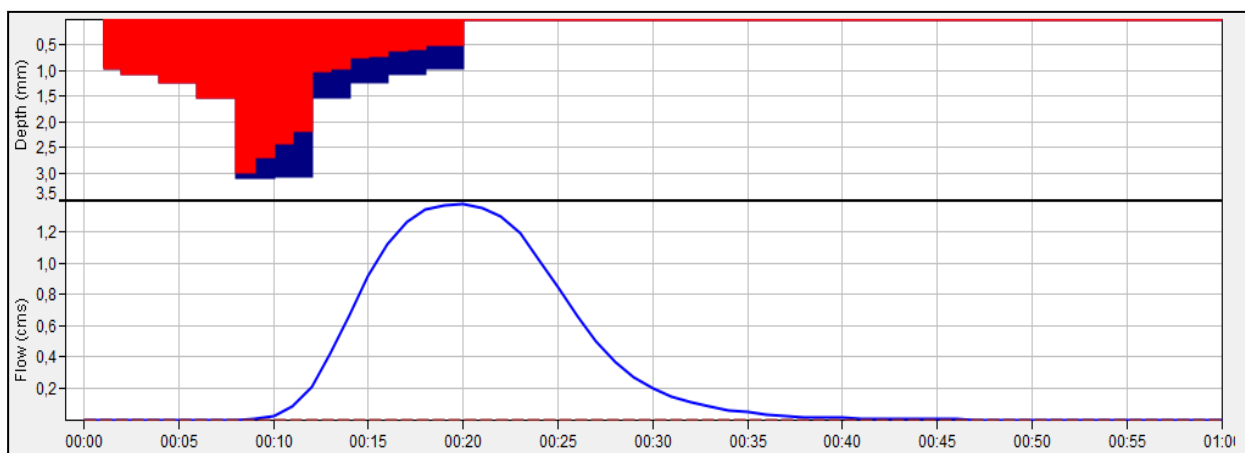


Figura 20 – Ietogramma ed idrogramma di piena TR 50 anni relativamente al bacino 2, calcolati con modello afflussi – deflussi HEC – HMS. In ascissa sono riportati i tempi in ore dall'inizio dell'evento pluviometrico di riferimento; in ordinata i valori di portata in m³/s

I valori di portata di progetto calcolati con metodo afflussi-deflussi per i vari tempi di ritorno e i differenti bacini in analisi sono riportati in Tabella 7.

Per una consultazione completa dei risultati ottenuti si rimanda all'ALLEGATO 3.

Tabella 7 – Portata al colmo di progetto valutate per ciascun sottobacino al variare del tempo di ritorno

Bacino	Portata al colmo (m ³ /s)				
	Tr 10 anni	Tr 20 anni	Tr 50 anni	Tr 100 anni	Tr 200 anni
1	0.1	0.3	0.5	0.6	0.8
2	0.6	0.9	1.4	1.7	2.1
3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
4	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7
5	1.2	1.5	1.9	2.2	2.4
6	1.0	1.2	1.4	1.5	1.7
7	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9
8	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9
Sez. chiusura (4+5+6+7+8)	4.3	5.2	6.1	6.8	7.6



5.1 CALCOLO DELLE PORTATE AL COLMO PER I SOTTOBACINI

A partire dalle portate al colmo di piena calcolate al precedente paragrafo, si sono individuati i contributi di portata al colmo relativamente ai sottobacini interni dei bacini 2, 4 e 5, in base alla suddivisione riportata in Figura 21.

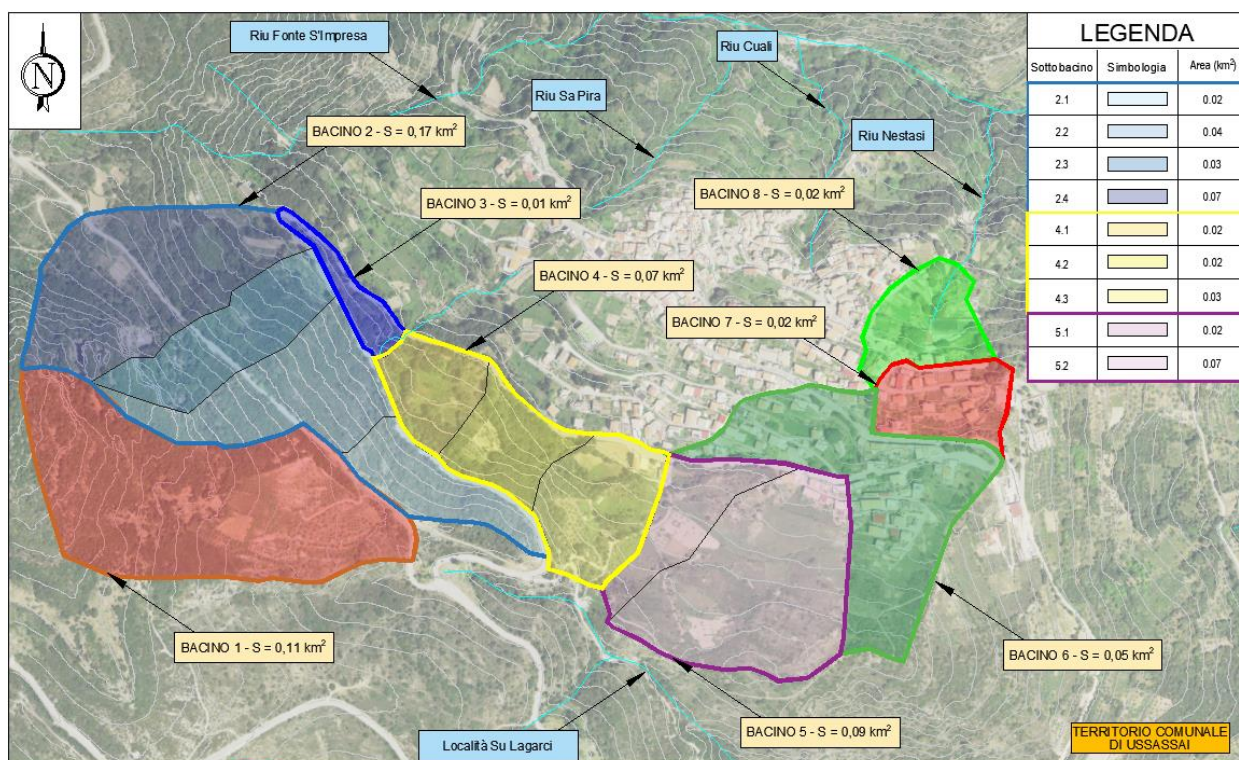


Figura 21 – Delimitazione dei bacini di riferimento ed individuazione delle linee di spartiacque relative ai sottobacini interni funzionali alla suddivisione delle portate per il dimensionamento delle opere in progetto.

Tale operazione è finalizzata all'ottenimento delle portate al colmo relative a ciascun ramo di tubazione in progetto defluente sotto la S.S. 198, per i quali dimensionamenti si rimanda a "Elab. D.3.1 - Relazione Idraulica".

I bacini in oggetto infatti sono i bacini 2, 4 e 5 per i quali si prevede la raccolta delle acque meteoriche tramite posa di tubazione in PVC sotto la pavimentazione stradale relativa alla S.S. 198 convogliando tale deflusso sino alla sezione di imbocco del nuovo canale a cielo aperto in malta e pietrame, per il quale ne è prevista la realizzazione in affiancamento al tracciato esistente del Riu Nestasi, il quale manufatto sarà lasciato nelle condizioni attuali.

In base alla suddivisione numerica dei suddetti bacini si possono allora distinguere, tramite un processo di similitudine idrologica, i contributi di ciascuno dei sottobacini così individuati. I risultati sono riportati in

Le analisi condotte in "Elab. P.3.1 - Relazione Idraulica" fanno dunque riferimento agli idrogrammi di piena elaborati con il modello afflussi – deflussi allestito con il software HEC-HMS dei bacini idrografici analizzati.



Tabella 8 – Portata al colmo di progetto valutate per ciascun sottobacino interno ai bacini principali denominati 2, 3 e 4 al variare del tempo di ritorno; funzionale ad identificare la portata di competenza per ogni tronco di tubazione in progetto defluente sotto la S.S. 198 (Interventi A, B e C).

Sottobacino	Area	Portata al colmo (m ³ /s)				
	[km2]	Tr 10 anni	Tr 20 anni	Tr 50 anni	Tr 100 anni	Tr 200 anni
2.1	0.02	0.08	0.13	0.20	0.24	0.29
2.2	0.04	0.15	0.23	0.36	0.43	0.53
2.3	0.03	0.12	0.18	0.28	0.35	0.43
2.4	0.07	0.24	0.36	0.56	0.68	0.84
Totale BACINO 2	0.17	0.6	0.9	1.4	1.7	2.1

Sottobacino	Area	Portata al colmo (m ³ /s)				
	[km2]	Tr 10 anni	Tr 20 anni	Tr 50 anni	Tr 100 anni	Tr 200 anni
4.1	0.02	0.24	0.29	0.35	0.40	0.45
4.2	0.02	0.26	0.32	0.38	0.44	0.50
4.3	0.03	0.39	0.48	0.57	0.66	0.75
Totale BACINO 4	0.07	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7

Sottobacino	Area	Portata al colmo (m ³ /s)				
	[km2]	Tr 10 anni	Tr 20 anni	Tr 50 anni	Tr 100 anni	Tr 200 anni
5.1	0.02	0.28	0.35	0.44	0.51	0.56
5.2	0.07	0.92	1.15	1.46	1.69	1.84
Totale BACINO 5	0.09	1.2	1.5	1.9	2.2	2.4



REGIONE SARDEGNA – Provincia di Nuoro – *Comune di Ussassai*

Opere di consolidamento nel centro abitato di Ussassai – Lotto 1

Progetto Definitivo



ALLEGATI



REGIONE SARDEGNA – Provincia di Nuoro – *Comune di Ussassai*

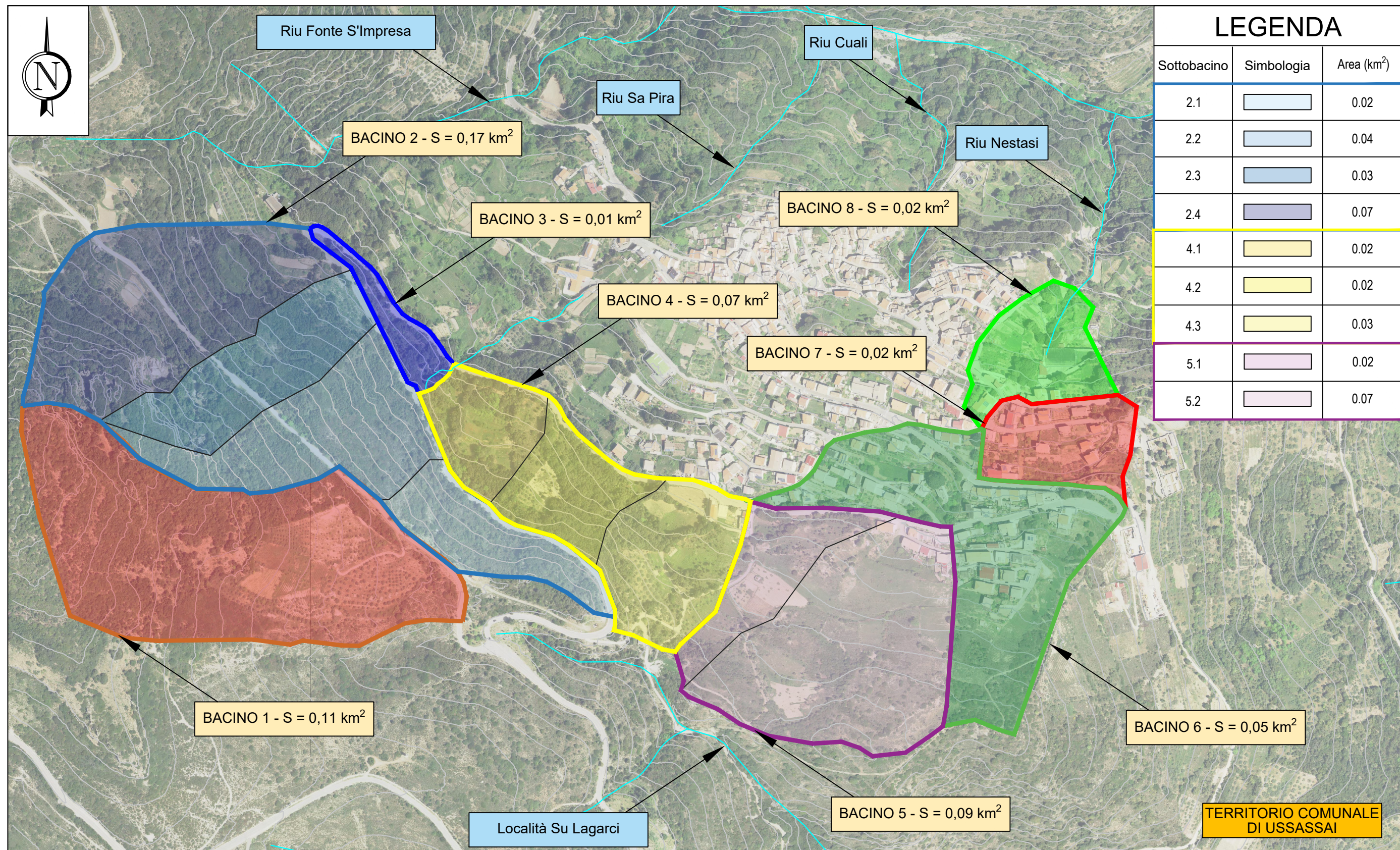
Opere di consolidamento nel centro abitato di Ussassai – Lotto 1

Progetto Definitivo



ALLEGATO 1

– **Delimitazione bacini idrografici di riferimento** –



ALLEGATO 1:
DELIMITAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI DI RIFERIMENTO

Base carta: Ortofoto satellitare - Curve di livello (10 m)

Scala 1 : 5.000





REGIONE SARDEGNA – Provincia di Nuoro – *Comune di Ussassai*

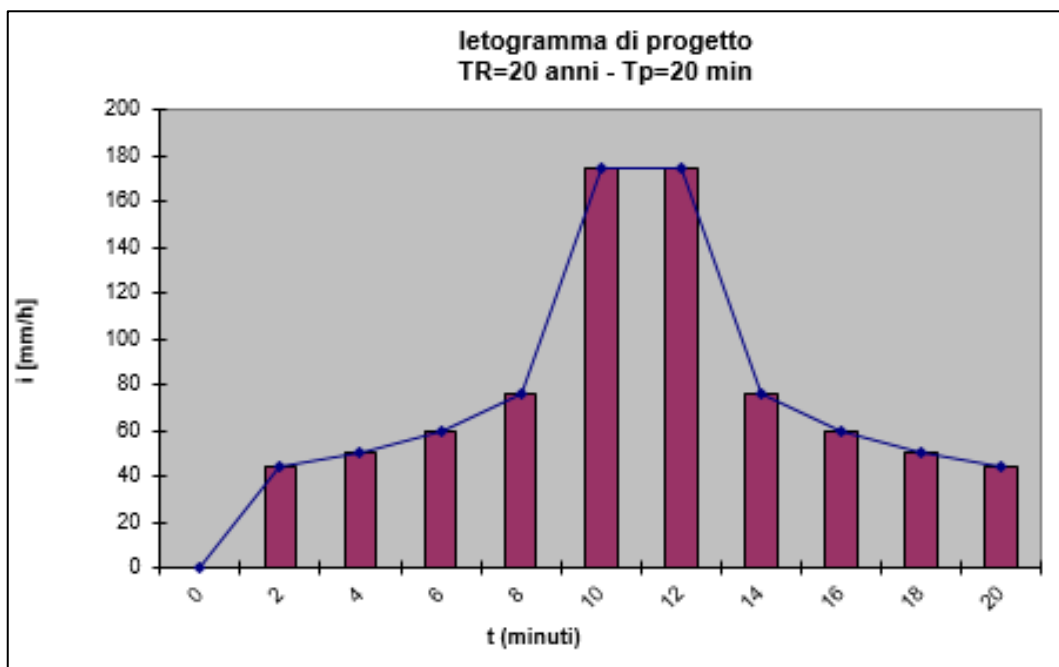
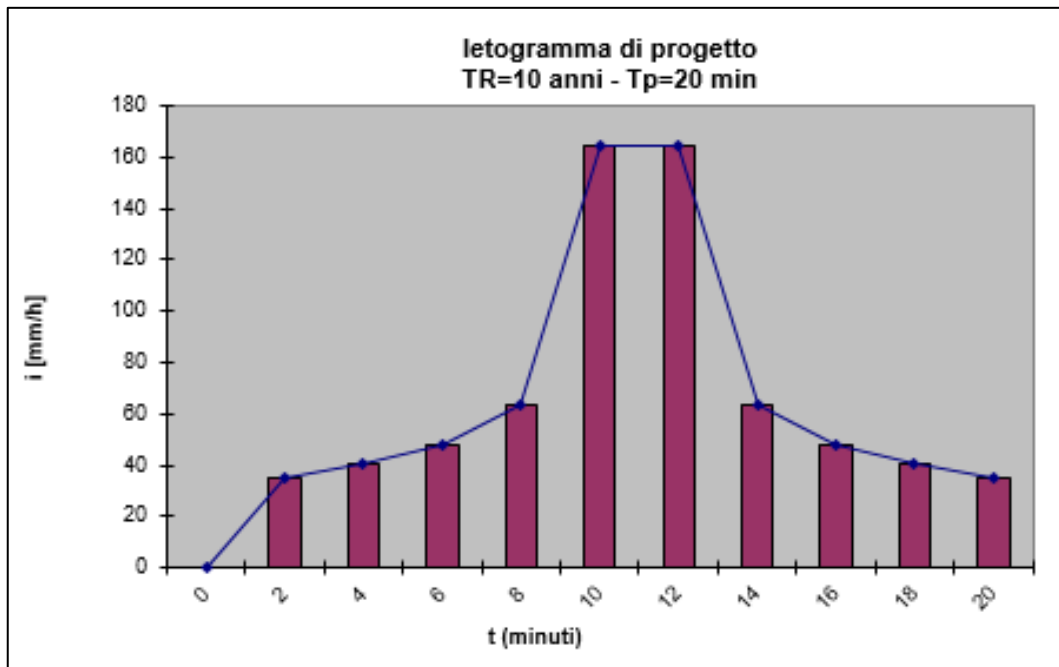
Opere di consolidamento nel centro abitato di Ussassai – Lotto 1

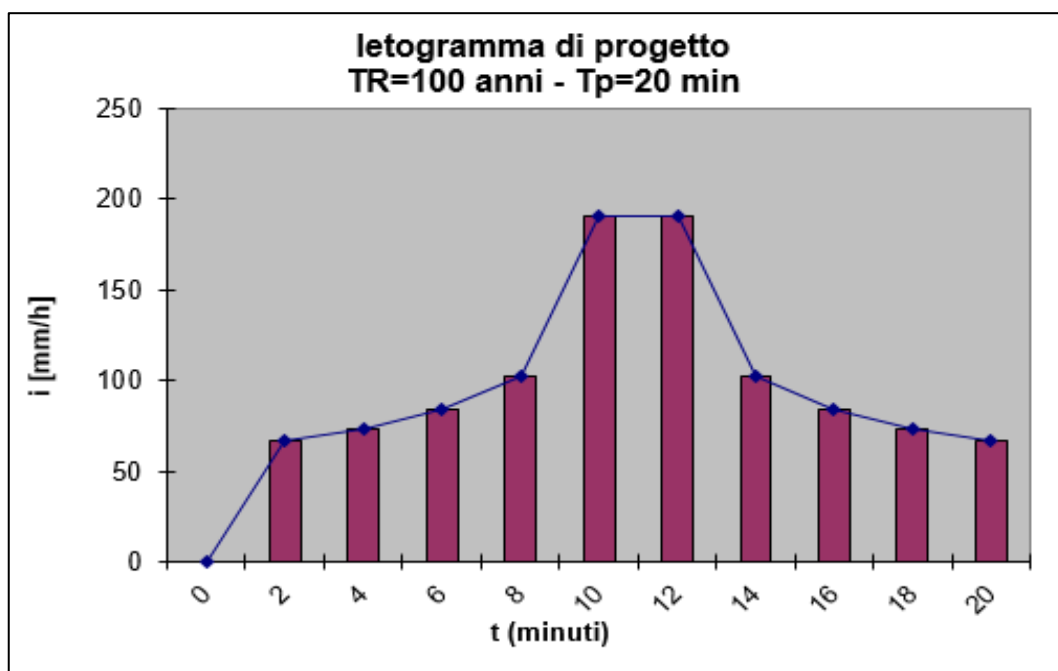
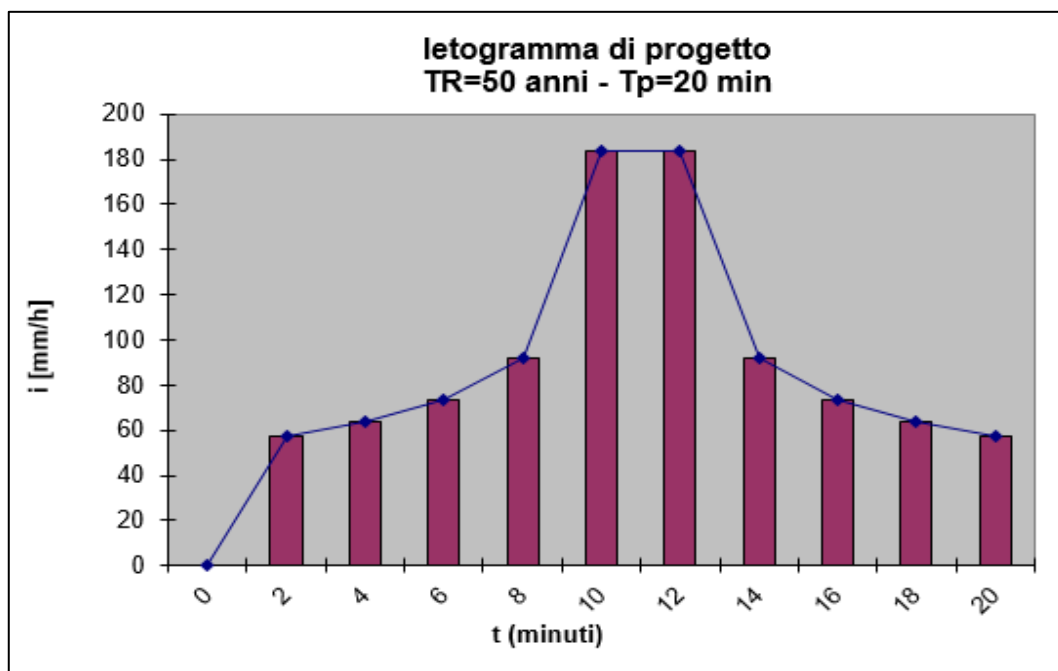
Progetto Definitivo

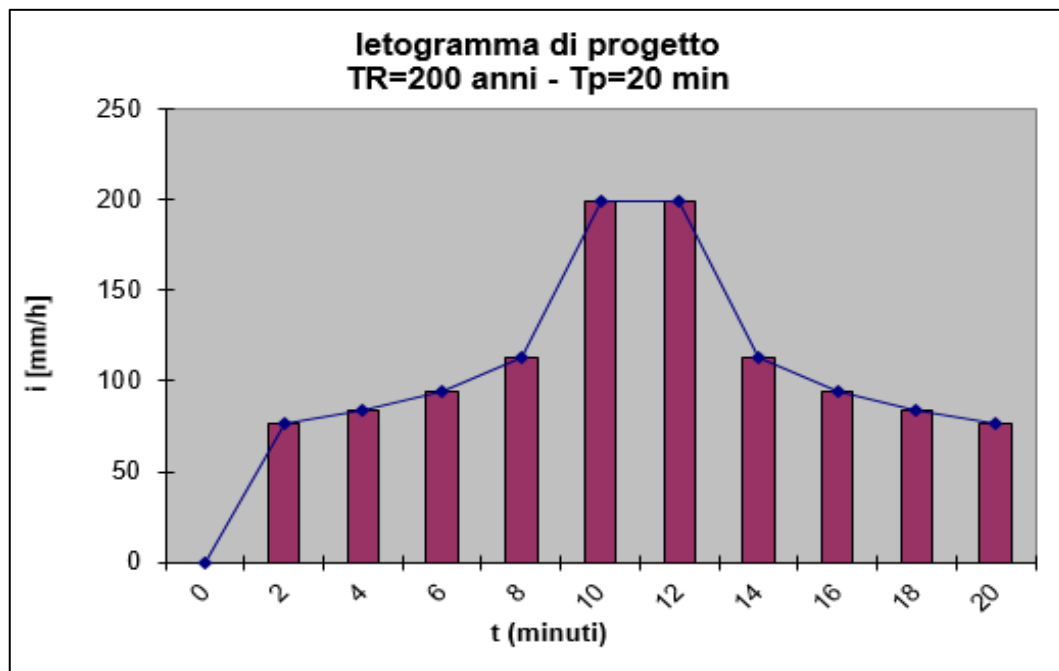


ALLEGATO 2

– Ietogrammi Chicago di progetto –









REGIONE SARDEGNA – Provincia di Nuoro – *Comune di Ussassai*

Opere di consolidamento nel centro abitato di Ussassai – Lotto 1

Progetto Definitivo

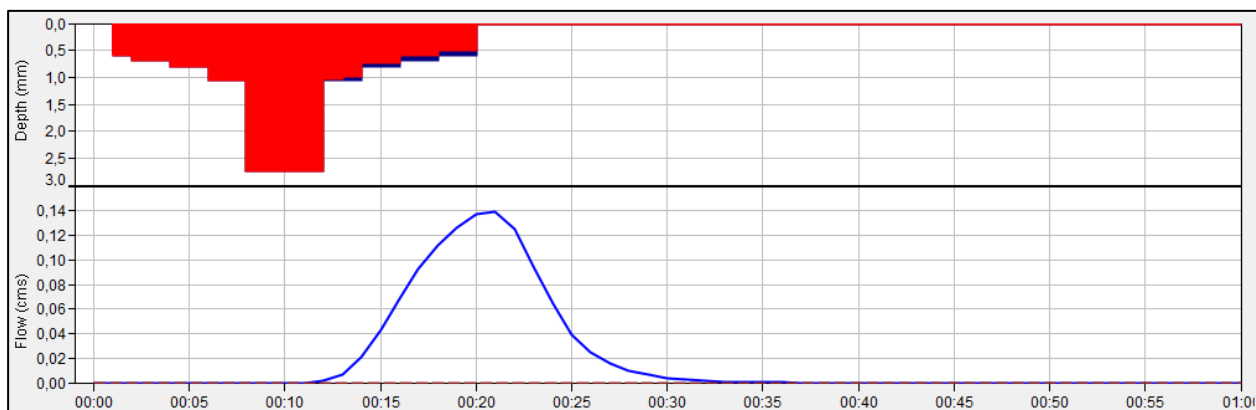


ALLEGATO 3

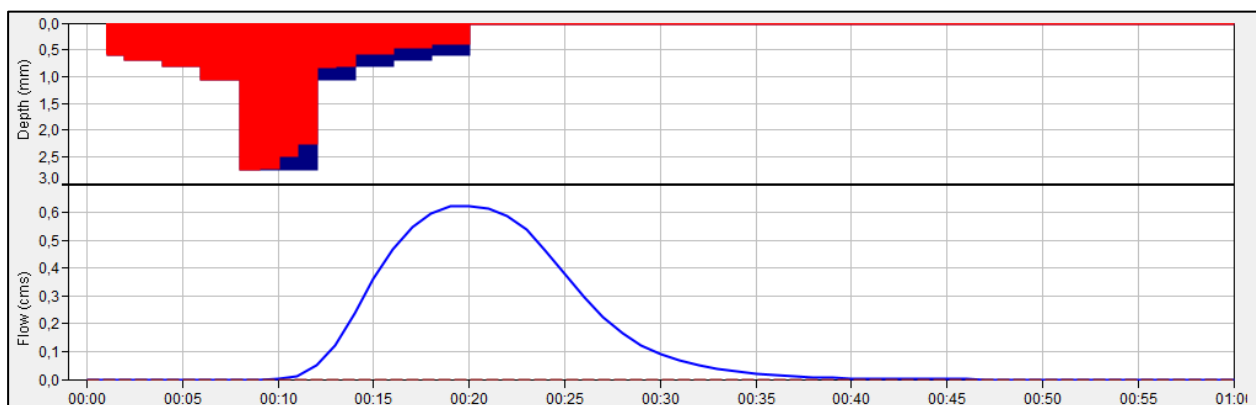
– Idrogrammi di piena di progetto, ottenuti con la modellazione afflussi - deflussi –



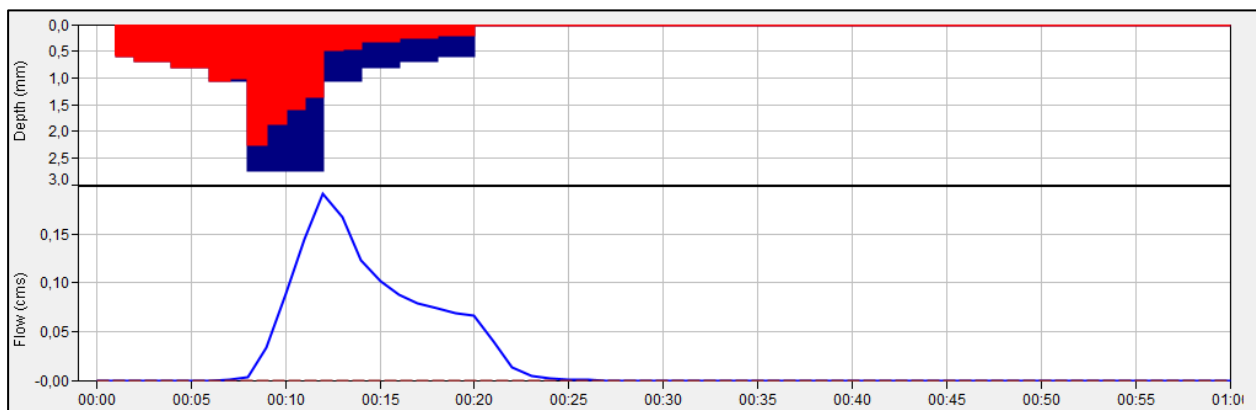
TEMPO DI RITORNO TR = 10 ANNI



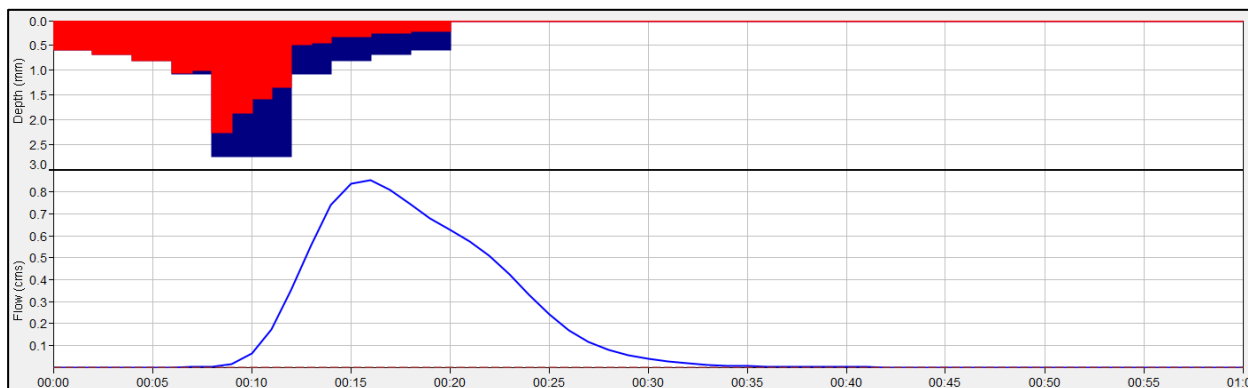
Idrogramma di piena per il bacino 1 – Tr 10 anni



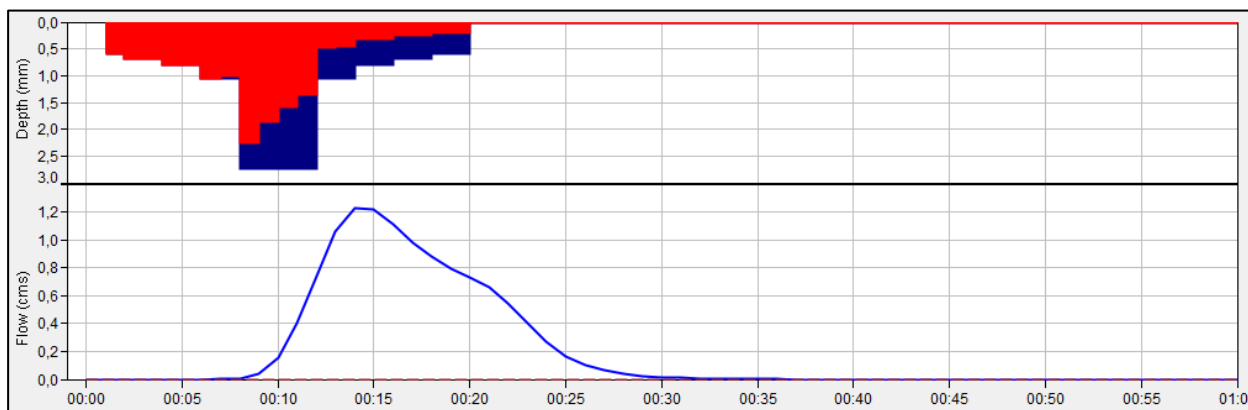
Idrogramma di piena per il bacino 2 – Tr 10 anni



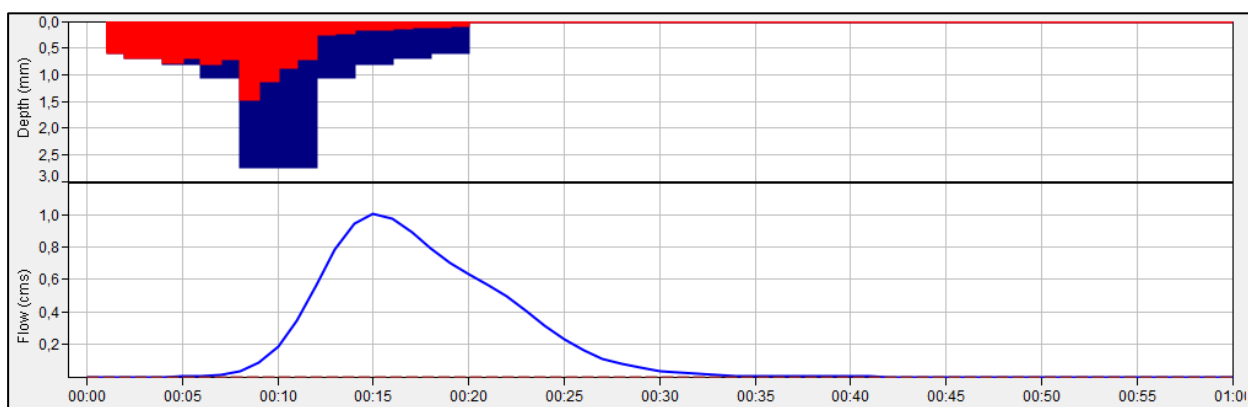
Idrogramma di piena per il bacino 3 – Tr 10 anni



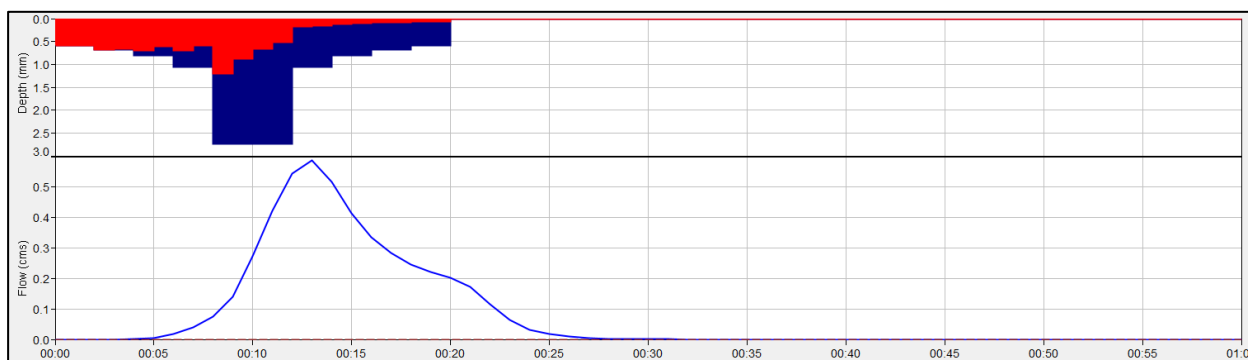
Idrogramma di piena per il bacino 4 – Tr 10 anni



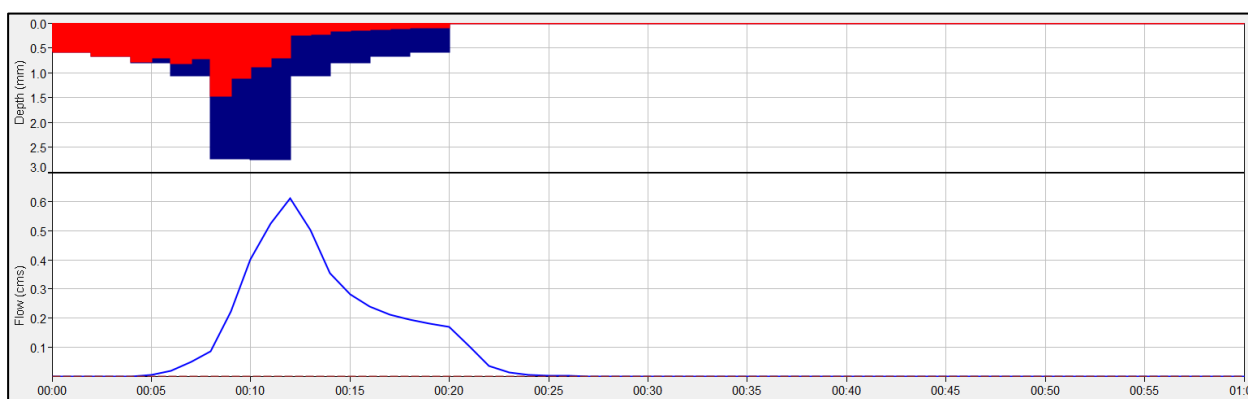
Idrogramma di piena per il bacino 5 – Tr 10 anni



Idrogramma di piena per il bacino 6 – Tr 10 anni



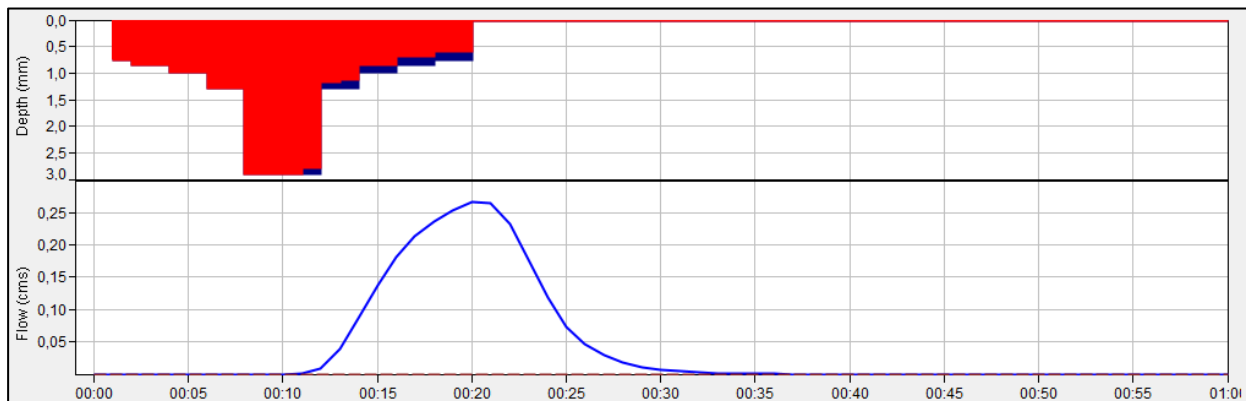
Idrogramma di piena per il bacino 7 – Tr 10 anni



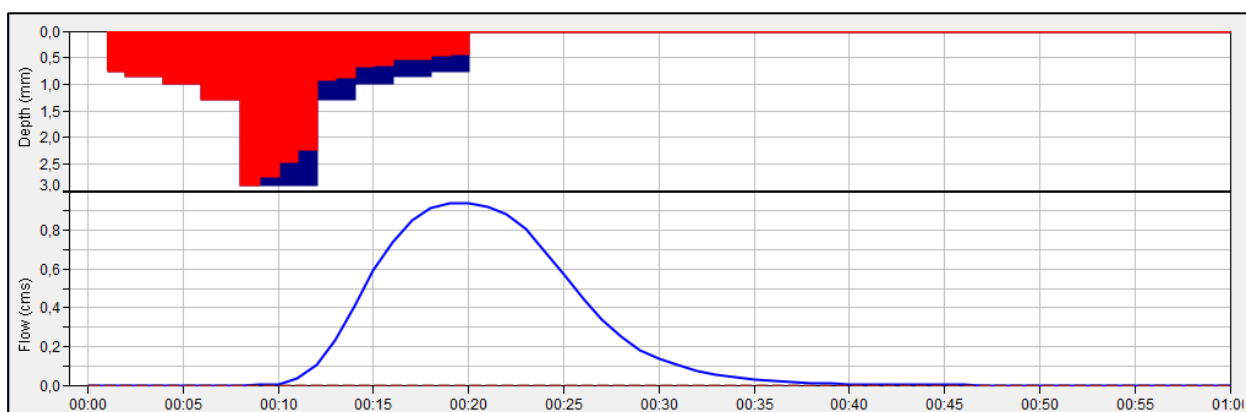
Idrogramma di piena per il bacino 8 – Tr 10 anni



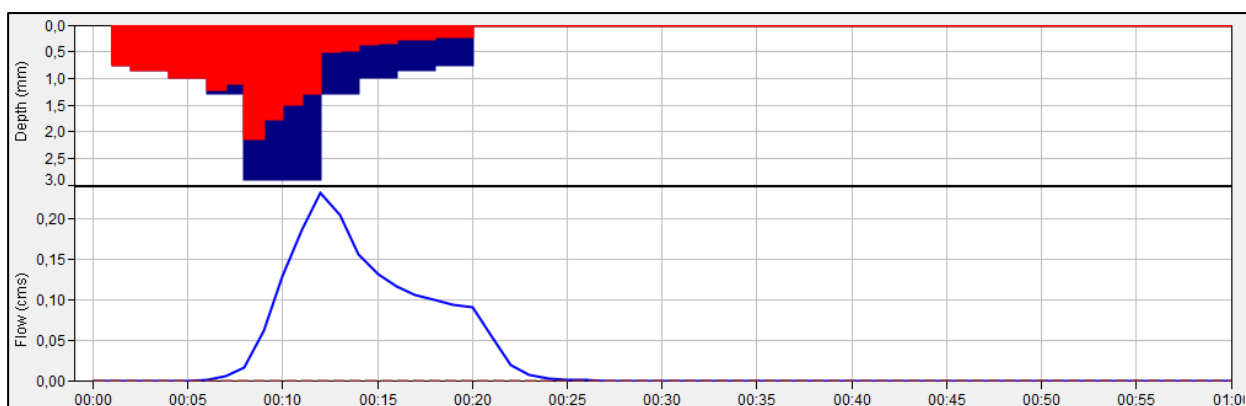
TEMPO DI RITORNO TR = 20 ANNI



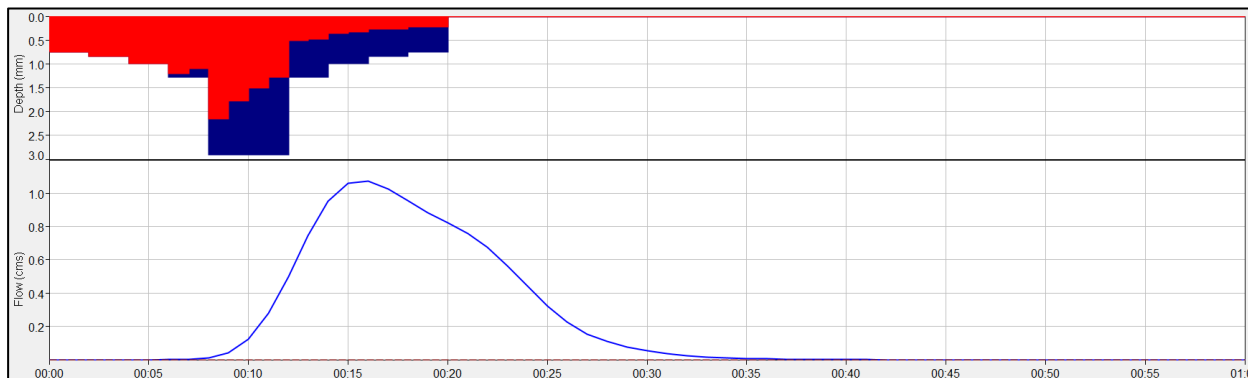
Idrogramma di piena per il bacino 1 – Tr 20 anni



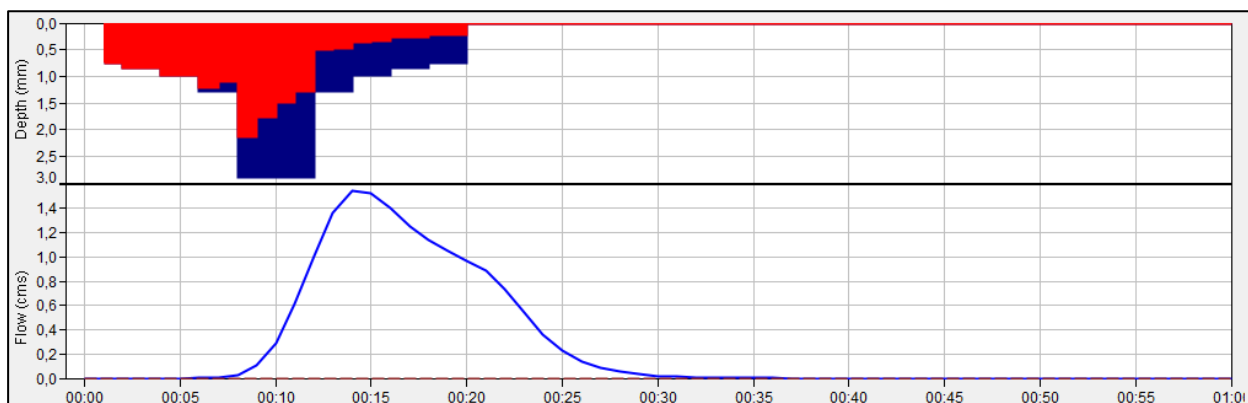
Idrogramma di piena per il bacino 2 – Tr 20 anni



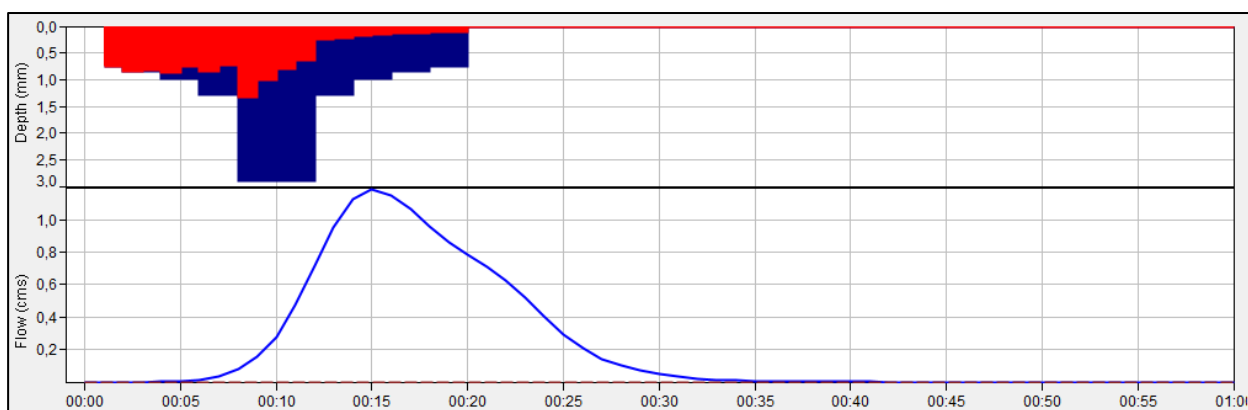
Idrogramma di piena per il bacino 3 – Tr 20 anni



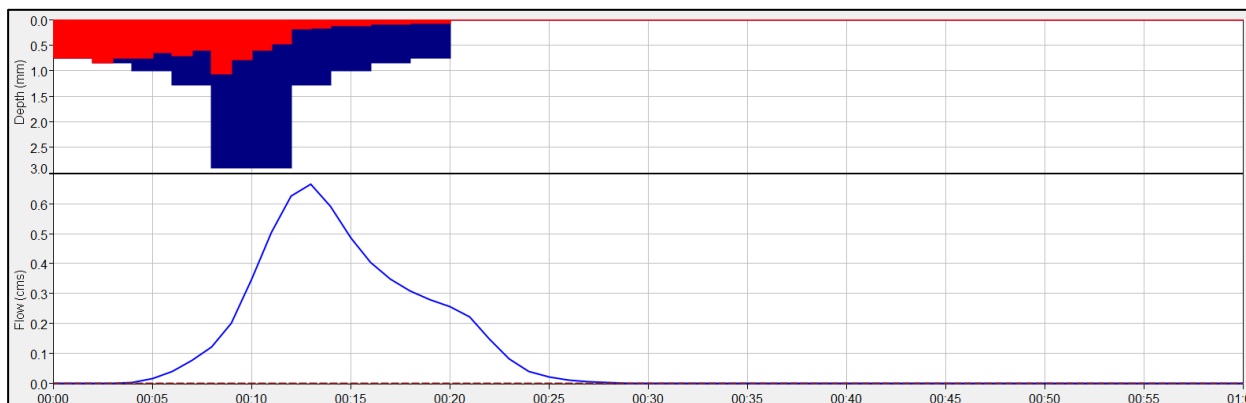
Idrogramma di piena per il bacino 4 – Tr 20 anni



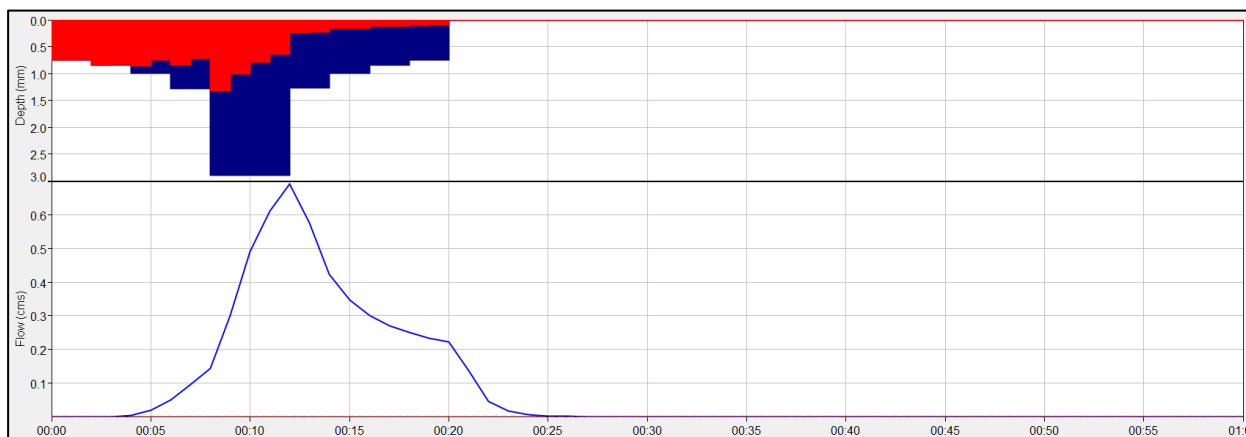
Idrogramma di piena per il bacino 5 – Tr 20 anni



Idrogramma di piena per il bacino 6 – Tr 20 anni



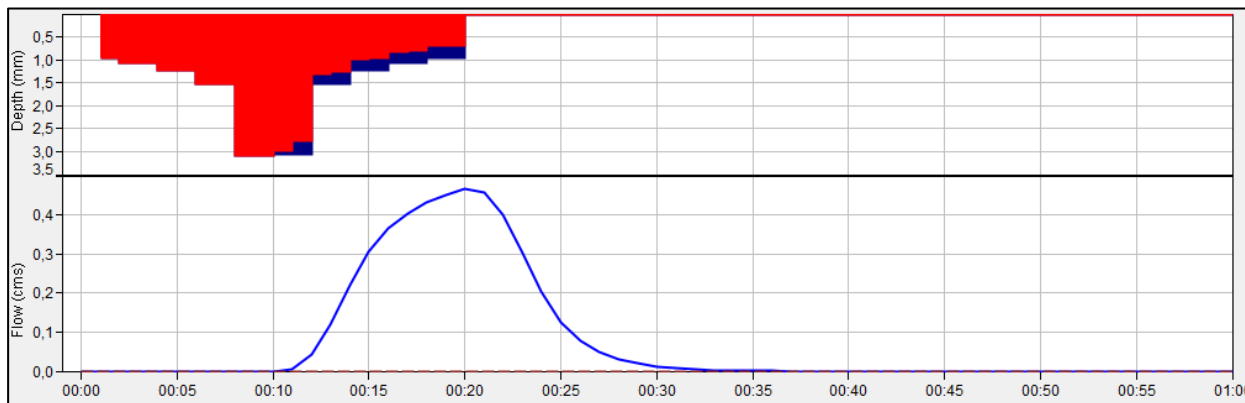
Idrogramma di piena per il bacino 7 – Tr 20 anni



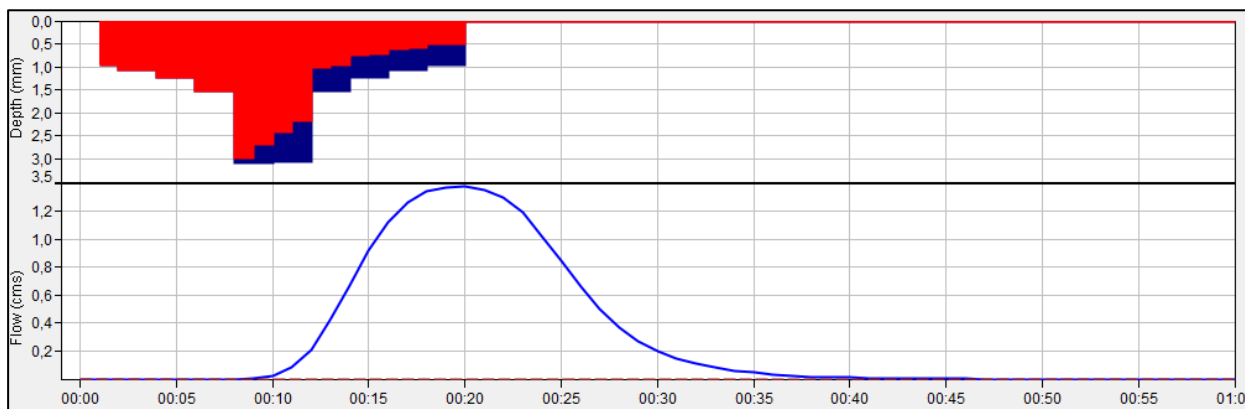
Idrogramma di piena per il bacino 8 – Tr 20 anni



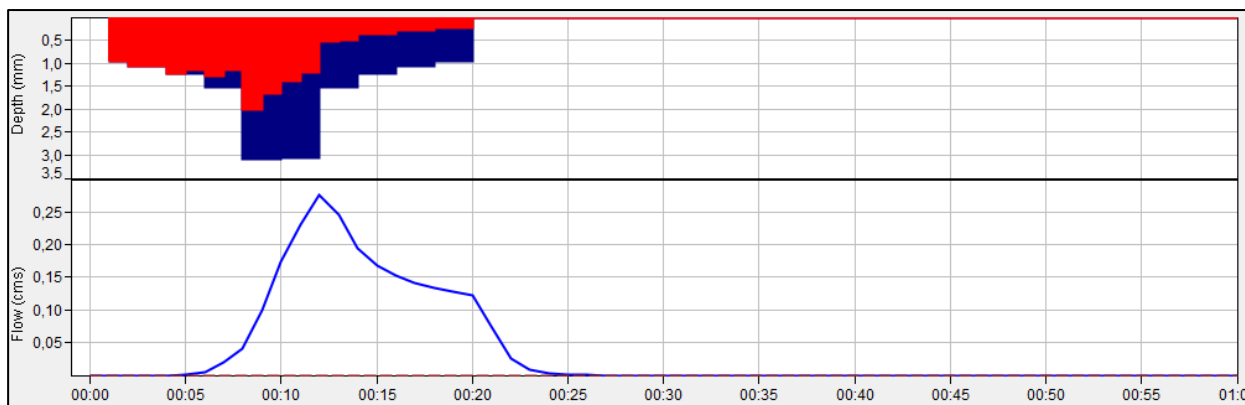
TEMPO DI RITORNO TR = 50 ANNI



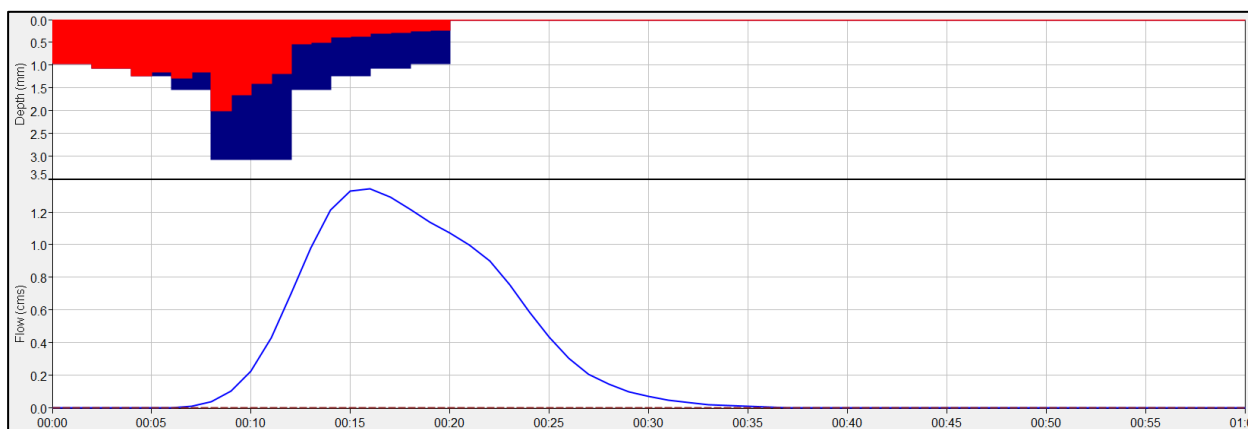
Idrogramma di piena per il bacino 1 – Tr 50 anni



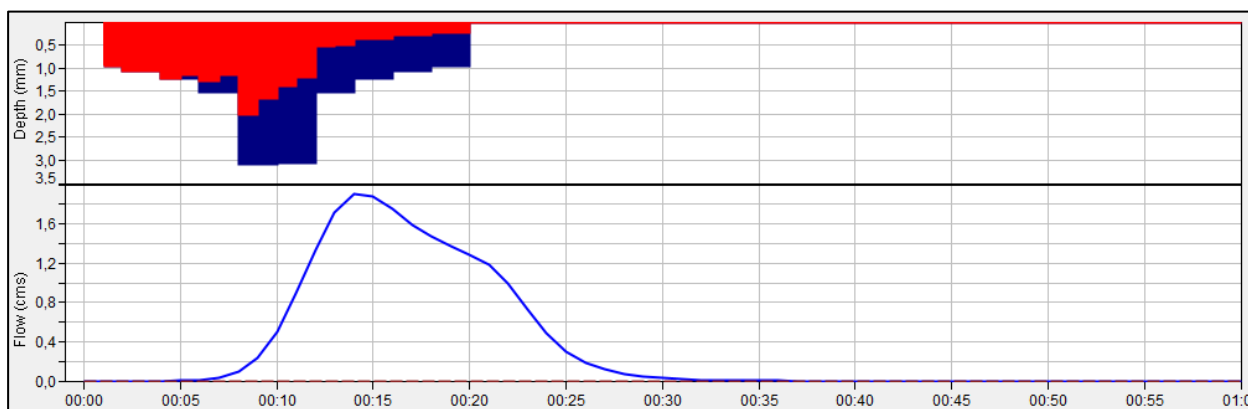
Idrogramma di piena per il bacino 2 – Tr 50 anni



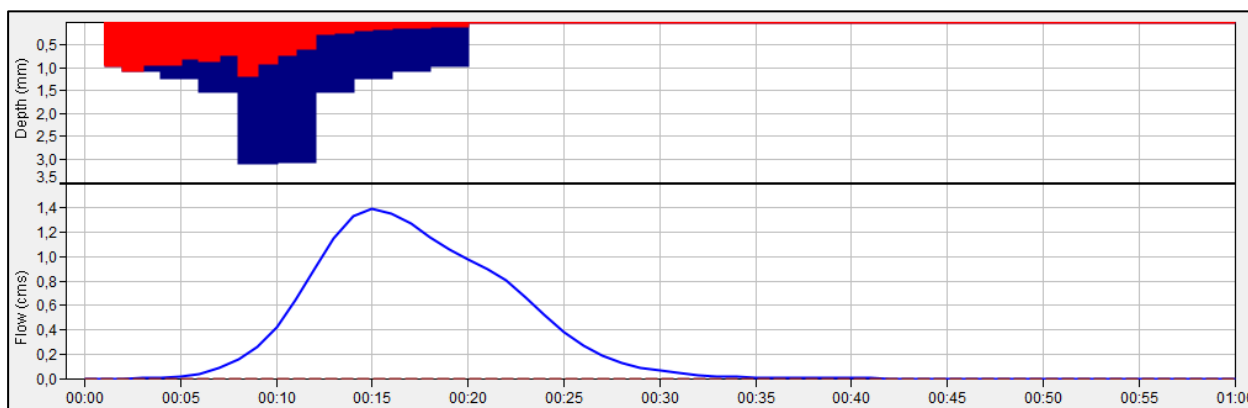
Idrogramma di piena per il bacino 3 – Tr 50 anni



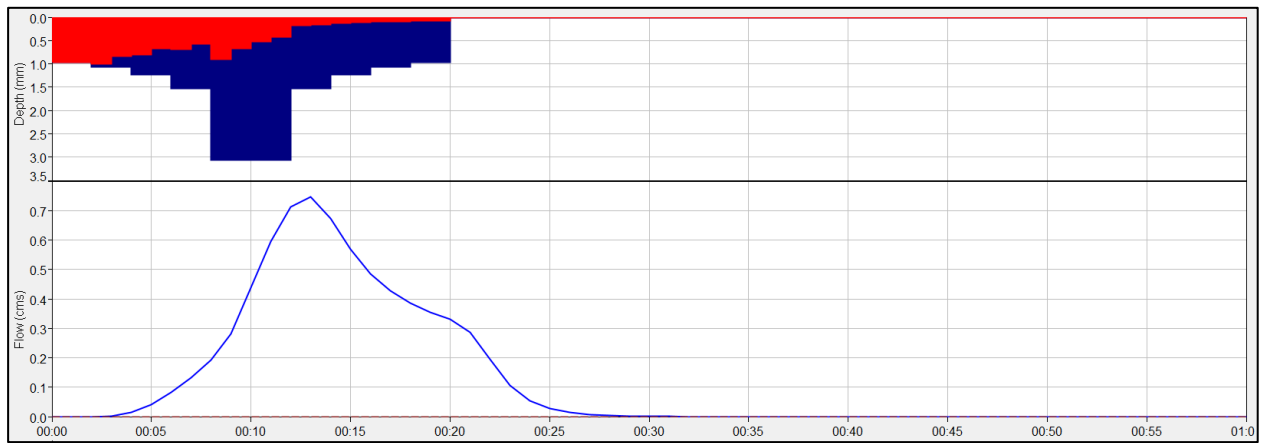
Idrogramma di piena per il bacino 4 – Tr 50 anni



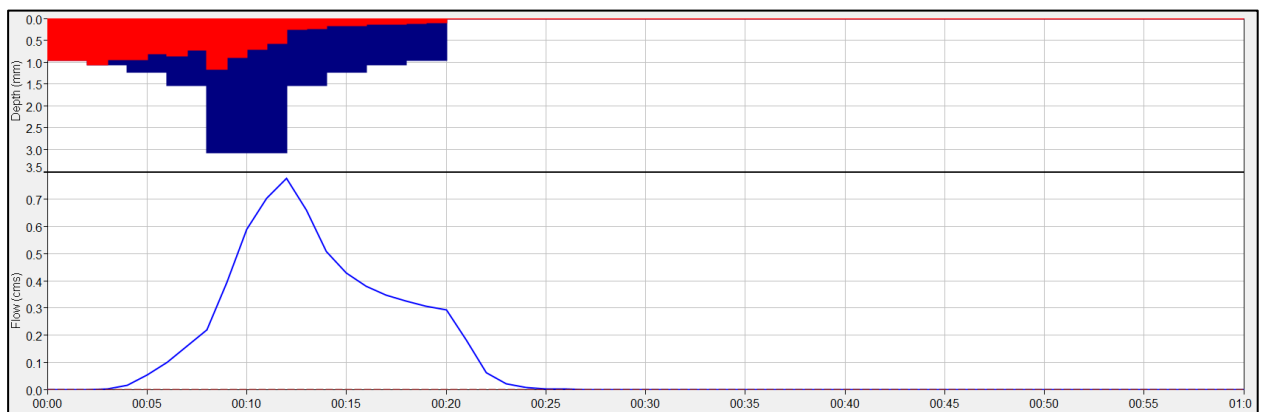
Idrogramma di piena per il bacino 5 – Tr 50 anni



Idrogramma di piena per il bacino 6 – Tr 50 anni



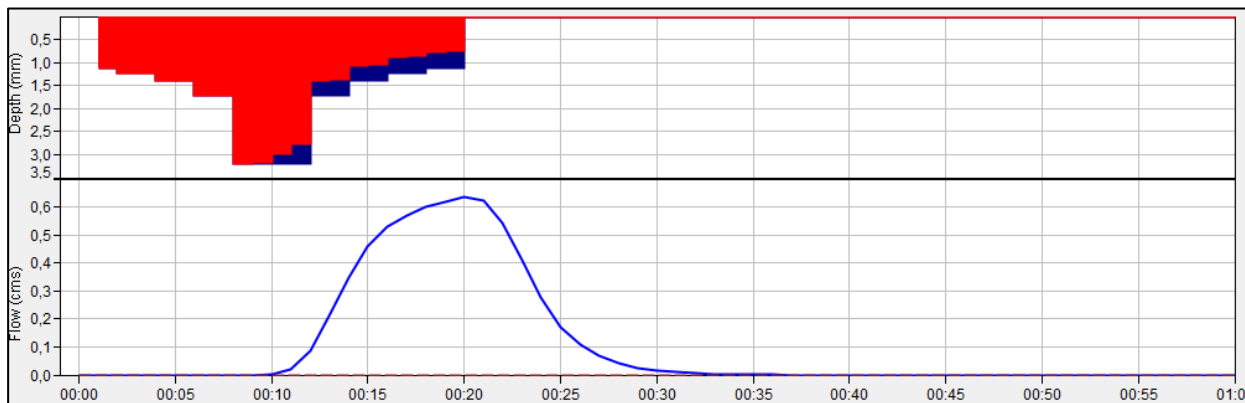
Idrogramma di piena per il bacino 7 – Tr 50 anni



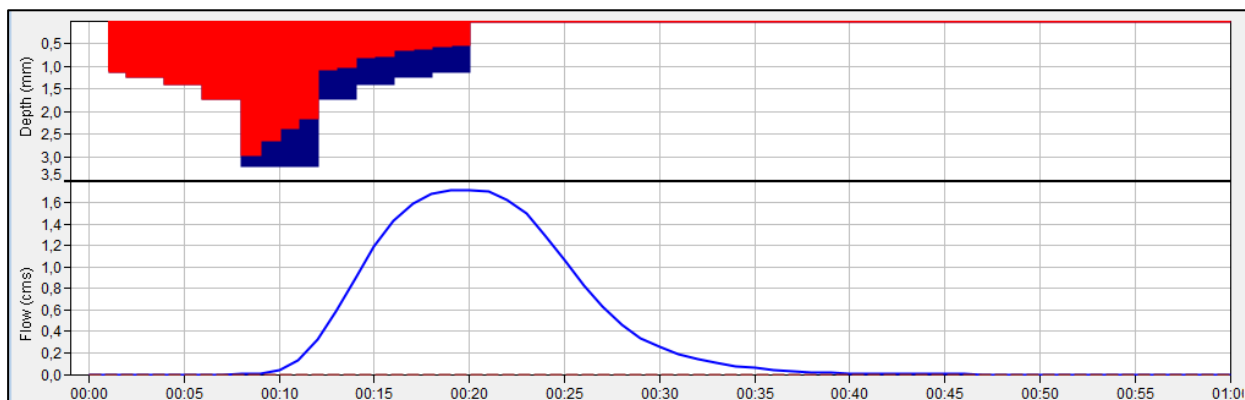
Idrogramma di piena per il bacino 8 – Tr 50 anni



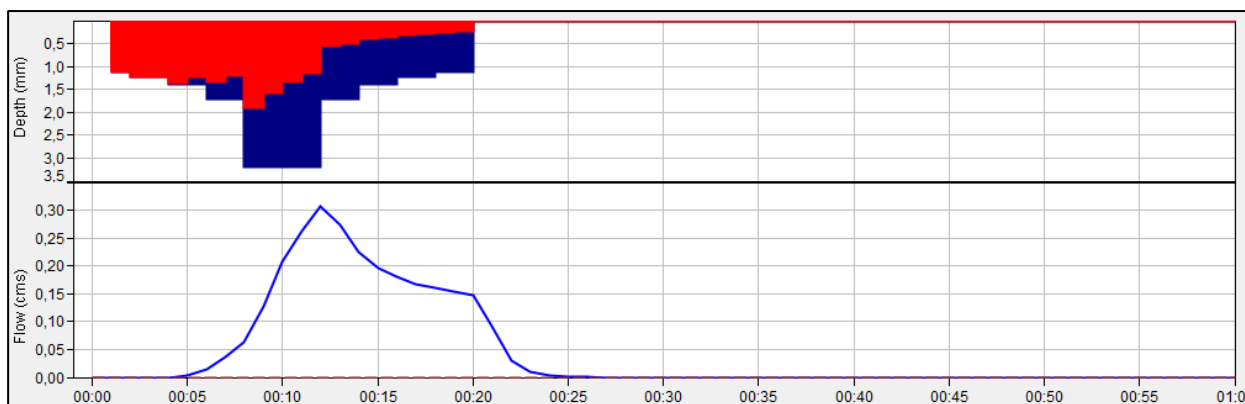
TEMPO DI RITORNO $TR = 100$ ANNI



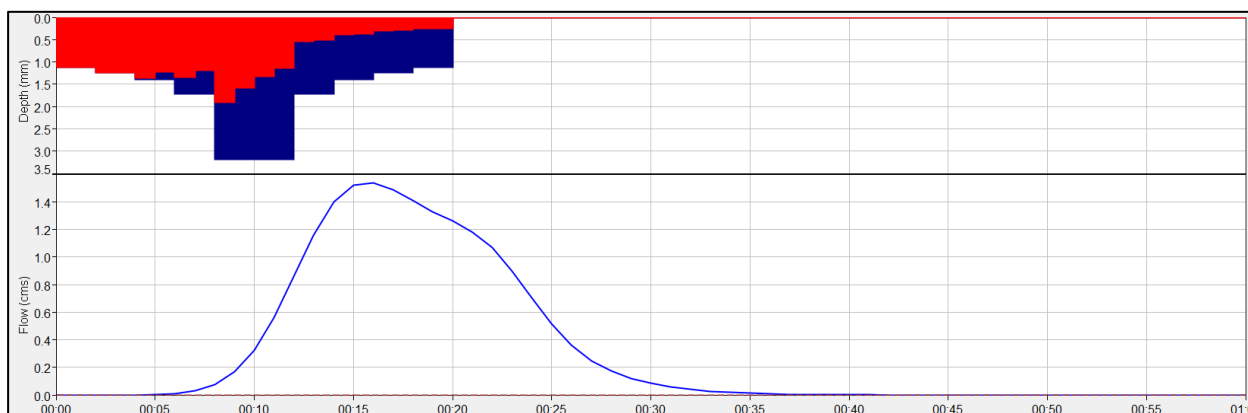
Idrogramma di piena per il bacino 1 – Tr 100 anni



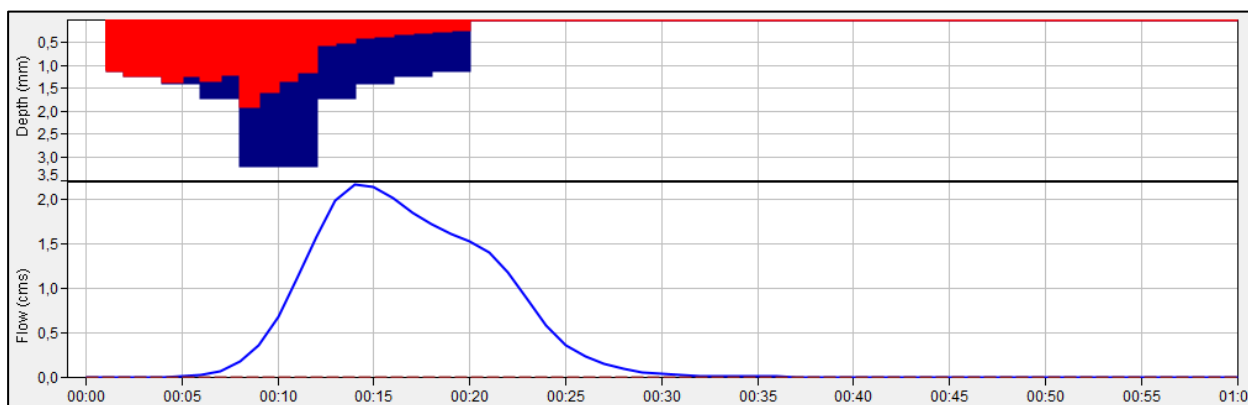
Idrogramma di piena per il bacino 2 – Tr 100 anni



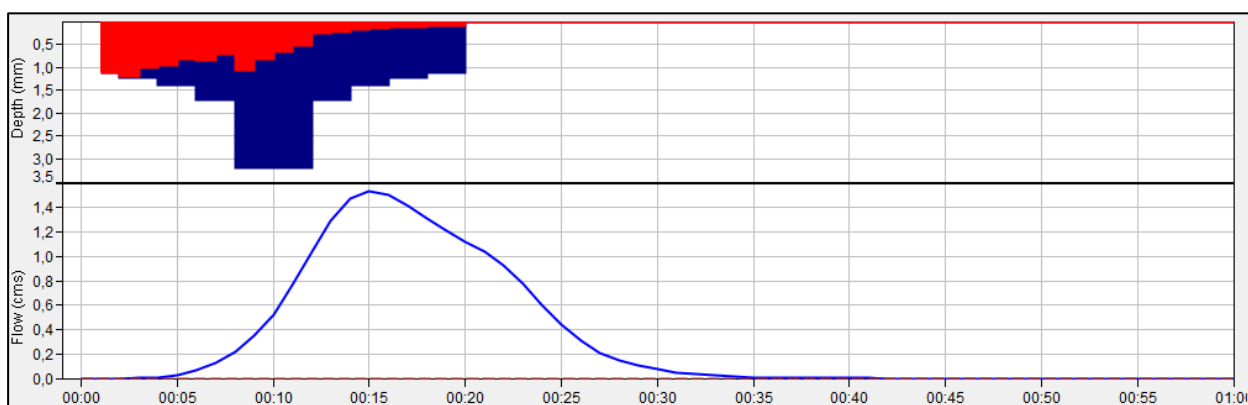
Idrogramma di piena per il bacino 3 – Tr 100 anni



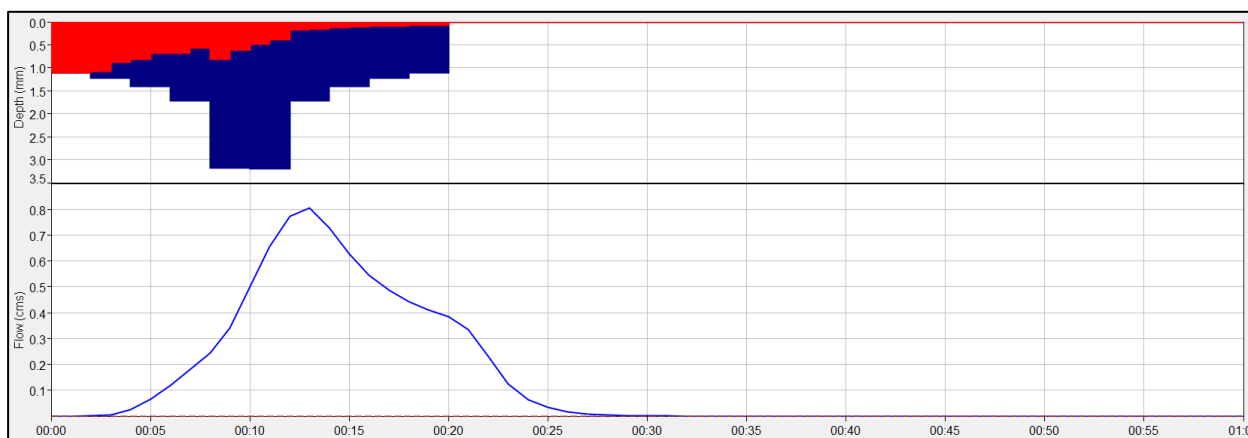
Idrogramma di piena per il bacino 4 – Tr 100 anni



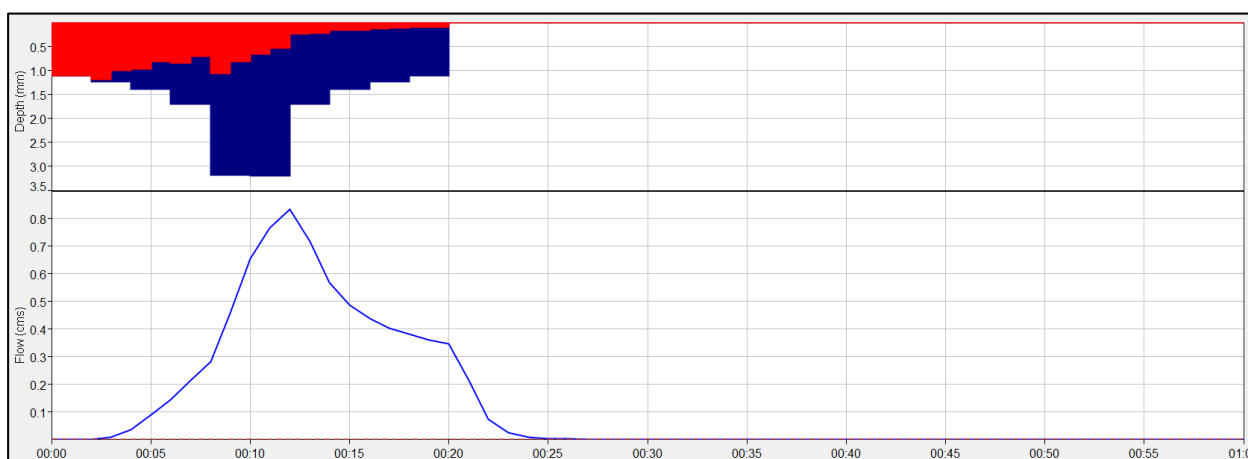
Idrogramma di piena per il bacino 5 – Tr 100 anni



Idrogramma di piena per il bacino 6 – Tr 100 anni



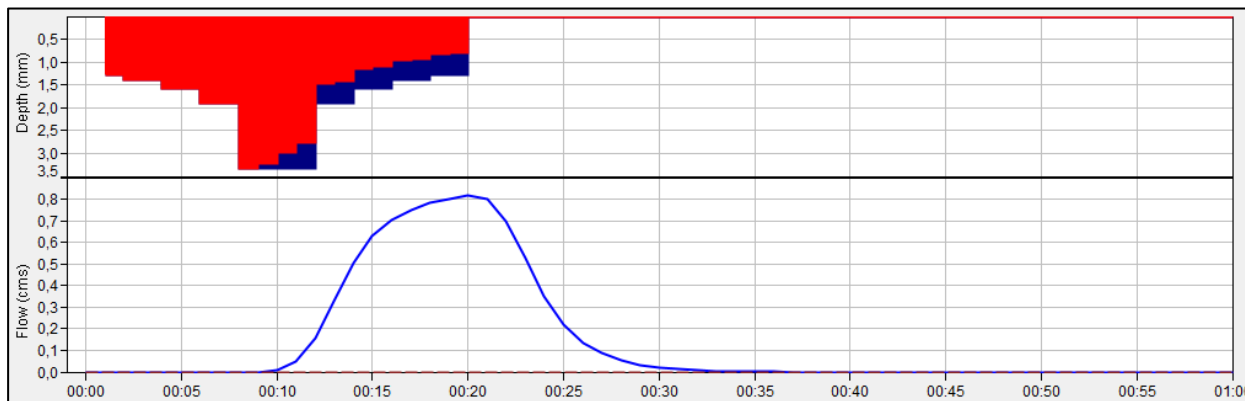
Idrogramma di piena per il bacino 7 – Tr 100 anni



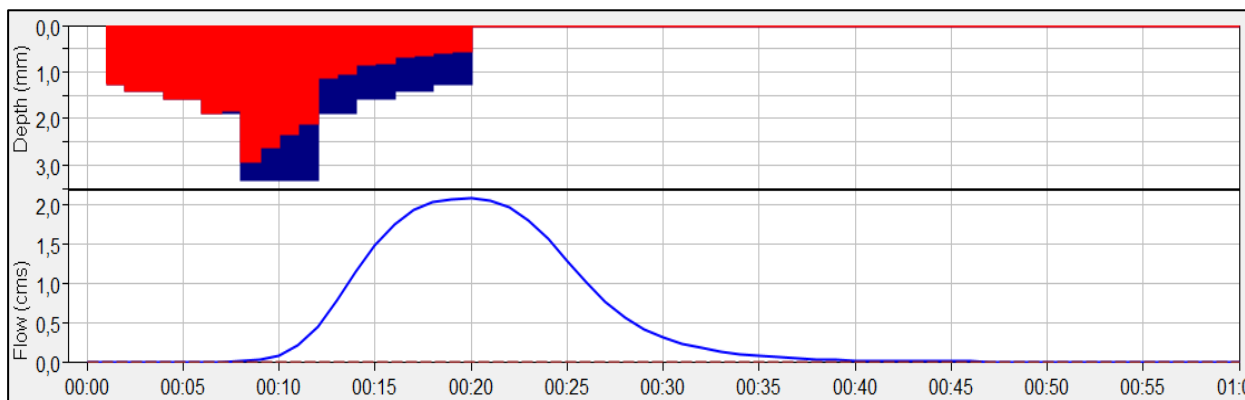
Idrogramma di piena per il bacino 8 – Tr 100 anni



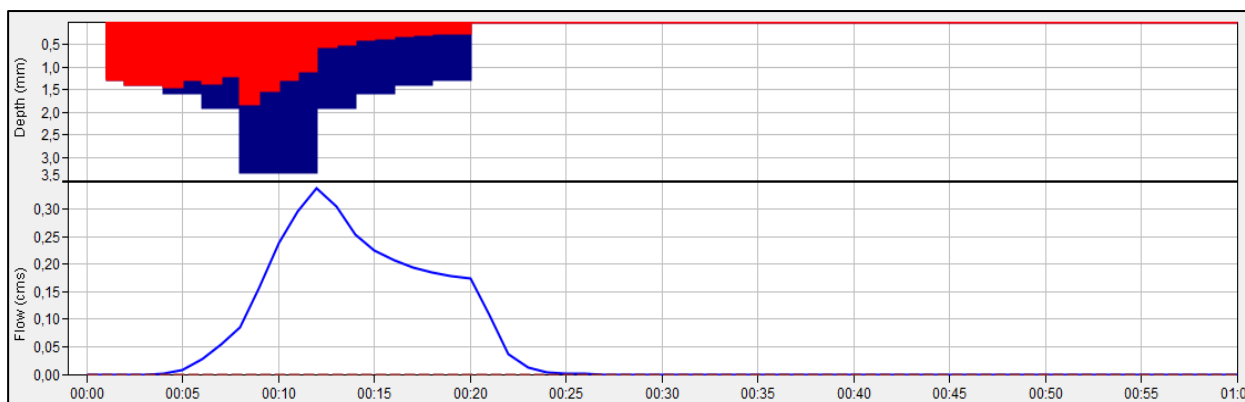
TEMPO DI RITORNO TR = 200 ANNI



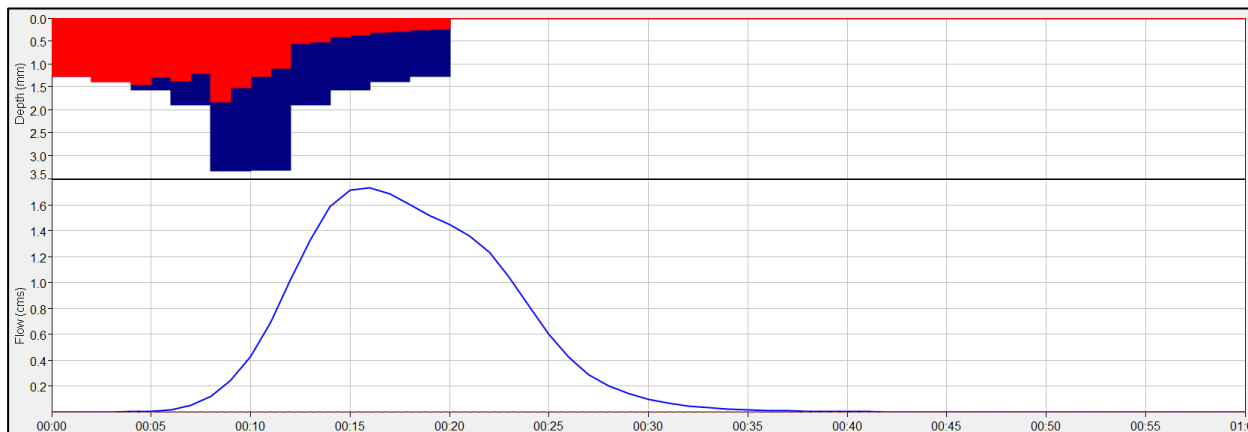
Idrogramma di piena per il bacino 1 – Tr 200 anni



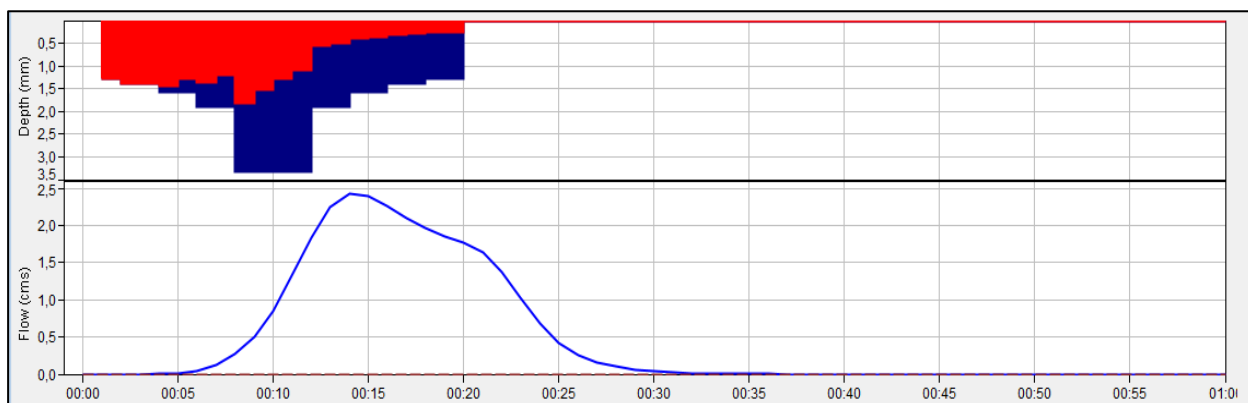
Idrogramma di piena per il bacino 2 – Tr 200 anni



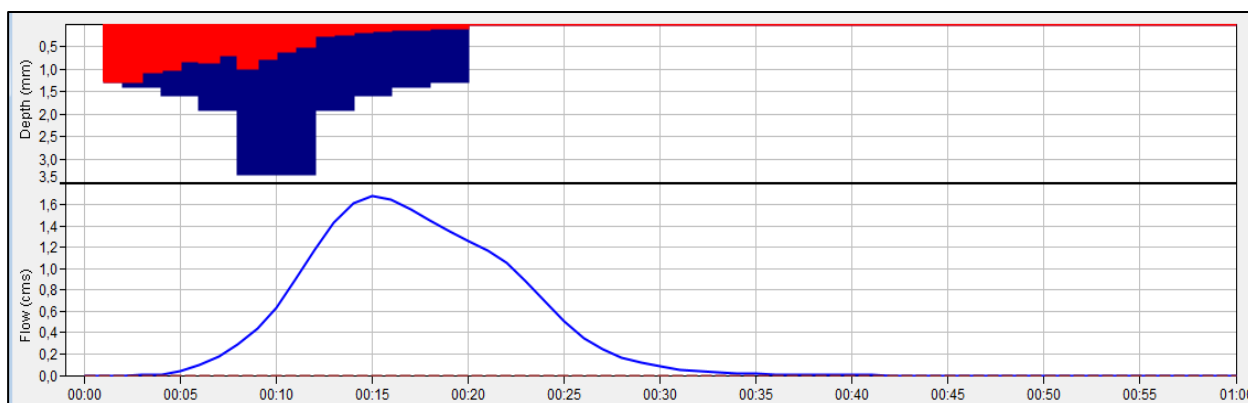
Idrogramma di piena per il bacino 3 – Tr 200 anni



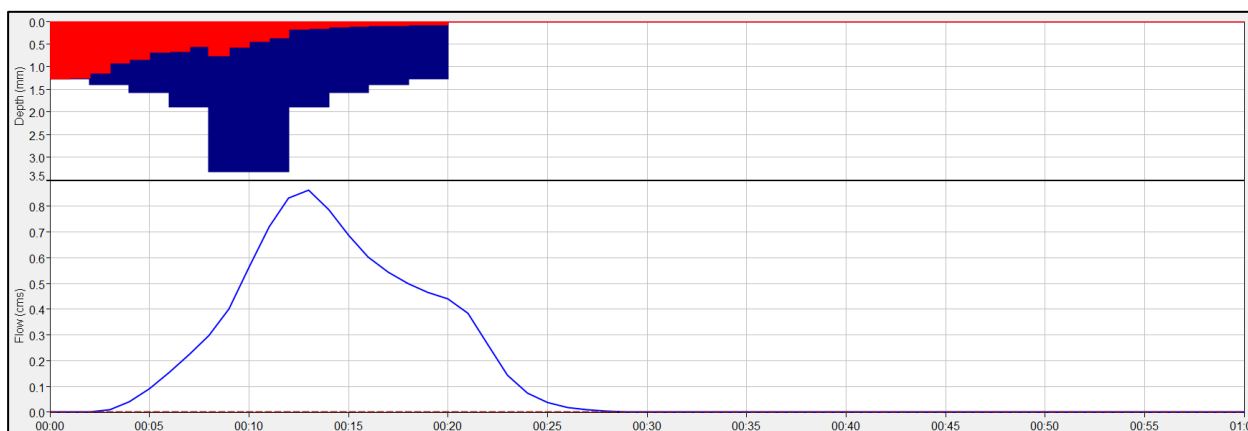
Idrogramma di piena per il bacino 4 – Tr 200 anni



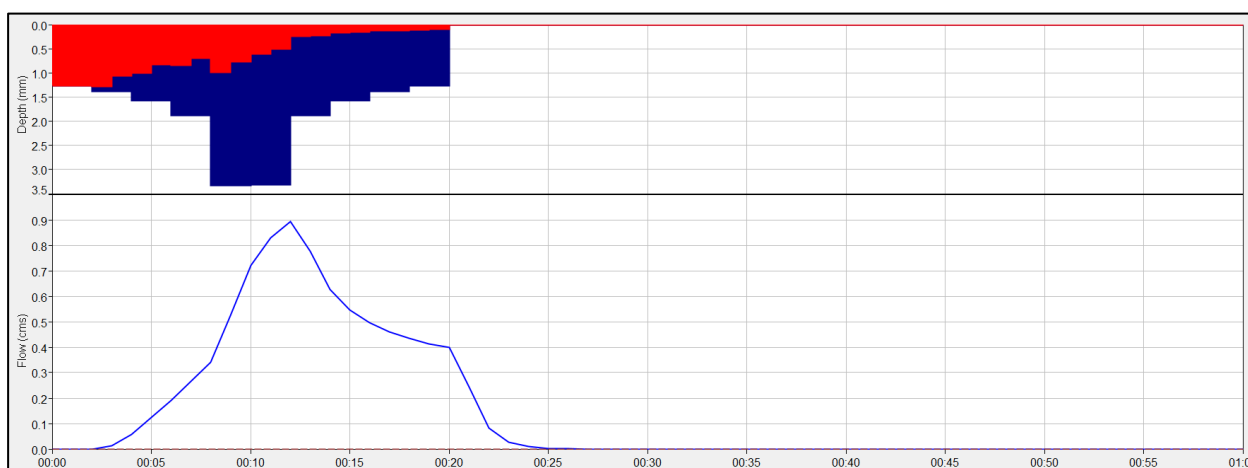
Idrogramma di piena per il bacino 5 – Tr 200 anni



Idrogramma di piena per il bacino 6 – Tr 200 anni



Idrogramma di piena per il bacino 7 – Tr 200 anni



Idrogramma di piena per il bacino 8 – Tr 200 anni