



PROVINCIA DI BRESCIA
Comune di Limone s/G

STUDIO IDRAULICO
TORRENTE SAN GIOVANNI
TRATTO "LA MILANESA-FOCE"

RELAZIONE IDROLOGICA

DATA
Ottobre 2011

COMMITTENTE : COMUNE DI LIMONE SUL GARDA
via IV Novembre n.25 25010 Limone s/G -Bs-

Dott. Ing. Giuseppe Negrinelli

Via Rezzola, 10 - 25086 Rezzato (BS)
Tel. 030/2791696

INDICE

1. PREMESSA	1
2. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO: RICOGNIZIONE SULLA RETE IDROGRAFICA	2
3. DESCRIZIONE DEL METODO DELLO STUDIO	3
4. MODALITÀ DI DEFINIZIONE DEL MODELLO DEL SISTEMA.....	3
4.1 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DEL MODELLO IDROLOGICO.....	3
4.1.2 <i>DETERMINAZIONE DEL METODO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI – DEFLUSSI E DEI RELATIVI PARAMETRI IN INGRESSO AL CODICE DI CALCOLO.....</i>	<i>4</i>
4.1.3 <i>DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI DEL MODELLO DI INFILTRAZIONE</i>	<i>6</i>
4.2 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DEL MODELLO METEOROLOGICO.....	7
5. RISULTATI DELL'ANALISI IDROLOGICA	8
5.1 IDROGRAMMI DI PIENA DEL T. SAN GIOVANNI.....	8
5.2 TRASFORMAZIONE AFFLUSSI – DEFLUSSI _ IETOGRAMMA COSTANTE	8
5.3 TRASFORMAZIONE AFFLUSSI – DEFLUSSI _ IETOGRAMMA CHIGACO	16
5.4 DETERMINAZIONE PORTATE DI VERIFICA IDRAULICA T. SAN GIOVANNI.....	22

1. PREMESSA

Il presente Studio Idrologico attiene alla ridefinizione delle fasce di rispetto definite dall'articolo 3 del Regolamento di Polizia Idraulica di competenza del Comune di Limone sul Garda, redatto ai sensi delle D.G.R. 7/7868 del 25/01/2002, D.G.R. 7/13950 del 01/08/2003 e successive modifiche ed integrazioni, con riferimento al tratto di torrente San Giovanni scorrente nell'ambito del centro abitato, dalla località Milanese alla foce in lago.

Tale Regolamento - edizione 2010, è stato di recente oggetto di revisione, nell'ambito dell'incarico di aggiornamento parziale dello Studio del Reticolo Idrico Minore del territorio comunale, affidato allo Studio di Geologia Applicata ed Ambientale, con sede in Gargnano (Bs).

In tale sede si è provveduto alla verifica del tracciato di alcuni corsi d'acqua situati nella fascia costiera, con l'aggiornamento delle tavole grafiche e del citato Regolamento, rimandando, per quanto riguarda la Relazione descrittiva generale alla precedente, allegata allo Studio redatto nell'anno 2003 dalla Società Garda Uno Spa.

Nel Regolamento vigente, all'articolo 3 viene previsto:

Art.3 - Fasce di rispetto idraulico

Per la definizione ed estensione delle fasce di tutela di tutti i corsi d'acqua e delle opere di regimazione idraulica costituenti il reticolo idrico si sono tenuti in considerazione, oltre alla tipologia medesima del corso d'acqua anche i seguenti elementi (fermo restando quanto confermato dal precedente Studio del Reticolo):

- Aree allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali;
- Necessità di garantire l'accessibilità ai corpi idrici ai fini della loro manutenzione, fruizione e riqualificazione ambientale;
- Caratteristiche naturali, ambientali e colturali;
- Aree interessabili da fenomeni erosivi e di divagazione dell'alveo;

Per tutti i corsi d'acqua appartenenti al Reticolo Idrico si sono istituite su entrambe le sponde le seguenti fasce di rispetto idraulico di larghezza:

- metri **15** per ogni lato dei corsi d'acqua appartenenti al Reticolo Idrico Principale;
- metri **10** per ogni lato dei corsi d'acqua appartenenti al Reticolo Idrico Minore;
- metri **4** per ogni lato dei corsi d'acqua naturali ritenuti secondari (fossi o piccoli canali di scolo);
- metri **2** per ogni lato dei corsi d'acqua intubati;

La suddetta fascia di rispetto può essere ridotta o annullata, sentiti gli Enti competenti, nelle zone appartenenti al centro edificato, come definito dall'art.18 della L.22/10/1971, n. 865, ovvero nelle aree che al momento dell'approvazione delle presenti norme siano edificate con continuità, con l'obbligo, per il soggetto beneficiario della deroga, di garantire la manutenzione ordinaria del corso d'acqua. Laddove sia necessario procedere alla delimitazione del centro edificato o al suo aggiornamento l'Amministrazione comunale procede all'approvazione del relativo perimetro.

Di recente gli interventi di sistemazione idraulica di cui al progetto esecutivo del novembre 2007, redatto da "PAVIA INNOVAZIONE ENGINEERING GLOBAL SERVICE", per porre rimedio ai segnalati fenomeni di dissesto ubicati lungo l'asse del Torrente San Giovanni a partire dalla quota altimetrica a monte +152,30 a circa 30 mt. sotto l'ex attraversamento delle reti tecnologiche, fino alla foce con il Lago di Garda, in località Punta Valle San Giovanni, sono stati ultimati.

Pertanto, l'Amministrazione comunale, ricorrendo ora le condizioni per una rivalutazione delle fasce di rispetto Idraulico imposte dal regolamento, con determinazione n. 145 del 02/09/2011, ha conferito incarico al sottoscritto dott. Ing. Negrinelli Giuseppe, con studio in Rezzato (Bs), via Rezzola 10, per la redazione della documentazione necessaria per la riduzione della fascia di rispetto del Torrente San Giovanni, appartenete al reticolo idrico principale (allegato "A" D.G.R. 7/7868, D.G.R. 7/13950), dagli attuali metri 15 a 10 su entrambe le sponde, nel tratto all'interno del centro abitato, dalla località Mlanesa alla foce.

2. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO: RICOGNIZIONE SULLA RETE IDROGRAFICA

Nell'ambito delle attività finalizzate alla redazione del presente Studio, la prima ed essenziale fase è stata una approfondita ricognizione sul territorio oggetto di studio, al fine di comprenderne le modalità di deflusso e di poterne ipotizzare le principali criticità.

I risultati di tale ricognizione confermano quanto indicato nella:

- Relazione del progetto definitivo – esecutivo " Sistemazione della frana nella Valle del Singol in comune di Limone sul Garda – Brescia – 2003 " a firma:

- Dott. Ing. Tiziano Castellino – Pavia Innovazione srl. – (Pv),
- Dott. Ing. Giuseppe Villoresi - (Mi),
- Dott. Geol. Claudio Viola – HPC ENVIROTEC srl. - (Mi),

- Relazione Geologica e Idrologica per la " Riperimetrazione P.A.I. dei Conoidi dei Torrenti Pura, San Giovanni, Reamol Sotto e Reamol Sopra – dicembre 2002 " a firma del Dott. Geol. Michele Conti di Maderno (Bs).

Per le presenti elaborazioni, si farà riferimento direttamente a tali elaborati per quanto già disponibile ed approfondito, ed in particolare:

- Studio Dott. Michele Conti – Relazione Geologica e Idrologica :

- 6.2 Bacino e Conoide del S. Giovanni (pagg. 25 – 30),
- 7.3.2 Torrente San Giovanni (pagg. 37 -38),
- Allegato A – output di calcolo,

- Progetto Ing. Villoresi Giuseppe ed altri - Sistemazione della frana nella Valle del Singol :

- 4.3 Modello trasformazione aff – deff (pagg. 26 - 27),
- 4.4 Calcolo delle portate di deflusso (pagg. 28 – 29),
- Appendice D : lo Ietogramma Chicago (pag 61),

rimandando direttamente agli stessi per ogni ed ulteriore approfondimento

Dalla lettura degli elaborati resi disponibili dall'Amministrazione comunale di Limone sul Garda si evince che il bacino in esame presenta una area pari a circa 7.38 kmq, ha una larghezza media di circa 2 km ed una lunghezza pari a 5 Km.

Dal punto di vista altimetrico, il punto più elevato si trova intorno a quota 1400 m s.l.m., mentre la sezione di chiusura, corrisponde alla confluenza del corso d'acqua nel lago di Garda, è posta a quota 70 m s.l.m. circa.

Il corso d'acqua presenta lungo il suo percorso una pendenza che si riduce da monte verso valle, passando da circa il 20% nel primo tratto (monte), a circa il 10% prima della confluenza.

3. DESCRIZIONE DEL METODO DELLO STUDIO

La modalità di formazione delle onde di piena originate dal bacino di San Giovanni sono certamente complesse.

Il primo stadio è quello di determinare le caratteristiche degli eventi di piena attesi, in termini di portate al colmo, di durata dei deflussi e di volumi affluenti.

Stante la complessità del sistema, al fine di determinare le piene attese, si è predisposto un modello matematico che simuli gli apporti meteorici alla sezione di chiusura, individuata questa con lo sbocco in lago.

Ai fini della predisposizione del modello matematico è stato necessario reperire ed implementare una serie significativa di dati inerenti la morfologia del territorio, le caratteristiche della rete idrografica e della rete fognaria a servizio dell'area di interesse.

A tal fine si è fatto riferimento in primo luogo alle risultanze degli studi già redatti e disponibili ed ai sopralluoghi svolti in sito; ove non sia stato possibile individuare tali dati si sono formulate delle ipotesi di buon senso sul funzionamento della rete, esplicitando in ogni caso le modalità che hanno portato a formulare tali ipotesi ed i relativi contenuti.

Nello svolgimento della modellazione non si è tenuto conto dei fenomeni di laminazione indotti dagli eventi alluvionali che si verificano per effetto di una limitazione della capacità di convogliamento ed in assenza della possibilità di scarico eccedenti tale capacità.

Attraverso il modello matematico si sono potuti determinare gli idrogrammi di piena attesi alla sezione di chiusura considerata, a fronte di eventi di piena di differente durata.

4. MODALITÀ DI DEFINIZIONE DEL MODELLO DEL SISTEMA

4.1 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DEL MODELLO IDROLOGICO

4.1.1.1 Perimetrazione del bacino del T. San Giovanni

La perimetrazione dei bacini extraurbani si effettua, di norma, mediante un'analisi sul modello tridimensionale del terreno (DEM), ove il terreno è discretizzato in celle di una data dimensione e ad ogni cella è assegnata una quota altimetrica. Nello specifico si è utilizzato il DEM derivato dalla C.T.R. 1:10'000, elaborato dai competenti Uffici Cartografici della Regione Lombardia e di pubblico dominio: tale DEM ha una risoluzione di 20 m.

Per la perimetrazione dei bacini scolanti, sul DEM viene svolta un'analisi "di vicinato", o di "neighbours".

Partendo dalla griglia del DEM, è possibile definire una griglia della "direzione di scorrimento" (flow direction), ove ad ogni cella viene assegnato un valore numerico corrispondente alla cella tra le 8 che la circondano verso la quale vi è il massimo dislivello (se direzione più ripida è quella ad E, viene assegnato il numero 1, se è a SE il numero 2, a S il numero 4, e così via fino alla direzione NE, cui è assegnato il numero 128).

Dalla griglia della direzione di moto è possibile ottenere la griglia di accumulo (flow accumulation): in tale griglia ad ogni cella è assegnato come valore il numero di celle che sono collegate mediante il cammino di massima pendenza a tale cella.

La griglia di accumulo, pertanto, consente la perimetrazione del bacino scolante afferente ad una data sezione di chiusura; mediante un'ulteriore analisi della griglia del DEM e della griglia delle direzioni di

scorrimento, si è in grado per tale bacino di definire i parametri salienti, quali l'altitudine minima, massima e media o la lunghezza del percorso più lungo.

Nella fattispecie, trattandosi di elementi noti e resi disponibili dall'Amministrazione comunale, si sono assunti i valori rilevati negli studi precedenti

Bacino	Codice	Area [km ²]
San Giovanni		7.38

4.1.2 Determinazione del metodo di trasformazione afflussi – deflussi e dei relativi parametri in ingresso al codice di calcolo

Per la determinazione degli idrogrammi di piena dei sottobacini in rapporto agli ietogrammi definiti nel modello meteorologico, il codice di calcolo utilizzato propone differenti metodi di trasformazione afflussi – deflussi.

Lo scopo di tale modello è, essenzialmente, quello di consentire il calcolo delle caratteristiche più importanti delle onde di piena (in particolare la portata al colmo) a partire da precipitazioni estreme statisticamente significative.

Nel caso specifico viene utilizzato il metodo cinematico della corrivazione, che considera prevalenti nella formazione dell'onda di piena i fenomeni di traslazione rispetto a quelli di invaso ed è pertanto particolarmente indicato per bacini montani o pedemontani quali sono quelli in esame.

Il metodo di corrivazione pertanto schematizza il bacino come un insieme di canali lineari per i quali valgono le seguenti ipotesi:

- la formazione della piena è dovuta esclusivamente ad un fenomeno di trasferimento della massa liquida;
- il percorso di ogni singola goccia d'acqua, dal punto in cui essa cade alla sezione di chiusura, rimane immutato nel corso dell'evento;
- il movimento di ogni singola goccia non è influenzato dalla presenza delle altre gocce;
- la portata defluente si ottiene sommando tra loro le portate elementari provenienti dalle varie aree del bacino, che si presentano allo stesso istante alla sezione di chiusura.

Nell'applicazione del metodo della corrivazione si è operato nel medesimo modo per i bacini urbani e quelli extraurbani, implementando nel codice di calcolo direttamente l'idrogramma unitario istantaneo del bacino (IUH), che rappresenta la risposta del bacino ad una pioggia unitaria, con lo ietogramma relativo alla pioggia considerata.

L'idrogramma di piena al variare del tempo t dell'evento meteorico considerato viene poi calcolato dal codice di calcolo attraverso l'integrazione dell'idrogramma unitario istantaneo secondo la classica relazione dell'integrale di convoluzione:

$$q(t) = \int_0^t u(t - \tau) \cdot i(\tau) \cdot d\tau$$

ove:

- q è la portata di deflusso;
- $i(t)$ è la intensità di pioggia netta;
- $u(t)$ è l'idrogramma unitario istantaneo.

L'idrogramma unitario istantaneo è una funzione particolare che assume espressioni diverse a seconda

del metodo di trasformazione adottato.

Nel caso specifico viene utilizzato come si è detto il metodo cinematico della corrivazione; con le ipotesi sopracitate, l'idrogramma unitario istantaneo assume la seguente forma:

$$u(t) = \frac{1}{A} \cdot \frac{dA(t)}{dt} \quad \text{per } t \leq T_c$$

ove A è l'area del bacino e T_c è il tempo di corrivazione del bacino, definito come il tempo necessario ad una particella d'acqua per raggiungere la sezione di chiusura del bacino lungo il percorso idraulicamente più lungo. In base alle ipotesi sopra definite, si ammette che tale tempo sia una costante caratteristica del bacino sotteso alla sezione considerata, indipendente dall'evento meteorico e dalle diverse condizioni stagionali della superficie del bacino stesso.

Per la determinazione dell'IUH in base alla metodologia sopra citata, occorre pertanto determinare:

- il tempo di corrivazione del bacino;
- la curva "aree-tempi" $A(t)$ del bacino, che rappresenta le aree A del bacino comprese tra la sezione di chiusura e la linea isocorriva relativa al generico tempo t di corrivazione, vale a dire la linea che unisce i punti del bacino che si trovano distanti temporalmente dalla sezione di chiusura di un medesimo valore t del tempo di corrivazione.

Va da sé che se la curva aree – tempi assume una forma semplice (ad esempio di tipo lineare), la forma stessa dell'IUH si semplifica.

Per i bacini extraurbani si è proceduto al calcolo del tempo di corrivazione, della curva area – tempi e in conclusione dell'IUH direttamente dalla morfologia del bacino, in base alle informazioni cartografiche disponibili.

Il tempo di corrivazione del bacino viene stimato attraverso i suoi parametri geometrici mediante l'utilizzo della classica formula di Giandotti:

$$T_c = \frac{4 \cdot A^{0.5} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot H_m}$$

ove: T_c è il tempo di corrivazione in minuti;

A è l'area del bacino in Km^2 ;

L è la lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua in Km;

H_m è l'altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura.

Accanto alla stima del tempo di corrivazione come derivante dall'applicazione della formula di Giandotti nella sua rappresentazione classica, si è valutato anche la stima risultante in base all'applicazione di una formula modificata come proposta dai tecnici del Dipartimento di Ambiente e Territorio dell'Università di Brescia, ovvero, con le medesime notazioni sopra citate:

$$T_c = \frac{3.3 \cdot A^{0.5} + 3.2 \cdot L}{H_m}$$

La tabella seguente illustra i risultati ottenuti.

Denominazione	Superficie bacino km ²	Lunghezza asta principale km	Altezza massima del bacino m.s.m.	Altezza minima del bacino m.s.m.	Altezza media del bacino m.s.m.	Altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura m.s.m.	Tempo di corrivazione del bacino secondo Giandotti minuti	Tempo di corrivazione del bacino secondo Giandotti modificato Bacchi minuti
T. San Giovanni	7.8500	4.5	1400.00	70.00		600.00	54.98	57.92

Per la curva area - tempi , si è invece adottata l'ipotesi semplificativa di una corrispondenza lineare .

4.1.3 Determinazione dei parametri del modello di infiltrazione

Il codice di calcolo utilizzato consente l'utilizzo di differenti procedure di calcolo per la simulazione dei fenomeni di infiltrazione.

Nel caso specifico si è fatto riferimento al metodo "Curve Number" del Soil Conservation Service del governo degli Stati Uniti d'America.

Il metodo si basa sull'utilizzo della seguente equazione:

$$Q(t) = \frac{[P(t) - I_a]^2}{P(t) - I_a + S}$$

in cui:

- $Q(t)$ [mm] è l'altezza di deflusso all'istante t ;
- $P(t)$ [mm] è l'altezza di pioggia precipitata fino al medesimo istante;
- I_a [mm] è definito Initial Abstraction o depurazione iniziale e rappresenta la parte della precipitazione che va ad invasarsi nelle depressioni superficiali o si infiltra senza dare origine al deflusso. Il S.C.S. propone di utilizzare per la stima di tale parametro il valore $I_a = 0.2 \cdot S$;
- S [mm] è l'altezza d'acqua immagazzinabile nel terreno a saturazione.

La determinazione di S viene effettuata sulla base della seguente relazione:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

che riconduce la sua determinazione a quella del parametro CN (Curve Number), compreso tra 0 (massima infiltrazione, nessun deflusso) e 100 (terreno impermeabile, nessuna infiltrazione).

In sintesi il Metodo Curve Number modella il fenomeno di infiltrazione come un progressivo imbibimento del terreno: all'inizio dell'evento meteorico il terreno ha maggiore capacità di infiltrazione; man mano che aumenta la quantità di acqua infiltrata nel terreno, le capacità di assorbimento di questo diminuiscono fino a tendere ad un valore limite.

Il coefficiente CN è funzione della tipologia del terreno, dell'uso del suolo e delle condizioni di umidità del terreno agli inizi del terreno (o AMC, Antecedent Moisture Condition)

Di norma il coefficiente CN viene determinato come media ponderale sulla superficie dei valori elementari attribuiti all'uso dei suoli.

Per i seguenti utilizzi vengono di seguito riportati il valore risultante del coefficiente CN ed I_a desunti dagli studi in precedenza effettuati (Ing. Villosi), disponibili e forniti direttamente dall'Amministrazione comunale.

Bacino	Area [ha]	CN [-]	I_a [mm]
T. San Giovanni	738	70	1

4.2 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DEL MODELLO METEOROLOGICO

I parametri del modello meteorologico concernono la definizione degli eventi meteorici di riferimento ai fini della definizione degli idrogrammi di piena.

Ai fini del presente Studio si è fatto riferimento a ietogrammi di tipo "sintetico" costruiti dalla curva di possibilità pluviometrica corrispondente ad un dato tempo di ritorno T.

Le curve di possibilità pluviometriche (CPC) vengono matematicamente rappresentate mediante funzioni esponenziali che assumono solitamente l'espressione:

$$h = a \cdot t^n$$

dove h [mm] è l'altezza d'acqua corrispondente all'evento di durata t [ore], a [mm·h-n] ed n [-] sono due parametri dipendenti dalle caratteristiche meteoriche della zona e dal valore del tempo di ritorno T, che rappresenta il numero di anni in cui mediamente l'altezza h viene eguagliata o superata una sola volta.

Il valore dei parametri a ed n è in generale il risultato di elaborazioni statistiche effettuate a partire da registrazioni delle piogge disponibili presso le stazioni pluviometriche posizionate nel bacino di interesse o nelle sue immediate vicinanze.

I valori di a ed n ottenuti in corrispondenza di una stazione pluviometrica possono essere utilizzati direttamente solo nel caso che il bacino di interesse abbia un'estensione limitata e sia circostante alla stazione. In tutti gli altri casi è necessario svolgere operazioni di ragguglio all'area sui valori puntuali ottenuti in corrispondenza delle stazioni pluviometriche, sia per tener conto del fatto che è improbabile che su un bacino di una certa estensione si abbia una precipitazione uniforme su tutta l'area, sia per ottenere, in base ai valori puntuali nelle stazioni per i parametri a ed n, i valori sui bacini posti tra due o più stazioni.

Nello specifico, ai fini della determinazione dei parametri della C.P.C. relativa al bacino di interesse, si è fatto riferimento ai risultati dell'operazione di ragguglio all'area riportata all'interno della Direttiva delle NTA del PAI "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica", reperibili on-line sul sito dell'Autorità di Bacino del Fiume Po (www.adbpo.it), ove l'intero territorio compreso all'interno del bacino del Fiume Po (dunque comprendente anche l'area di Limone sul Garda), è stato suddiviso in celle quadrate di 2 km di lato, ciascuna caratterizzata da specifiche coppie di parametri (a, n) per ciascun tempo di ritorno considerato, in un range compreso fra 10 e 500 anni.

I parametri relativi al bacino di interesse sono stati ricavati mediante una pesatura sull'area del bacino dei parametri regionalizzati e interessanti il bacino in esame (si veda tabella).

Foce S. Giovanni		CPC 10 anni		CPC 20 anni		CPC 50 anni		CPC 100 anni		CPC 200 anni		CPC 500 anni	
Progressiv	Cella	A	N	A	N	A	N	A	N	A	N	A	N
21570	FN63	33.42510	0.30647	38.26170	0.30335	44.44800	0.29624	49.12120	0.29240	53.78060	0.28879	59.94260	0.28484

Definizione dei parametri della C.P.C. di interesse per l'area in esame come media ponderale delle curve regionalizzate dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Si sono presi in esame eventi con tempo di ritorno di 50 – 100 – 200 - 500 anni.

Gli ietogrammi sintetici utilizzati sono del tipo:

- Chicago di durata pari a 2 ore con parametro r pari a 0.5 (corrispondente ad uno istogramma

simmetrico rispetto al picco)

- costante, di durata compresa tra 60' e 90': 60', 120', 180'.

La scelta di utilizzare ietogrammi di differente durata è legata alla necessità di individuare l'evento in grado di generare il massimo idrogramma di piena: data la complessità del sistema, oltre che la tipologia del modello di infiltrazione utilizzato (con capacità di infiltrazione decrescente nel tempo), non è infatti definibile a priori quale sia la durata critica della pioggia di progetto.

5. RISULTATI DELL'ANALISI IDROLOGICA

5.1 IDROGRAMMI DI PIENA DEL T. SAN GIOVANNI

Quando le aree d'interesse sono di estensione non rilevante (> di qualche Km^2), la loro dimensione risulta confrontabile con quelle delle celle temporalesche o con gli aggregati di celle; per tali bacini è possibile considerare l'intensità dell'evento praticamente costante uniformemente distribuita. Pertanto, per piccoli bacini e brevi durate, come nel caso in esame, è possibile considerare ietogrammi di pioggia lorda ad intensità costante.

E' abbastanza evidente che difficilmente potremo osservare una pioggia che per tutta la sua durata si mantiene ad intensità costante. E' però altrettanto vero che tale ipotesi di base, sufficientemente semplice, consente di schematizzare il fenomeno mediante modelli matematici speditivi.

Nelle elaborazioni condotte per la stima degli idrogrammi di piena si è assunta una pioggia ad intensità costante per tutte le durate e ragguagliata all'intera area di interesse.

Per quanto concerne la forma degli ietogrammi utilizzati per le simulazioni, si è di seguito fatto riferimento a ietogrammi costanti di differente durata, pari a 10', 20', 30', 45', 60', 90', 120', 150', 180'.

Noto che sia lo ietogramma di pioggia lorda è necessario effettuare l'opportuna depurazione dalle perdite per ottenere il cosiddetto ietogramma di pioggia netta.

Come già abbiamo avuto modo di illustrare, per la depurazione delle piogge, si utilizza il metodo del Curve Number del Soil Conservation Service americano, con un Ia (perdita iniziale) pari al 1.

A questo punto, note le piogge nette, la costruzione degli idrogrammi di piena viene effettuata tramite un modello matematico in grado di trasformare le piogge nette in portata alla sezione di chiusura del bacino, di norma rappresentato da un'opportuna funzione F, detta funzione di trasferimento, a cui vengono assegnate le proprietà di linearità e stazionarietà, in relazione alle quali la q (t) equivale alla risoluzione dell'integrale di convoluzione.

5.2 TRASFORMAZIONE AFFLUSSI – DEFLUSSI _ IETOGRAMMA COSTANTE

Ai fini della determinazione degli idrogrammi di piena, come già detto, sono stati considerati vari ietogrammi, di tipo costante, con durate comprese tra 60 e 180 minuti, con lo scopo di individuare l'evento che generi l'onda di piena con la massima portata al colmo, oltre che i volumi da essa generati.

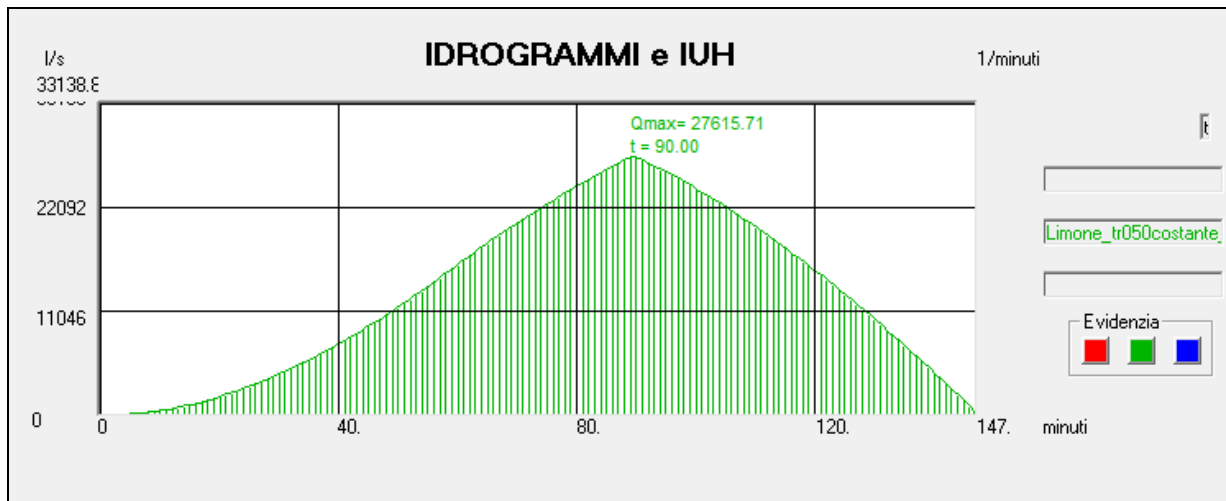
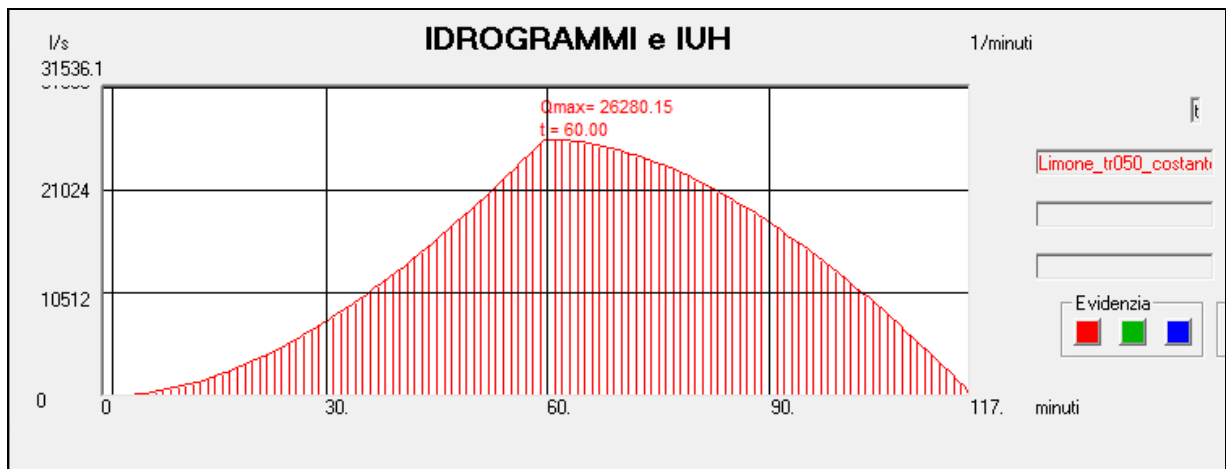
I principali risultati dell'analisi idrologica svolta sul bacino studiato sono riportati in tabella, ove, per ciascun evento considerato, sono riportati la portata al colmo e il volume complessivo dell'idrogramma di piena.

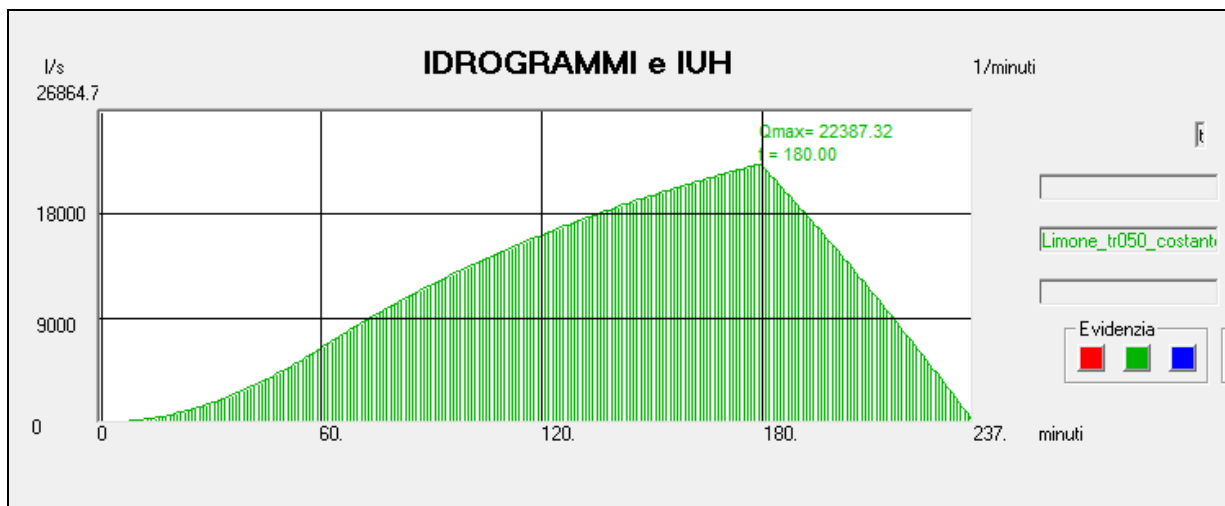
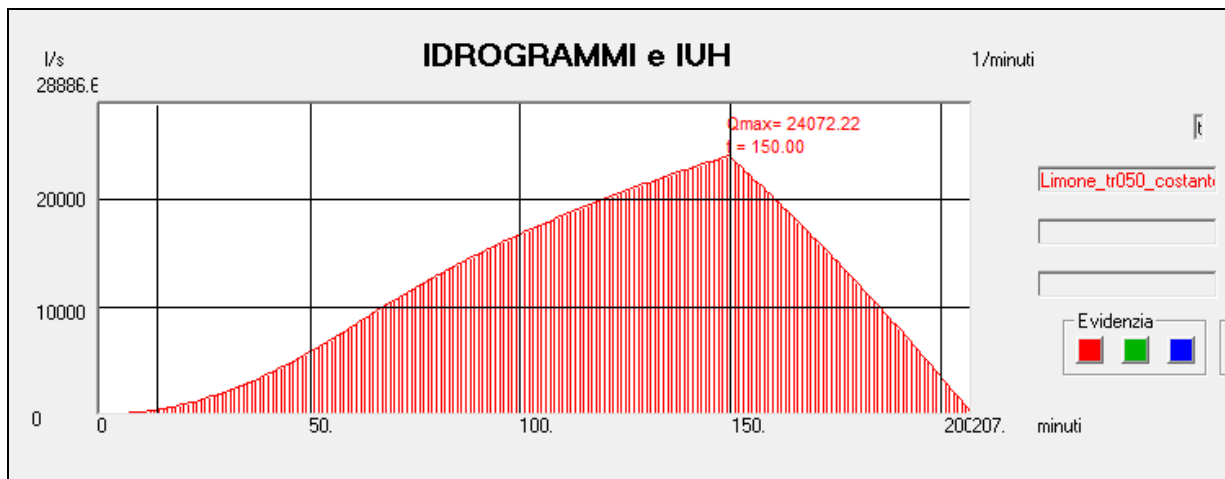
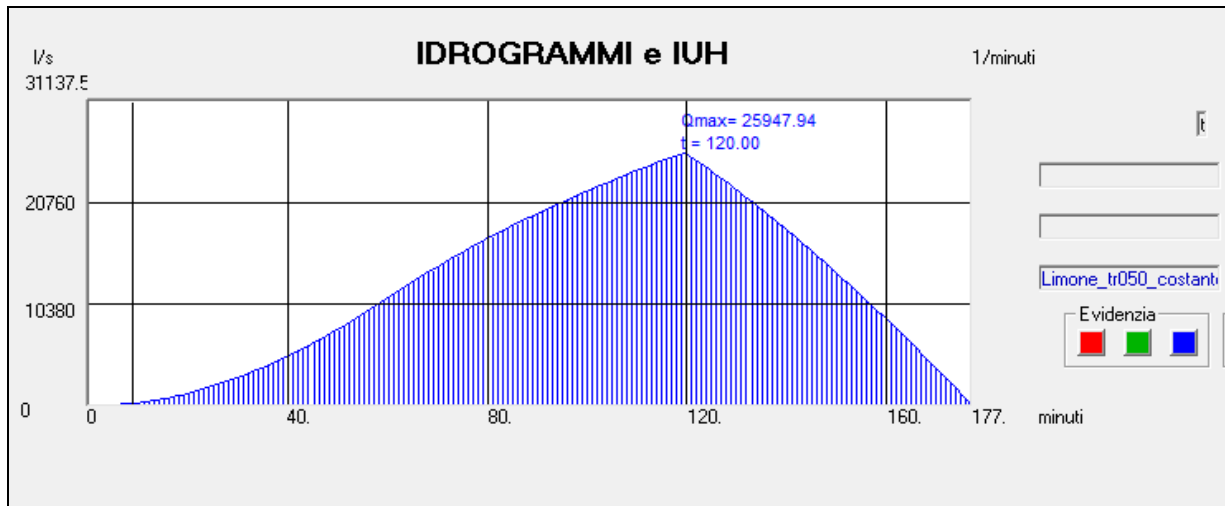
Tempo di ritorno dell'evento $T_r = 50$

Qmax (tr = 50 anni)	=	27.62	m^3/s
T critico evento	=	90'	minuti
U (coeff. Udometrico)	=	37.42	$l/(s*ha)$

Bacino	T. San Giovanni		Tr = 50		Comune di Limone (Bs)			
Passo di calcolo	1.00	minuti		58.00	minuti			
Area	738.000	ha						
CN	70.00	-						
Tempo	Portate [m ³ /s]							
[minuti]	15'	20'	30'	60'	90'	120'	150'	180'
Massimo	0.00	0.00	0.00	26.28	27.62	25.95	24.07	22.39
u [l/(s*ha)]	0.00	0.00	0.00	35.61	37.42	35.16	32.62	30.34

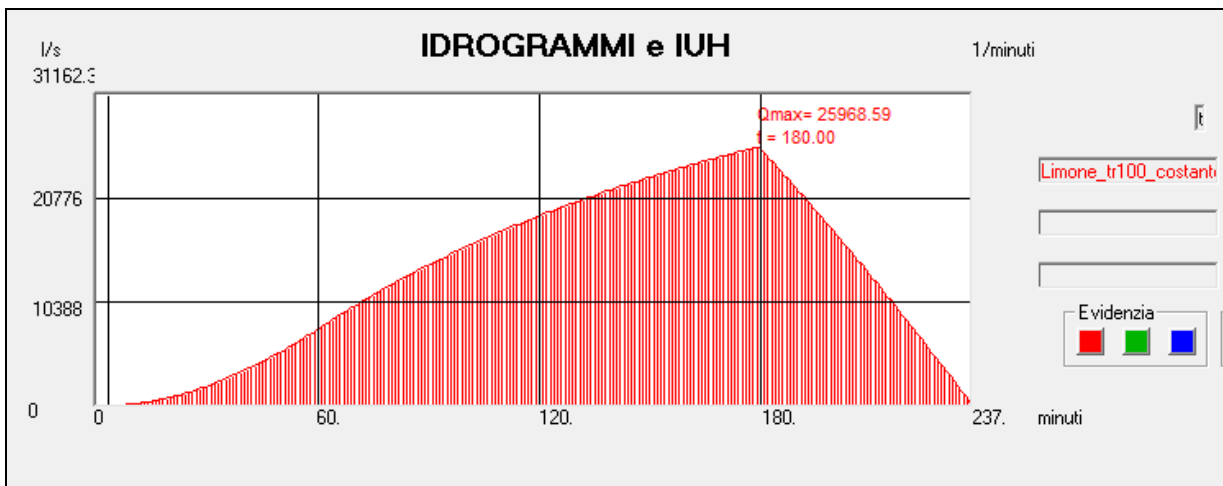
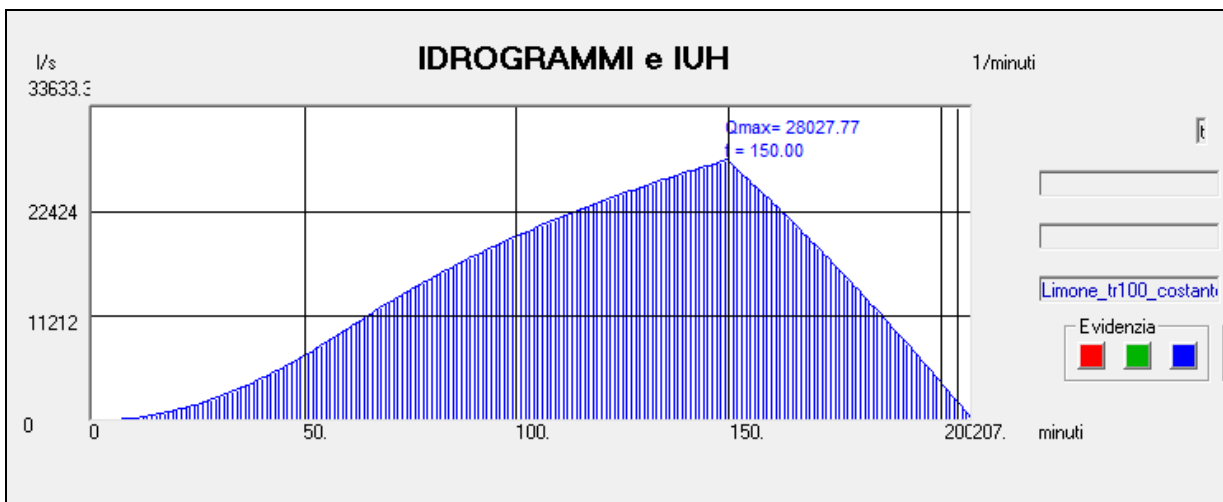
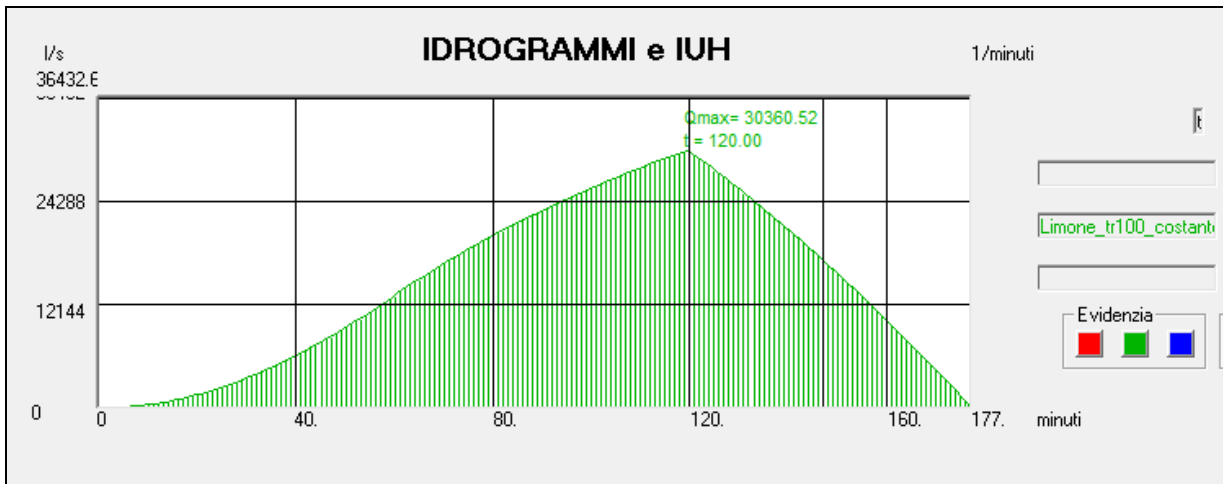
Volumi [m ³]				
60'	90'	120'	150'	180'
91470.58	112754.23	130427.56	145869.18	159697.14





Tempo di ritorno dell'evento $T_r = 100$

Q_{max} ($t_r = 100$ anni)	=	32.54	m^3/s
T critico evento	=	90'	minuti
U (coeff. Udometrico)	=	44.09	$l/(s*ha)$

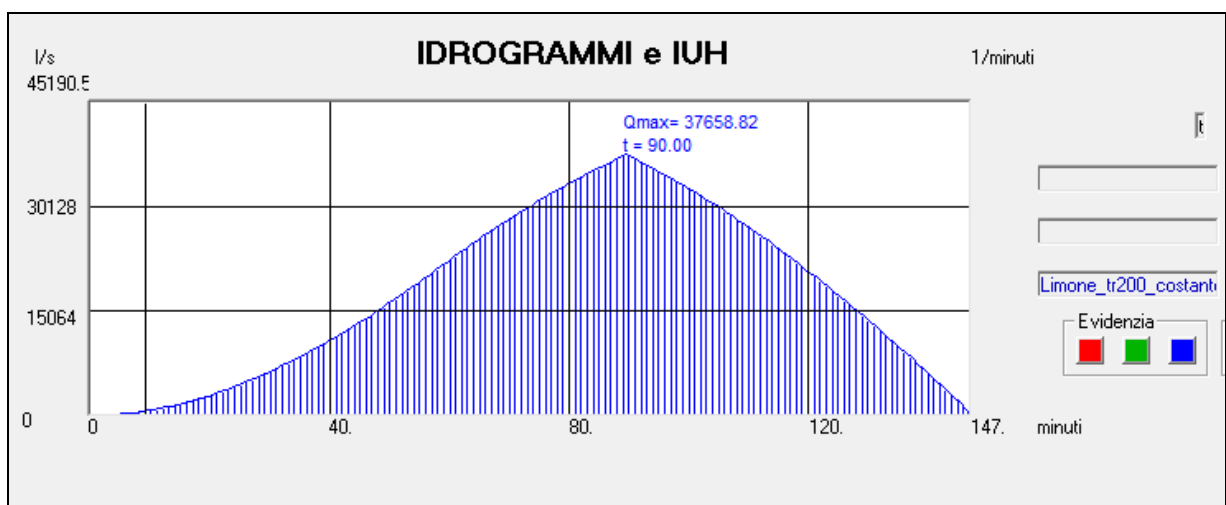
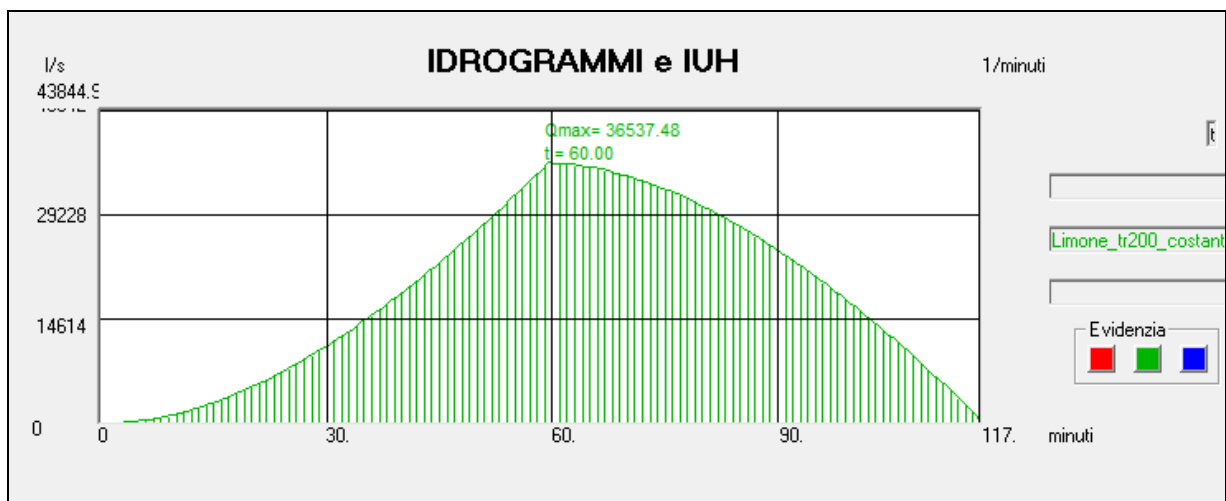


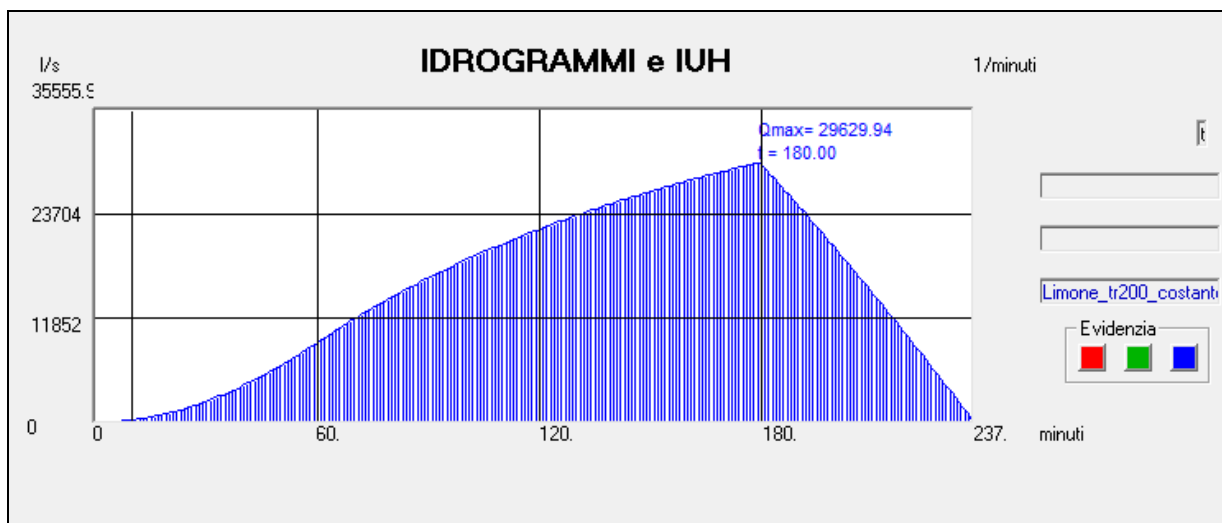
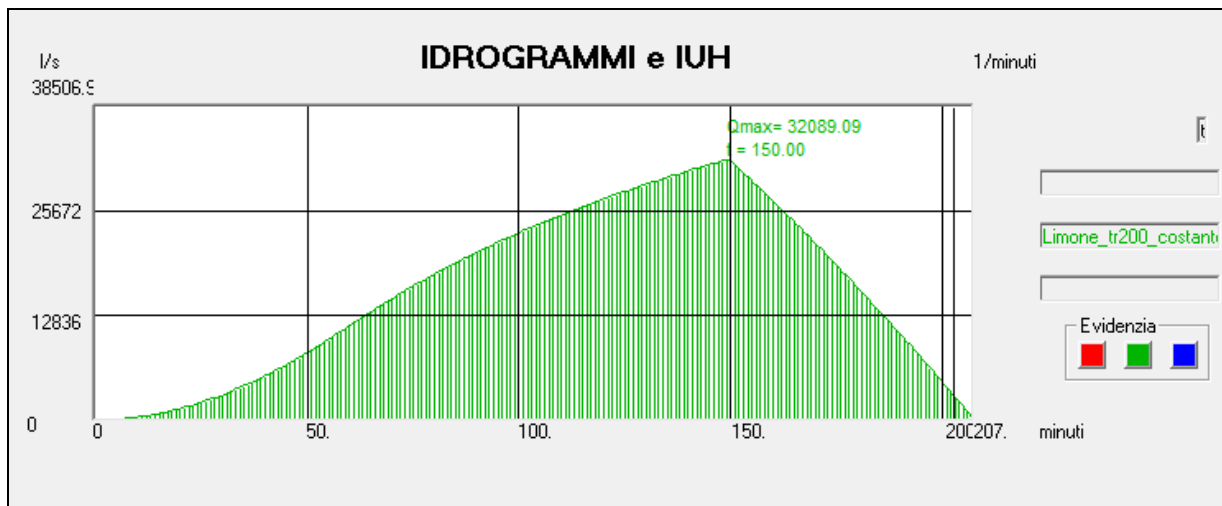
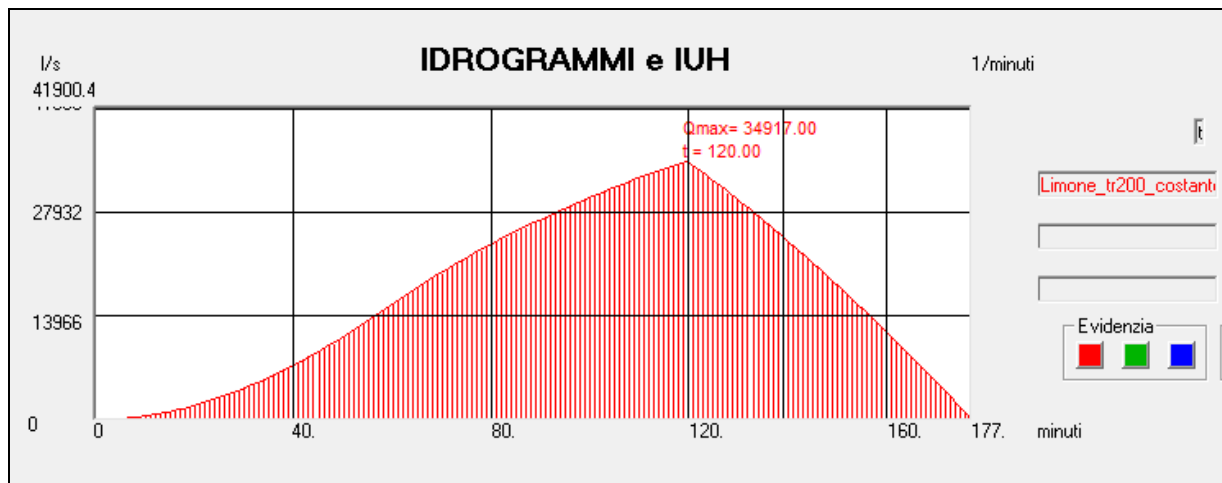
Tempo di ritorno dell'evento $T_r = 200$

Q_{max} ($tr = 200$ anni)	=	37.66	m^3/s
T critico evento	=	90'	minuti
U (coeff. Udometrico)	=	49.51	$l/(s*ha)$

Bacino	T. San giovanni		Tr = 200		Comune di Limone (Bs)				
Passo di calcolo	1.00	minuti		58.00	minuti				
Area	738.000	ha							
CN	70.00	-							
	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00
Tempo	Portate [m³/s]								
[minuti]	15'	20'	30'	60'	90'	120'	150'	180'	240.00
Massimo	0.00	0.00	0.00	36.54	37.66	34.92	32.09	29.63	0.00
u [l/(s*ha)]	0.00	0.00	0.00	49.51	51.03	47.31	43.48	40.15	0.00

Volumi [m³]				
60'	90'	120'	150'	180'
127192.72	155072.57	177997.44	197886.89	215598.45





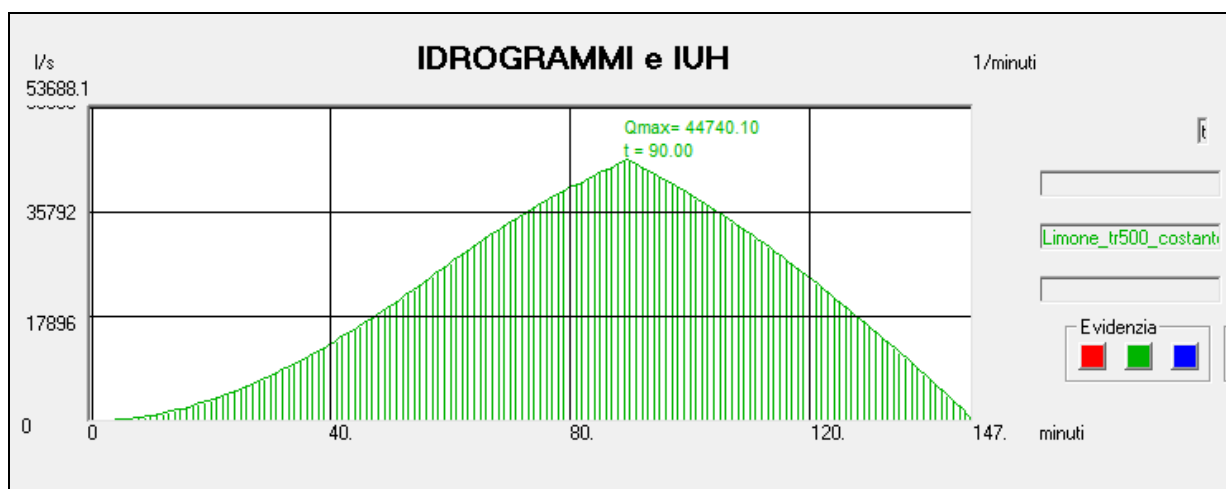
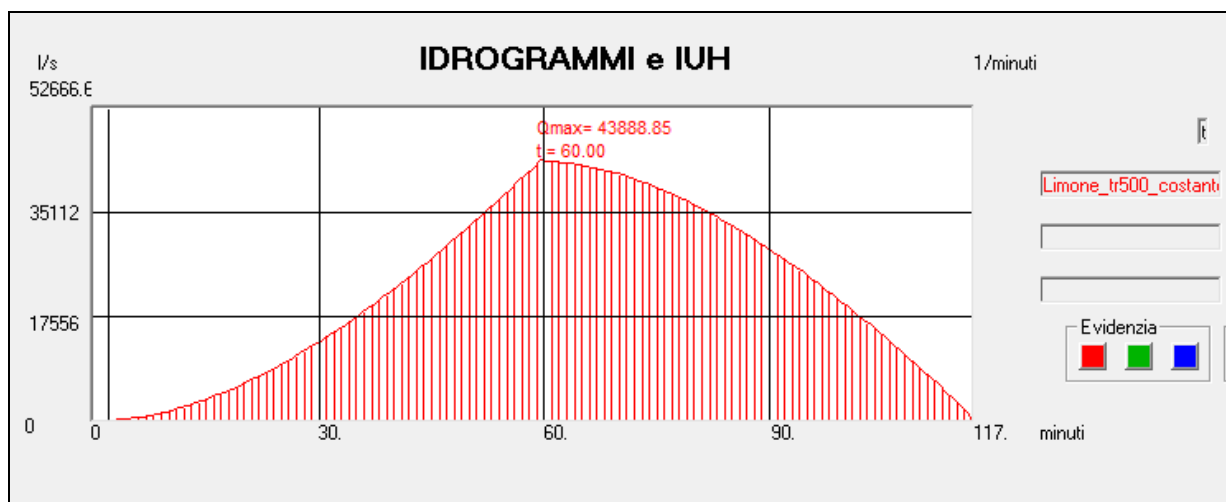
Tempo di ritorno dell'evento $Tr = 500$

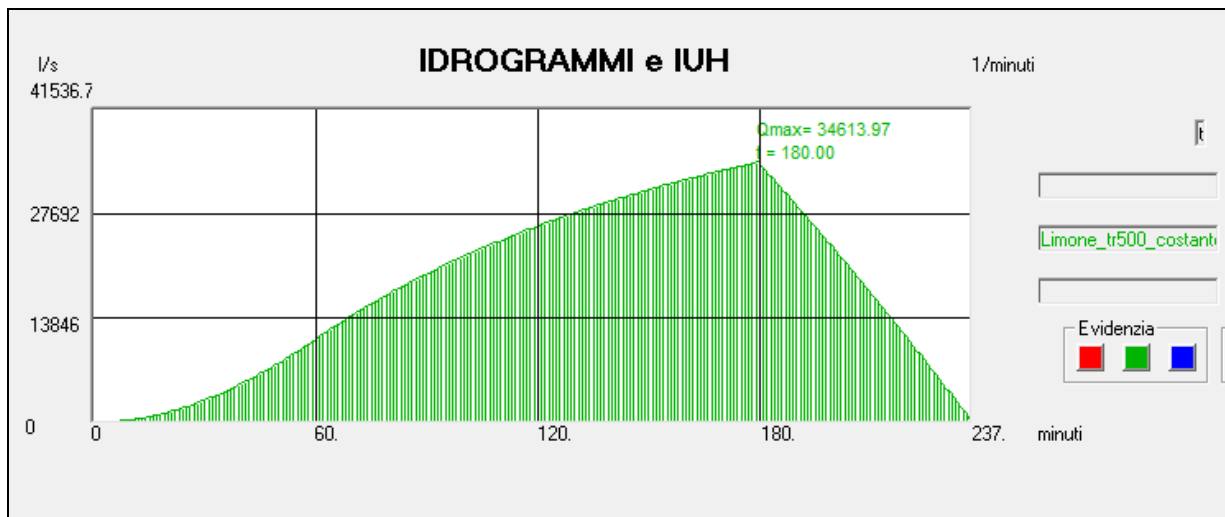
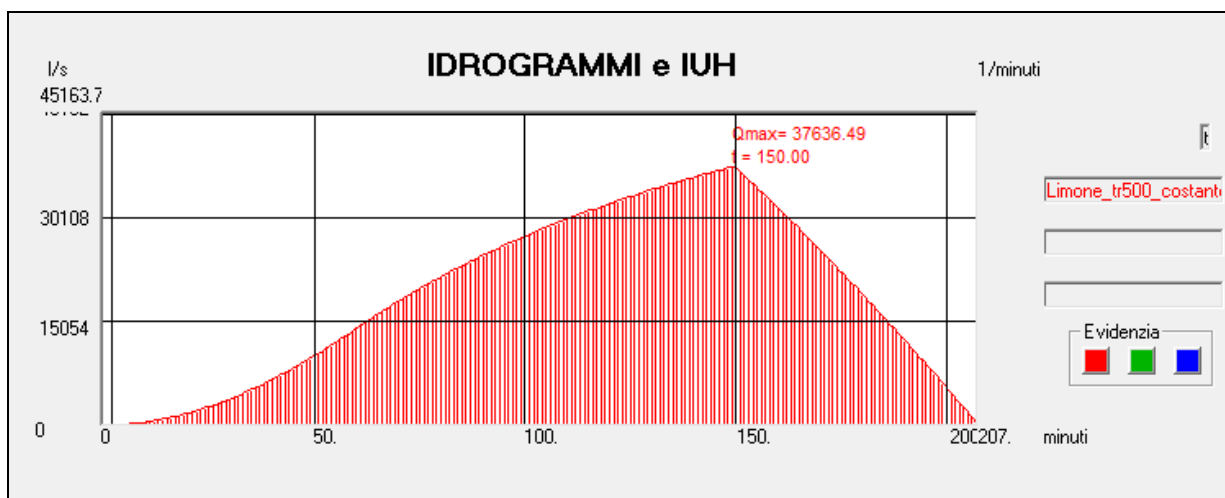
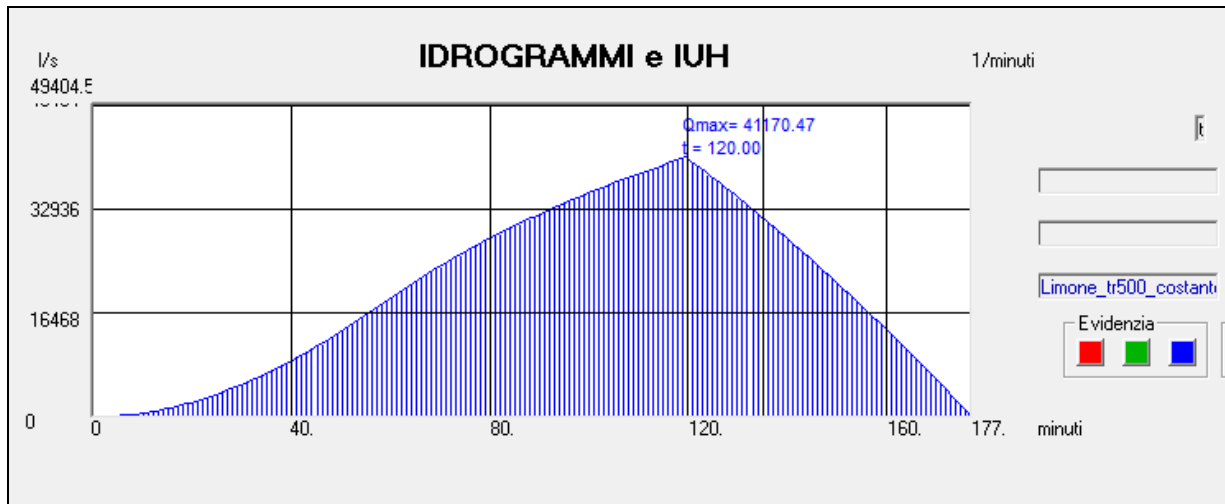
$$Q_{max} (tr = 500 \text{ anni}) = 44.74 \text{ m}^3/\text{s}$$

T critico evento = 90' minuti
 U (coeff. Udometrico) = 60.62 l/(s*ha)

Bacino	T. San giovanni		Tr = 500		Comune di Limone (Bs)				
Passo di calcolo	1.00	minuti	58.00		minuti				
Area	738.000		ha						
CN	70.00		-						
	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00
Tempo	Portate [m³/s]								
[minuti]	15'	20'	30'	60'	90'	120'	150'	180'	240.00
Massimo	0.00	0.00	0.00	43.89	44.74	41.17	37.64	34.61	0.00
u [l/(s*ha)]	0.00	0.00	0.00	59.47	60.62	55.79	51.00	46.90	0.00

Volumi [m³]				
60'	90'	120'	150'	180'
152800.12	185179.08	211661.81	234550.44	254871.13





5.3 TRASFORMAZIONE AFFLUSSI – DEFLUSSI _ IETOGRAMMA CHIGACO

Con *ietogramma sintetico* si intende un evento pluviometrico generato sinteticamente con l'obiettivo di pervenire ad un corretto dimensionamento o alla verifica di uno o più componenti di una rete di drenaggio (ad esempio canalizzazioni, vasche volano, ecc.). Esso viene normalmente dedotto, come già illustrato, con analisi statistiche, più o meno complesse, sulla base di informazioni pluviografiche regionalizzate.

Lo ietogramma costante , sicuramente il più diffuso, è dedotto dalle curve di possibilità pluviometrica sotto l'ipotesi che l'andamento temporale dell'intensità di pioggia sia costante in tutta la durata dell'evento.

Tali ipotesi semplificativa, richiede, come fatto precedentemente, che in fase progettuale normalmente si conducono vari tentativi con durate differenti fino ad individuare quella che dà luogo al massimo valore della grandezza di interesse (portata al colmo per il dimensionamento dei condotti, volume da immagazzinare per il dimensionamento di vasche volano, ecc.): tale durata prende il nome di "durata critica". In linea del tutto generale all'aumentare delle dimensioni del bacino aumenta la durata critica dell'evento da considerarsi.

Poiché per la deduzione dello ietogramma costante ci si avvale delle curve di possibilità pluviometrica, esso risente delle ipotesi che sono alla base della loro definizione. In particolare, è stato messo in evidenza da Arnell [1982] che:

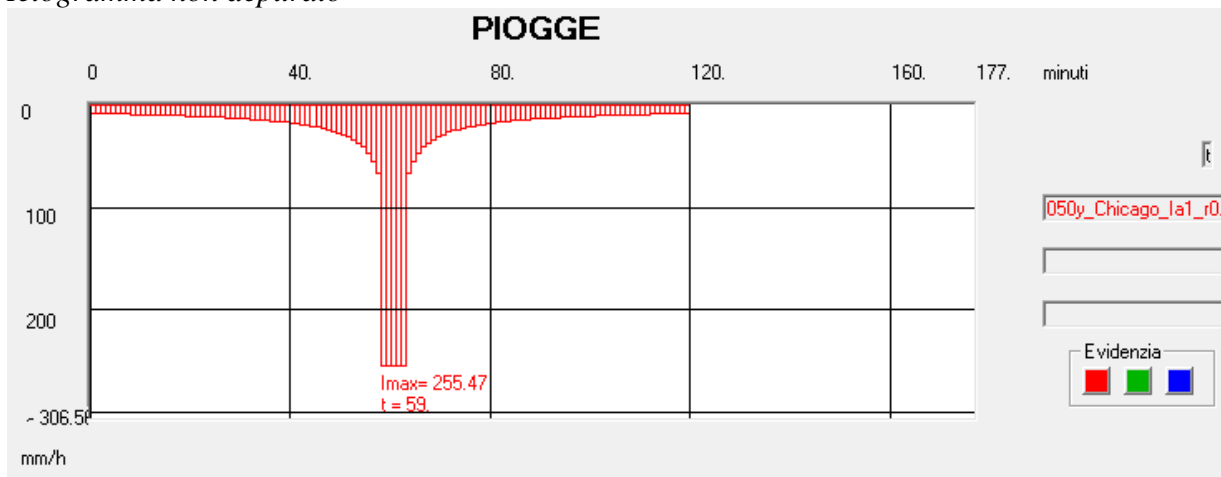
- il volume complessivo dell'evento risulta generalmente sottostimato rispetto agli eventi reali, ed in maggior misura per le durate più brevi;
- l'intensità costante è inferiore all'intensità di picco degli eventi reali.

Queste due sottostime, del volume complessivo e delle intensità di picco, possono influire più o meno significativamente sui risultati delle elaborazioni e, in cascata, sul dimensionamento delle varie parti della rete. Per ovviare a quanto sopra è stato concepito lo ietogramma Chicago, sviluppato da Keifer e Chu nel 1957 con riferimento alla fognatura di Chicago, la cui principale caratteristica consiste nel fatto che per ogni durata minore o uguale a quella totale dell'evento considerato, l'intensità media della precipitazione dedotta dal suddetto ietogramma è congruente con la curva di possibilità pluviometrica. In particolare lo Ietogramma Chicago presenta il vantaggio di essere poco sensibile alla variazione della durata di base θ . Infatti la parte centrale dello ietogramma rimane la stessa per durate progressivamente maggiori dal momento che si allungano solo le due code all'inizio ed alla fine dell'evento. Perciò, pur essendo dedotto dalle curve di possibilità pluviometrica, se la durata complessiva è sufficientemente lunga, tale ietogramma non risente se non in minima parte della sottostima dei volumi insita nel procedimento di definizione delle curve stesse.

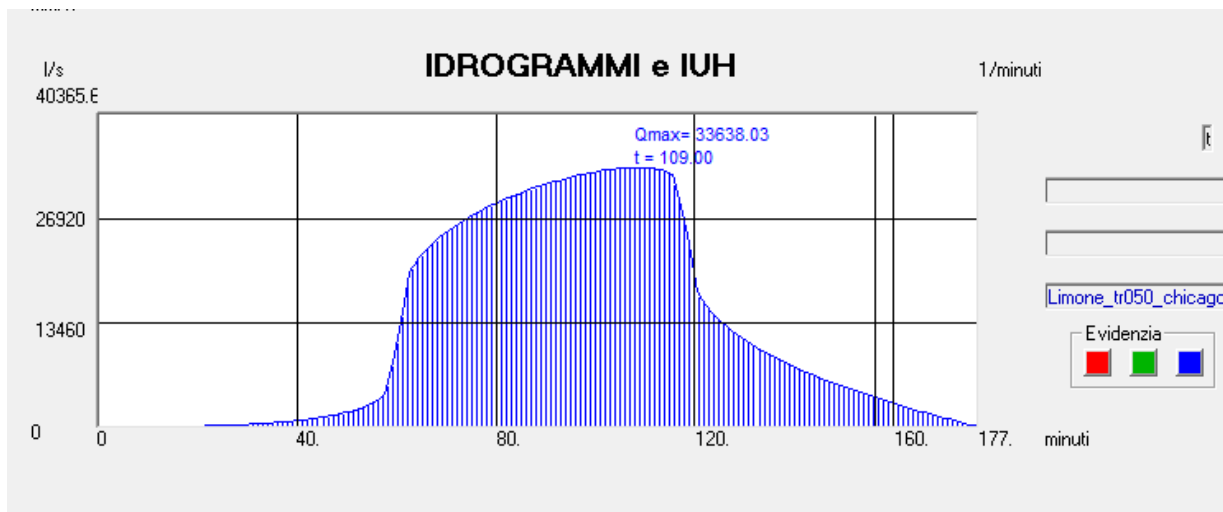
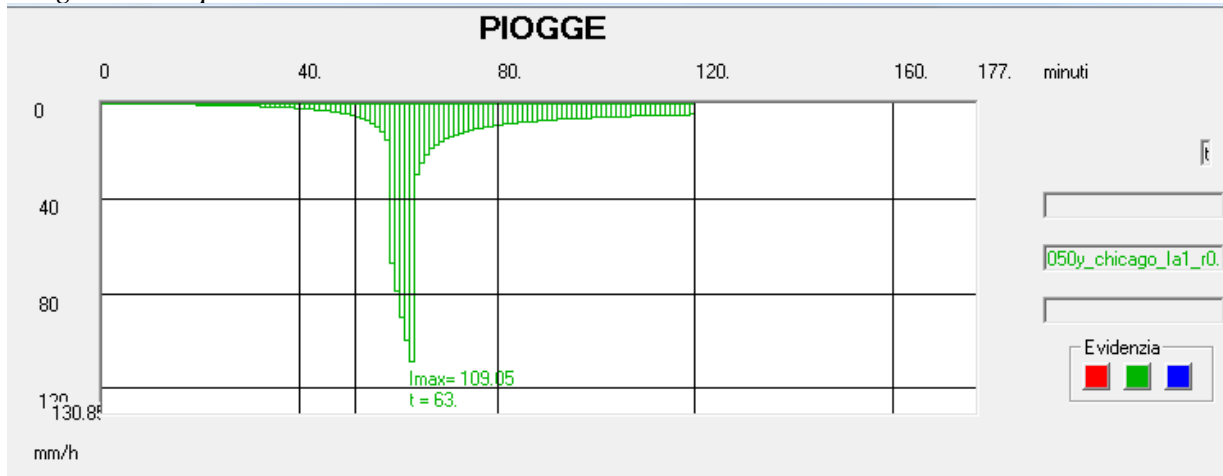
Tempo di ritorno dell'evento $T_r = 50$

T pioggia	=	120'	minuti
R (posizione del picco)	=	0.5	
Qmax ($t_r = 50$ anni)	=	33.64	m^3/s
U (coeff. Udometrico)	=	45.58	$l/(s*ha)$
Volume	=	130427	m^3

Ietogramma non depurato



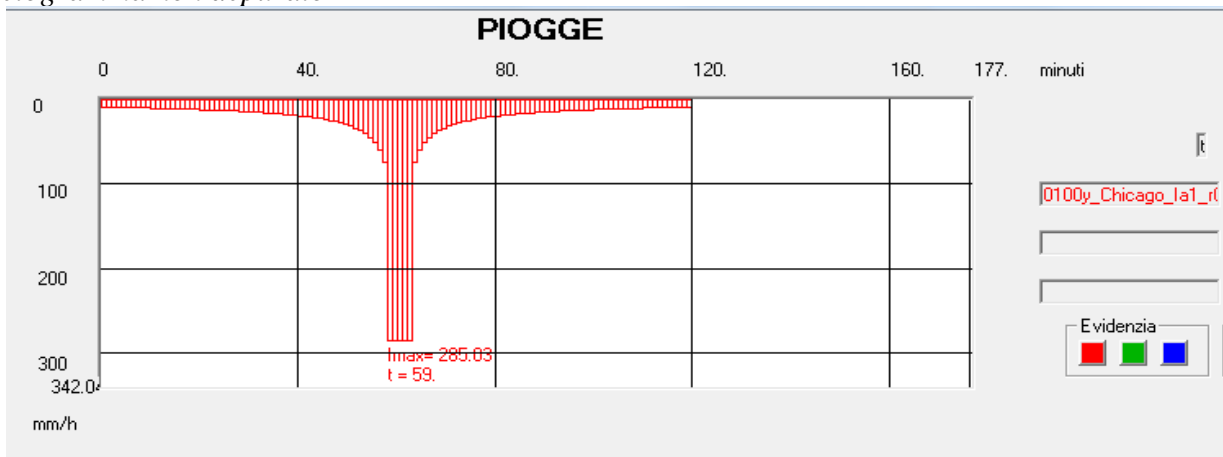
Ietogramma depurato



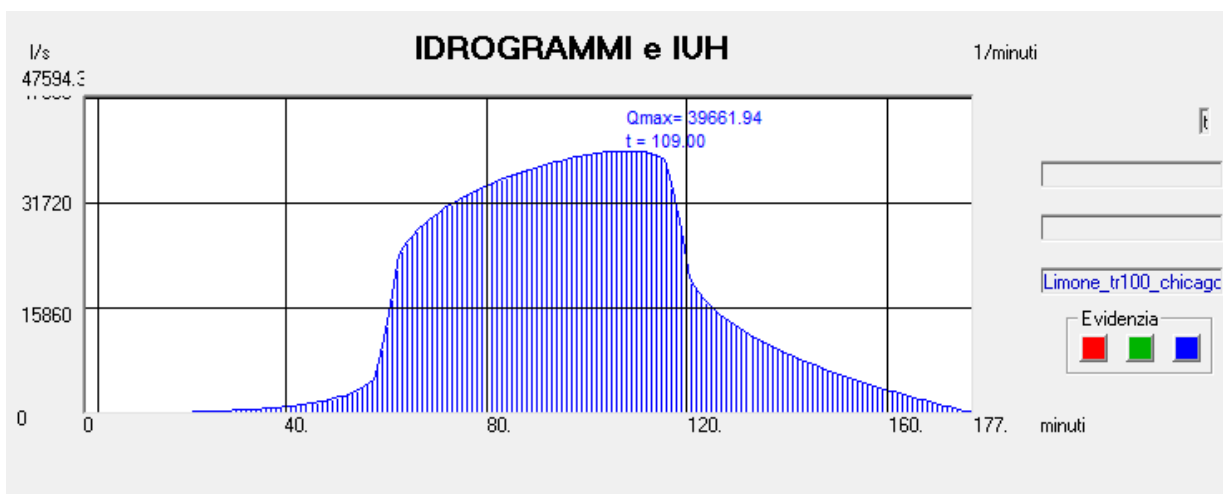
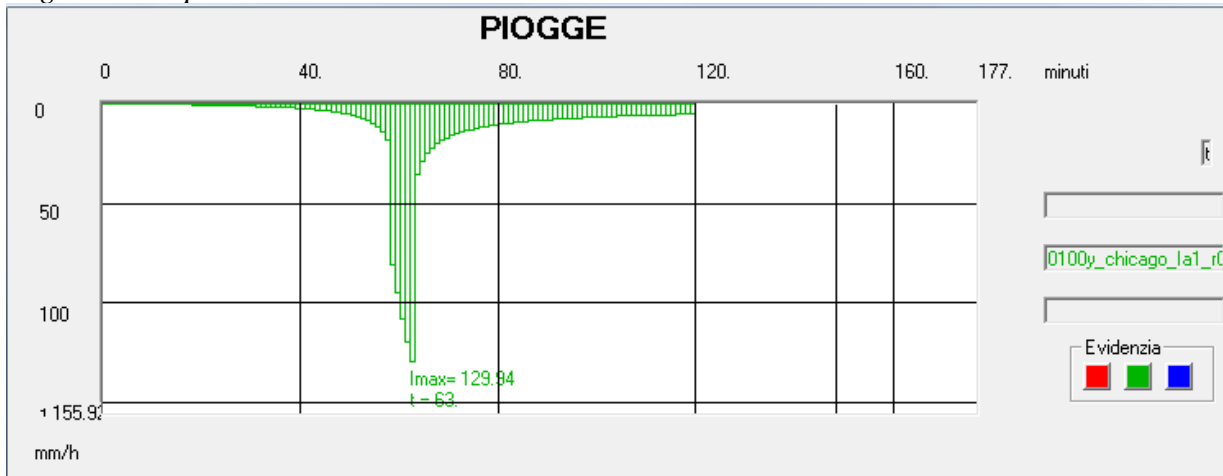
Tempo di ritorno dell'evento $T_r = 100$

T pioggia	=	120'	minuti
R (posizione del picco)	=	0.5	
Qmax (tr = 100 anni)	=	39.66	m ³ /s
U (coeff. Udometrico)	=	53.74	l/(s*ha)
Volume	=	153719	m ³

Ietogramma non depurato



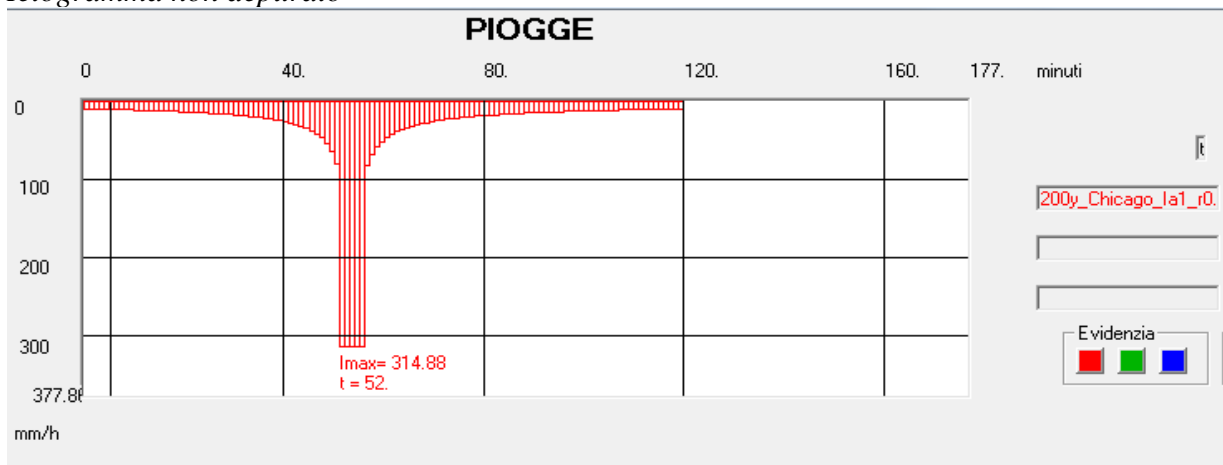
Ietogramma depurato



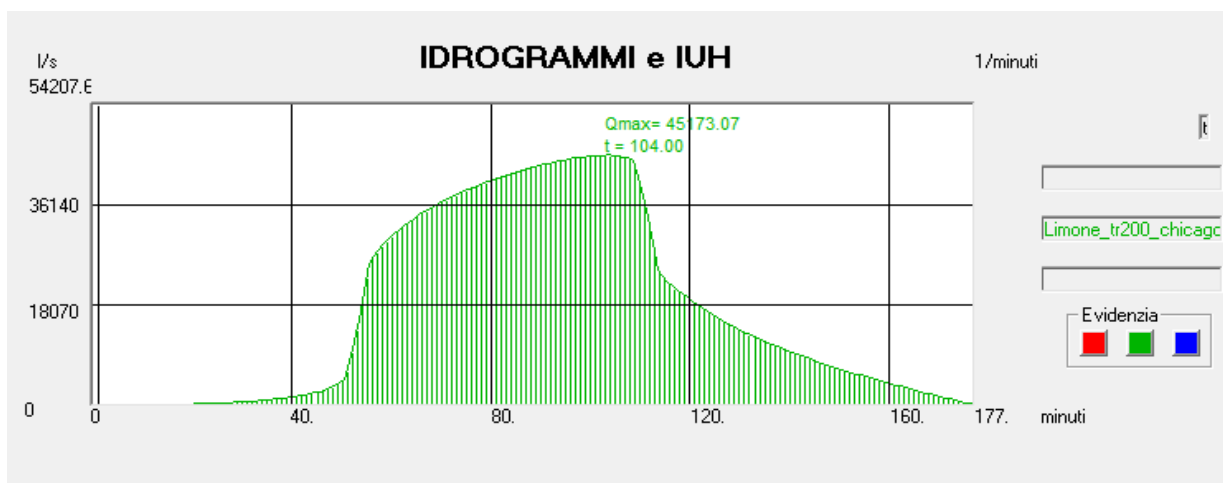
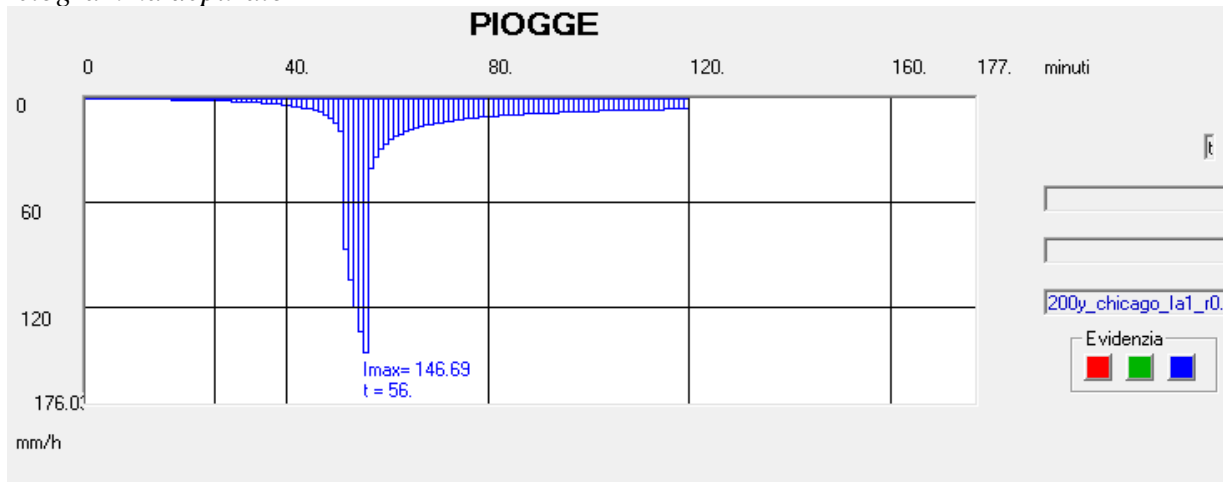
Tempo di ritorno dell'evento $T_r = 200$

T pioggia	=	120'	minuti
R (posizione del picco)	=	0.44	
Q_{max} ($tr = 200$ anni)	=	45.17	m^3/s
U (coeff. Udometrico)	=	61.21	$l/(s*ha)$
Volume	=	177997	m^3

Ietogramma non depurato



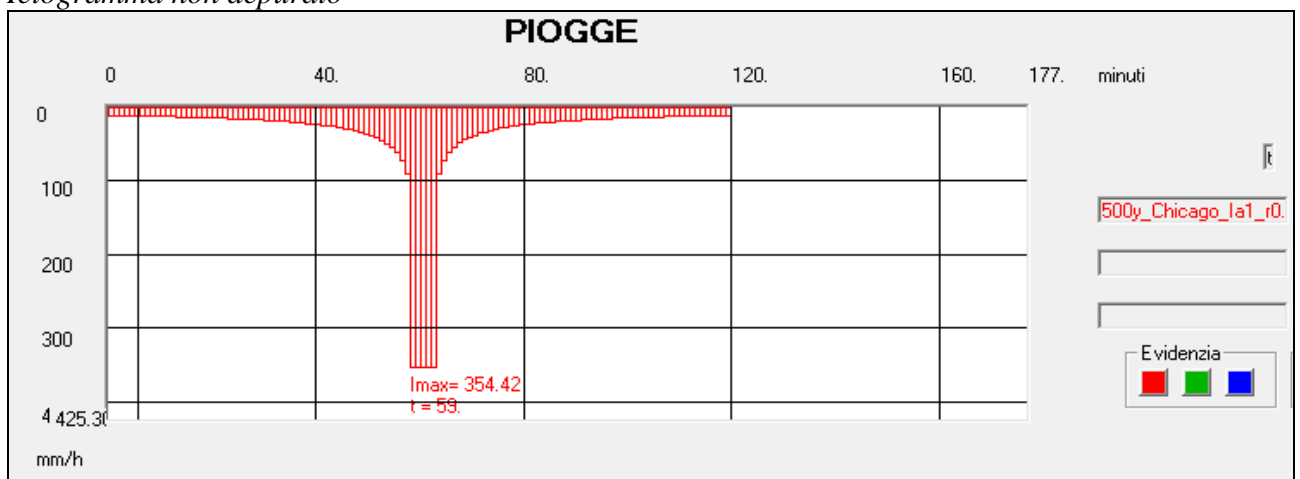
Ietogramma depurato



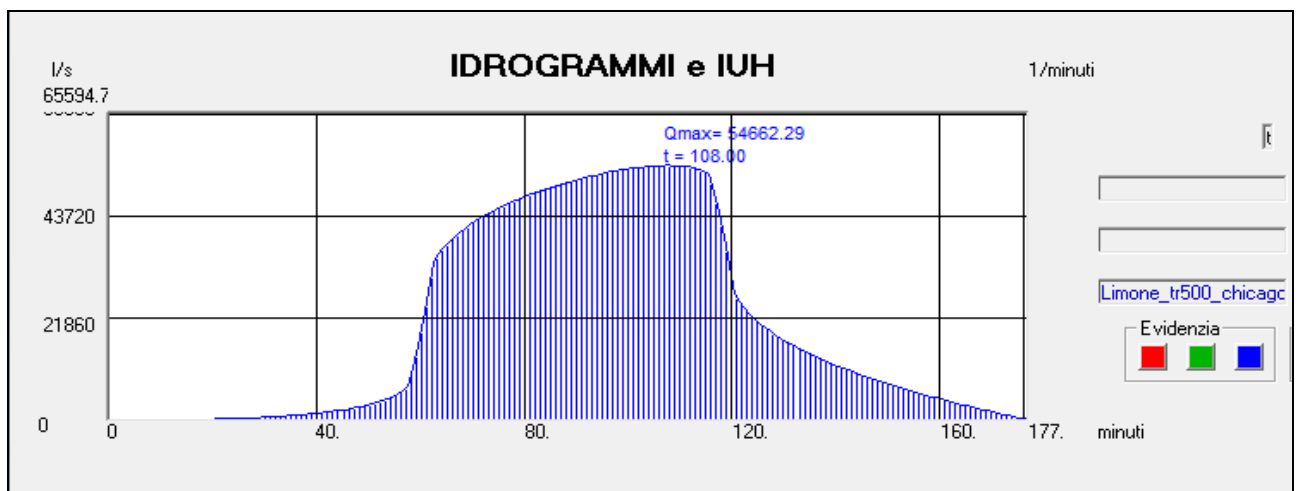
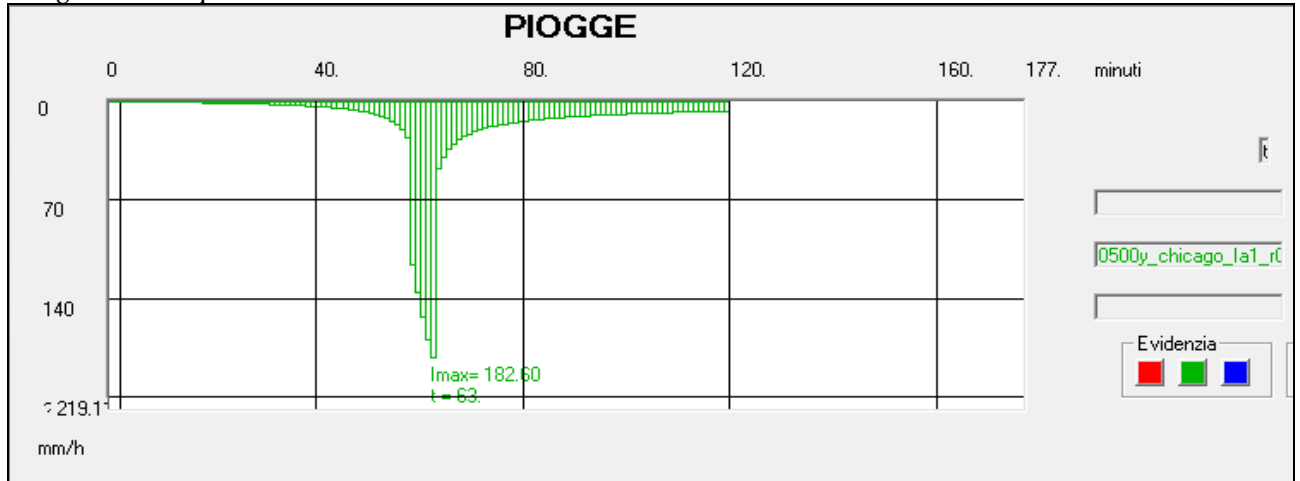
Tempo di ritorno dell'evento $T_r = 500$

T pioggia	=	120'	minuti
R (posizione del picco)	=	0.5	
Q_{max} ($tr = 200$ anni)	=	54.66	m^3/s
U (coeff. Udometrico)	=	74.07	$l/(s*ha)$
Volume	=	211661	m^3

Ietogramma non depurato



Ietogramma depurato



5.4 DETERMINAZIONE PORTATE DI VERIFICA IDRAULICA T. SAN GIOVANNI

Per le verifiche di ordine idraulico verranno assunte quali portate al colmo quelle calcolate, per corrispondenti Tempi di ritorno, ottenute per media dalle massime calcolate con gli Idrogrammi di piena alla sezione di chiusura di interesse.

Bacino		T. San giovanni		Comune di Limone (Bs)						
Passo di calcolo	1.00	minuti		58.00	minuti					
Area	738.000	ha								
CN	70.00	-								
Tr	Portate Max [m ³ /s] ietogramma costante				Portate Max [m ³ /s] ietogramma Chicago		Portate Max [m ³ /s] ietogramma medio		Tr	
		tc = 90'				t p= 120'				
50	Massimo			27.62		33.64		30.63	Massimo	50
	u [l/(s*ha)]			37.42		45.58		41.50	u [l/(s*ha)]	
100	Massimo			32.54		39.66		36.10	Massimo	100
	u [l/(s*ha)]			44.09		53.74		48.91	u [l/(s*ha)]	
200	Massimo			37.66		45.17		41.42	Massimo	200
	u [l/(s*ha)]			51.03		61.21		56.12	u [l/(s*ha)]	
500	Massimo			44.74		54.66		49.70	Massimo	500
	u [l/(s*ha)]			60.62		74.07		67.35	u [l/(s*ha)]	

Dati riassuntivi degli idrogrammi risultanti per il bacino "San Giovanni" in rapporto agli eventi con 50 – 100 – 200 – 500 anni di tempo di ritorno, ietogramma costante e durata pari a quella critica e ietogramma Chicago (120')