





**Progetto: Relazione idrogeologica ed idraulica ed analisi del pericolo idraulico per la definizione delle zone di inondazione del fiume Corno a Gorizia**

tipo di documentazione: analisi pericolo

contraente: WATER SCIENCE INSTITUTE, d.o.o.  
Hajdrihova 28a, 1000 Ljubljana

Rappresentante del contraente: dr. Primož Banovec, univ. dipl. inž. grad.  
Signature:

Ingegnere responsabile: dr. Primož Banovec, univ. dipl. inž. grad. Personal stamp:  
Id. Št.: G-3151

Responsabile del progetto: dr. Primož Banovec, univ. dipl. inž. grad. Personal stamp:  
Id. Št.: G-3151 Signature:

Project No.: P130/2011

Data: Lubiana, Novembre 2011

## **panoramica del progetto**

Titolo progetto: analisi idraulica e idrogeologica sul pericolo straripamento e studio per definire le zone di inondazione del fiume Corno a Gorizia

Project No.: P130/11

Stadio: rapporto finale

Parole chiave: idrologico, idraulico, mappa pericolo inondazioni, mitigazione delle inondazioni

Riassunto: nel progetto è stata svolta una panoramica sugli attuali studi idrologici, al fine di ottenere portate di piena e idrogrammi per il bacino del fiume Corno-Koren, il cui letto scorre fra la Repubblica Slovena e la Repubblica Italiana nella zona di Nova Gorica e Gorizia

Storicamente il fiume è stato soggetto a molte modifiche del regime idrologico (urbanizzazione del territorio, realizzazione del bacino di ritenzione di Pikolud) e delle caratteristiche idrauliche. Queste portarono come risultato alla copertura di 1700m del torrente con una limitata sezione idraulica disponibile.

I dati idrologici per la mappatura del pericolo inondazioni sono stati ottenuti mediante lo studio del deflusso proveniente dalla zona urbana di Nova Gorica, che fornisce un importante quota di carico al regime di portata. Il regime idrologico dell'altra parte del bacino del fiume è regolato dal bacino di ritenzione Pikolud che riduce i picchi di portata secondo le procedure operative stabilite.

Il risultato di questa analisi idraulica mostra la situazione corrente del livello di pericolo inondazione sull'intera area dove il fiume risulta intombato. Lo studio evidenzia che la parte più problematica è la parte sottodimensionata del fiume Corno in territorio Sloveno che limita la portata transitabile a valle a 17-21 m<sup>3</sup>/s.

Le misure previste che faranno convogliare parte della portata afferente al bacino di Nova Gorica direttamente nel fiume Isonzo mitigheranno per la maggior parte la situazione corrente. Comunque per il miglioramento a lungo termine saranno necessarie altre misure mitigatrici. Nello studio le misure addizionali analizzate limiteranno la portata di piena a 17m<sup>3</sup>/s, che è la capacità di convogliamento obiettivo della parte coperta del fiume Corno.

Data: Novembre 2011

Contraente: Water Science Institute, d.o.o., Hajdrihova 28a, 1000 Ljubljana

Collaboratori: Andrej Cverle, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž.

## Indice

<b>1</b>	<b>PANORAMICA E DESCRIZIONE DELLA ZONA .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>DATI IDROLOGICI DI INPUT PER IL MODELLO DI RISCHIO INONDAZIONE.....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>MODELLO IDRAULICO.....</b>	<b>17</b>
	3.1.1 Dati in ingresso.....	17
	3.1.2 Calcolo del livello di pericolo allagamento.....	22
<b>4</b>	<b>RACCOMANDAZIONI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DEL TORRENTE CORNO.....</b>	<b>25</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONI E RIASSUNTO .....</b>	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>27</b>

## Figure

Figura 1 - Parte coperta del fiume Corno (in giallo) e posizione del bacino di ritenzione Pikolud6

Figura 2 - Schematizzazione concettuale dei flussi nell'area analizzata. .... 9

Figura 3 - Curva di portata per l'evento critico di precipitazione ( $t_c=1h$ ) per il bacino dell'area urbanizzata di Nova Gorica, periodo di ritorno 100 anni, senza misure di mitigazione implementate (scenario 1)..... 10

Figura 4 - Curva di portata per l'evento critico di precipitazione ( $t_c=1h$ ) per il bacino dell'area urbanizzata di Nova Gorica, periodo di ritorno 100 anni, con misure di mitigazione implementate (scenario 2).....	10
Figura 5 - Curva di portata per l'evento critico di precipitazione ( $t_c=1h$ ) per il bacino dell'area urbanizzata di Nova Gorica, periodo di ritorno 100 anni, con misure di mitigazione implementate dopo gli sviluppi previsti della città di Nova Gorica(scenario 3) .....	11
Figura 6 - sezione del Corno all'entrata della parte coperta. (Slovenia) .....	12
Figura 7 - sezione longitudinale della parte slovena del tratto coperto del Corno- portata $17m^3/s$	13
Figura 8 - sezione longitudinale della parte slovena del tratto coperto del Corno- portata $19m^3/s$	14
Figura 9 - sezione longitudinale della parte slovena del tratto coperto del Corno- portata $21m^3/s$	14
Figura 10 - Idrogrammi di deflusso del torrente Corno per la situazione corrente applicati nel modello matematico 1D-2D (gli stessi idrogrammi sono applicati allo scenario di lungo termine con le misure di mitigazione).....	16
Figura 11 - Idrogrammi di deflusso del torrente Corno a lungo termine applicati nel modello matematico 1D-2D (senza misure di mitigazione).....	17
Figura 12 - Modello idraulico: strutture specifiche 1D-2D implementate e aree di rugosità definita (strade asfaltate). .....	20
Figura 13 - Recinzione sul confine tra Slovenia e Italia definito come elemento 1D nel modello idraulico ibrido 1D-2D .....	21

## **Tabelle:**

Tabella 1 - Intensità piovosa per la stazione idrometrica di Nova Gorica (mm per periodo di ritorno) .....	7
Tabella 2 - Intensità di precipitazione per la stazione idrometrica di Nova Gorica ( $l/s/ha$ per periodo di ritorno).....	7
Tabella 3 – Portate di picco del bacino urbano tra il serbatoio di Pikolud e la sezione trasversale del torrente posta all'altezza del confine di stato. ....	11
Tabella 4 - Determinazione dei picchi di portata per l'analisi di propagazione del flusso sul territorio e del pericolo allagamento .....	15
Tabella 5 - capacità di deflusso addizionale necessaria relativa a ogni specifico stadio analizzato ..	25

## **Appendice:**

Appendice 1: Area sotto esame per l'osservazione di specifici oggetti 1D e 2D definiti nel modello idraulico

Appendice 2: livello di pericolo – scenario (1) e (3): situazione corrente senza misure applicate e situazione a lungo termine con misure applicate

Appendice 3: livello di pericolo – scenario (2): situazione corrente con misure applicate

Appendice 4: livello di pericolo – scenario (3): situazione a lungo termine con misure applicate

Appendice 5: livello di pericolo – scenario (1) e (3): situazione corrente senza misure applicate e situazione a lungo termine con misure applicate

Appendice 6: livello di pericolo – scenario (4): situazione a lungo termine senza misure applicate

## **1 PANORAMICA E DESCRIZIONE DELLA ZONA**

Il fiume Corno è stato oggetto del presente studio al fine della gestione a lungo termine e di riduzione del rischio inondazione di due importanti città regionali: Gorizia e Nova Gorica,. Il fiume Corno è stato storicamente sottoposto a grande pressione antropica a causa dell'urbanizzazione, con il risultato di coprirlo per un tratto lungo 1700m. La parte coperta è mostrata nella linea gialla.

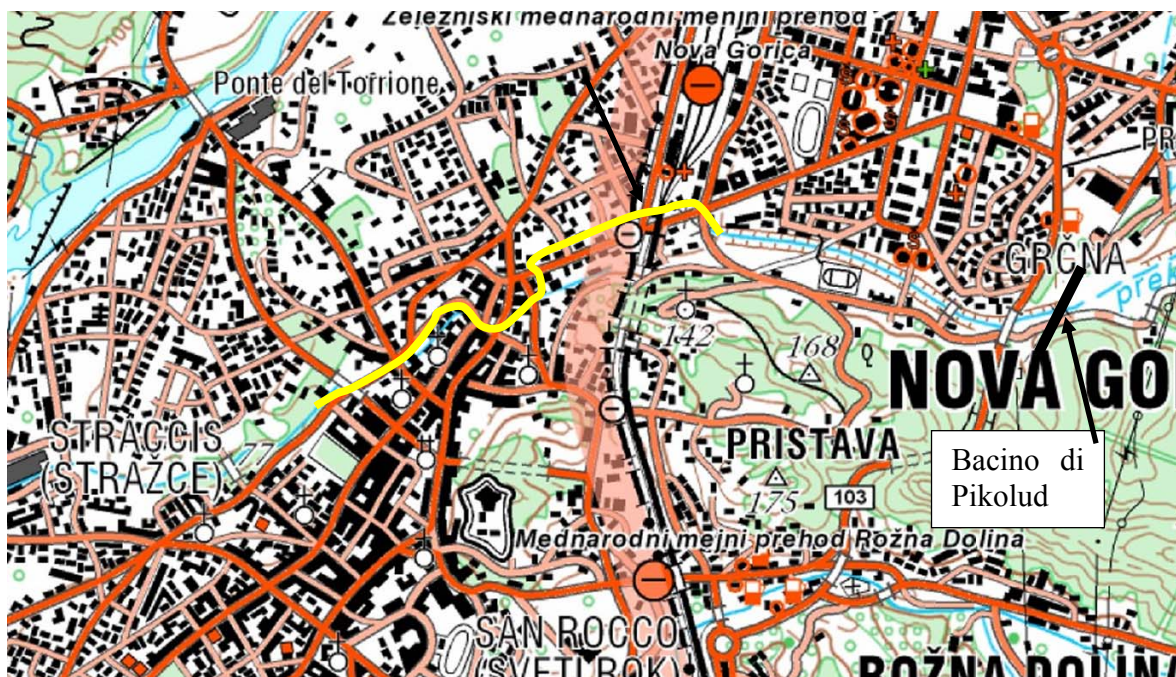


Figura 1 - Parte coperta del fiume Corno (in giallo) e posizione del bacino di ritenzione Pikolud

La criticità dello stato di fatto è dimostrata dagli avvenimenti già occorsi nell'area, infatti nella notte tra il 16 e 17 ottobre 1983, le intense piogge sul bacino del fiume Corno portarono a un deflusso di circa 40-50 m<sup>3</sup>/s. Un'altra grande inondazione accorse anche nell'anno 1987. Questo evento indusse alla costruzione del bacino di ritenzione di Pikolud. Il bacino di ritenzione di Pikolud fu costruito negli anni 1988-89. Il progetto e la operatività del bacino di ritenzione, con capacità di trattenuta di un volume di 906.500 m<sup>3</sup> all'altezza di 100m s.l.m., è basato sul meccanismo di attivazione del volume di ritenzione quando la portata nella sezione del fiume Corno in ingresso supera gli 8 m<sup>3</sup>/s e opera in modo da mantenere questo deflusso a valle, abilitando anche la completa chiusura degli scarichi del bacino. Il volume del bacino di ritenzione Pikolud eccede il volume necessario per la laminazione delle portate del fiume Corno considerando un periodo di ritorno di 100 anni. Molti studi hanno indicato che il miglioramento (ottimizzato) delle procedure operative del bacino di Pikolud con il completo utilizzo della capacità di convogliamento della parte coperta del fiume Corno potrebbero avere conseguenze nella efficienza del periodo di ritorno della riserva di precipitazione/scarico, che potrebbero senz'altro eccedere i 100 anni, date le caratteristiche del piccolo bacino (5,04 km<sup>2</sup>) e degli scrosci e piogge di riferimento.

L'intensità piovosa del bacino urbano del torrente Corno è nota, grazie alle misurazioni storiche delle precipitazioni nella stazione idrometrica di Nova Gorica (Kekec).

**Tabella 1 - Intensità piovosa per la stazione idrometrica di Nova Gorica (mm per periodo di ritorno)**

**Stazione: Nova Gorica**

**Periodo: 1970 – 1991; 1999-2001**

**Precipitazione (mm)**

durata precipitazione	tempo di ritorno (anni)								
	1 leto	2 leti	5 let	10 let	25 let	50 let	100 let	250 let	
5 min	1	11	17	20	25	29	32	37	mm
10 min	2	17	25	29	36	40	45	51	mm
15 min	3	21	30	36	44	49	55	62	mm
20 min	4	24	35	42	50	57	63	72	mm
30 min	5	30	44	54	66	74	83	95	mm
45 min	5	35	54	66	82	93	104	119	mm
60 min	6	39	62	76	95	109	122	140	mm
90 min	8	44	69	85	106	122	137	157	mm
120 min	11	48	74	92	114	131	148	169	mm
180 min	15	54	90	114	144	167	189	218	mm
240 min	19	60	107	138	177	206	235	273	mm
300 min	22	65	118	154	198	231	264	307	mm
360 min	26	68	125	162	210	245	280	326	mm
540 min	31	76	135	173	222	259	295	342	mm
720 min	34	85	150	193	248	288	328	381	mm
900 min	36	91	160	206	263	306	348	404	mm
1080 min	40	97	168	216	276	321	365	423	mm
1440 min	47	103	175	223	284	329	374	433	mm

**Tabella 2 - Intensità di precipitazione per la stazione idrometrica di Nova Gorica (l/s/ha per periodo di ritorno)**

durata precipitazione	tempo di ritorno (anni)								
	1 leto	2 leti	5 let	10 let	25 let	50 let	100 let	250 let	
5 min	37	369	557	681	838	955	1070	1223	l/sec/ha
10 min	35	287	410	491	594	670	746	845	l/sec/ha
15 min	30	236	336	403	487	549	611	692	l/sec/ha
20 min	30	204	290	348	420	474	527	598	l/sec/ha
30 min	26	165	245	298	364	414	463	528	l/sec/ha
45 min	18	131	200	245	302	345	387	442	l/sec/ha
60 min	17	109	171	212	263	302	340	389	l/sec/ha
90 min	15	81	128	158	197	225	254	291	l/sec/ha
120 min	15	66	103	128	159	182	205	235	l/sec/ha
180 min	14	50	84	106	134	154	175	202	l/sec/ha
240 min	13	42	74	96	123	143	163	189	l/sec/ha
300 min	12	36	66	85	110	128	147	171	l/sec/ha
360 min	12	31	58	75	97	113	130	151	l/sec/ha
540 min	10	24	42	54	69	80	91	106	l/sec/ha
720 min	8	20	35	45	57	67	76	88	l/sec/ha
900 min	7	17	30	38	49	57	65	75	l/sec/ha
1080 min	6	15	26	33	43	49	56	65	l/sec/ha
1440 min	5	12	20	26	33	38	43	50	l/sec/ha



## **2 DATI IDROLOGICI DI INPUT PER IL MODELLO DI RISCHIO INONDAZIONE**

Durante lo sviluppo del progetto del bacino di Pikolud furono sviluppati molti modelli idrogeologici per la valutazione delle portate e degli afflussi - deflussi nelle zone di Nova Gorica. Molti di questi furono sviluppati circa 25 anni fa e potrebbero ora essere considerati obsoleti a causa della intensa urbanizzazione creatasi nella zona di Nova Gorica. Tuttavia qualche valore di riferimento da questi studi può ancora essere considerato.

L'ultimo modello idrogeologico fu sviluppato per poter modellare idrologicamente le fognature miste di Nova Gorica e il loro sviluppo a lungo termine. Il bacino urbano ha un grande effetto sul fiume Corno, essendo lo stesso il maggior recipiente del drenaggio urbano della città di Nova Gorica. Nell'anno 2011 e negli anni successivi sono previsti importanti lavori che possono essere riassunti in:

1. Depurazione del fiume Corno: trattamento delle acque fognarie al depuratore centrale di Ob Vrtojbi.
2. Miglioramento delle caratteristiche idrauliche per il drenaggio urbano, che consisteranno in una nuova tubazione che convoglierà le piogge urbane nella direzione del fiume Isonzo.

Gli scenari idrogeologici presi in considerazione sono:

1. La situazione corrente
2. Situazione con condotta costruita in territorio sloveno, che scarica il bacino urbano della città di Nova Gorica direttamente nel fiume Isonzo.
3. Situazione a lungo termine tenendo conto degli sviluppi previsti della urbanizzazione di Nova Gorica nei prossimi 20 anni
4. Situazione a lungo termine senza aver preso alcuna misura.

Gli scenari 1-4 sono stati analizzati includendo i seguenti parametri per determinare il pericolo di inondazione.

1. Afflusso al torrente Corno-Koren dalla zona urbanizzata di Nova Gorica tra il serbatoio di Pikolud e la sezione trasversale sul confine di Stato (includendo la parte non urbanizzata sulla sponda sinistra del fiume)
2. Afflusso al fiume Corno dal serbatoio di Pikolud a monte
3. Capacità di deflusso del tratto intubato del torrente Corno
4. Deflusso superficiale risultante dal pericolo inondazione.

Il modello di deflusso idraulico ed i relativi bacini contribuenti sono riportati nella seguente figura:

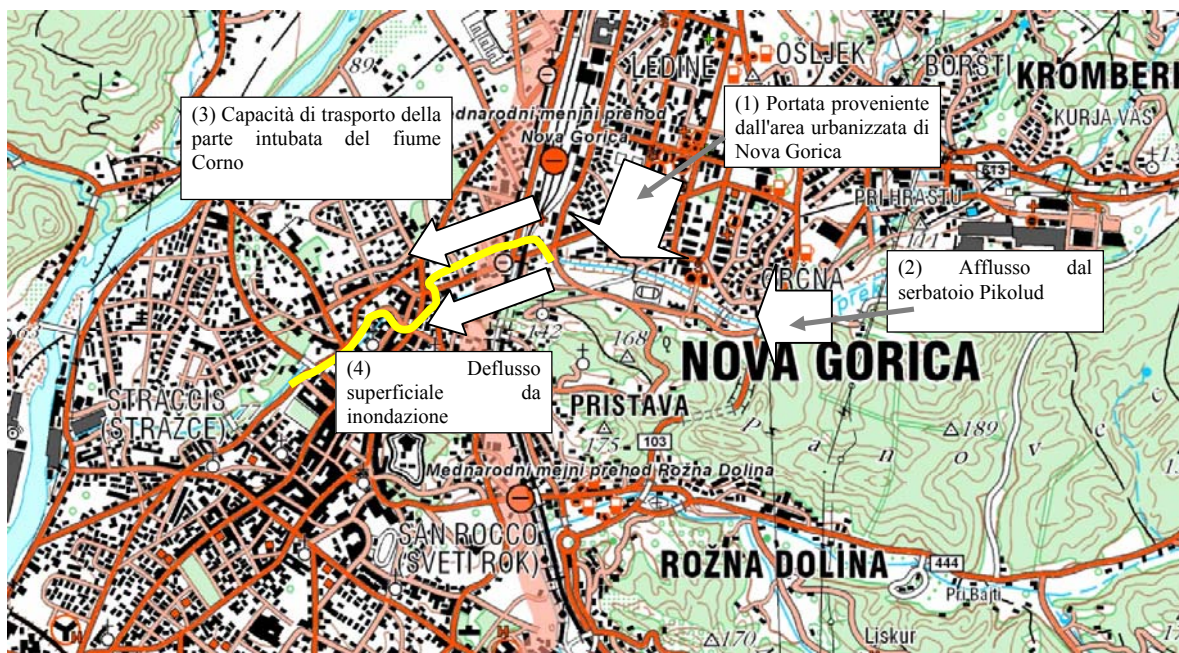
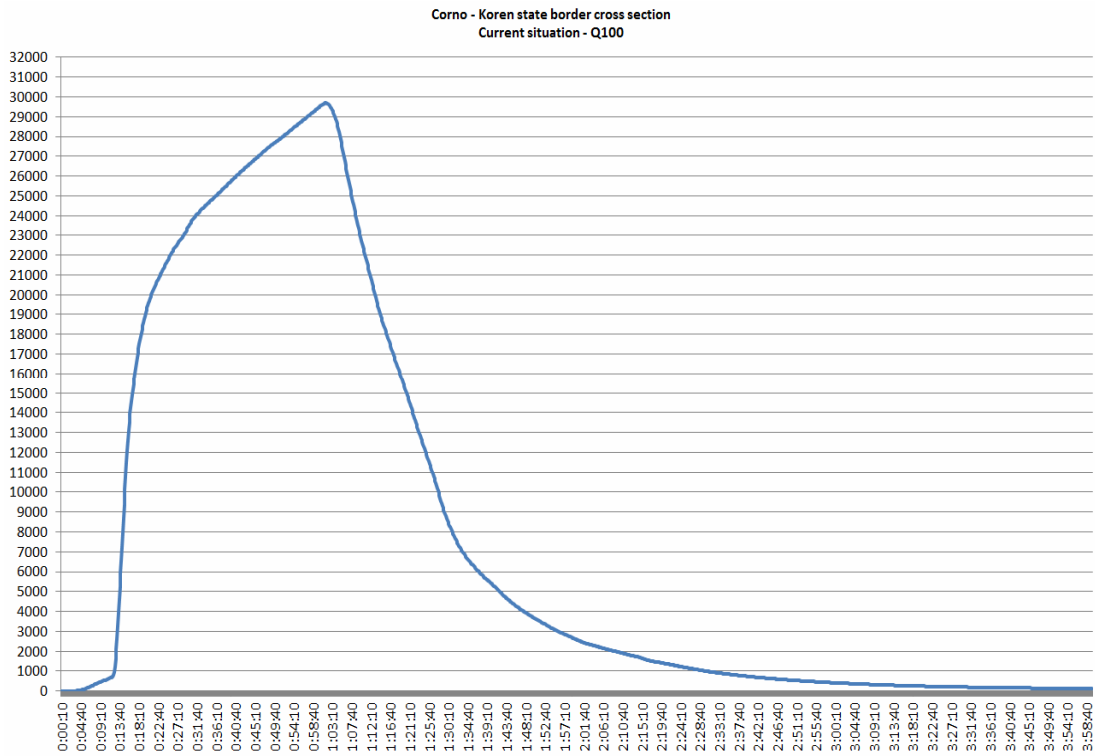


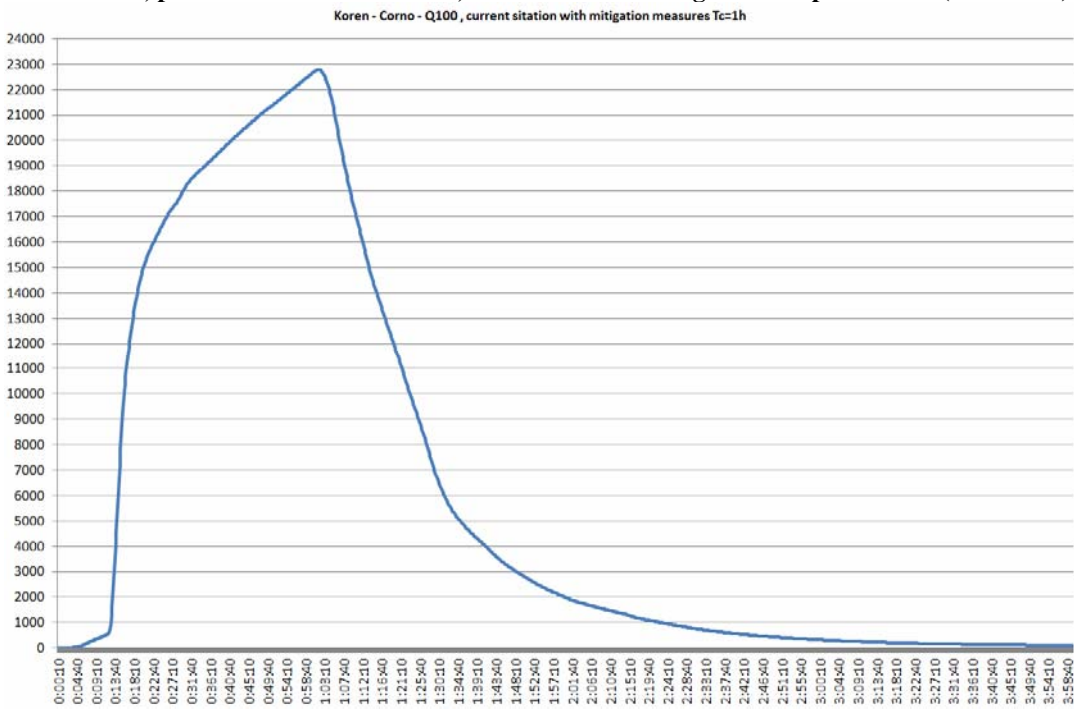
Figura 2 - Schematizzazione concettuale dei flussi nell'area analizzata.

L'analisi di questi quattro flussi è presentata nel seguente paragrafo

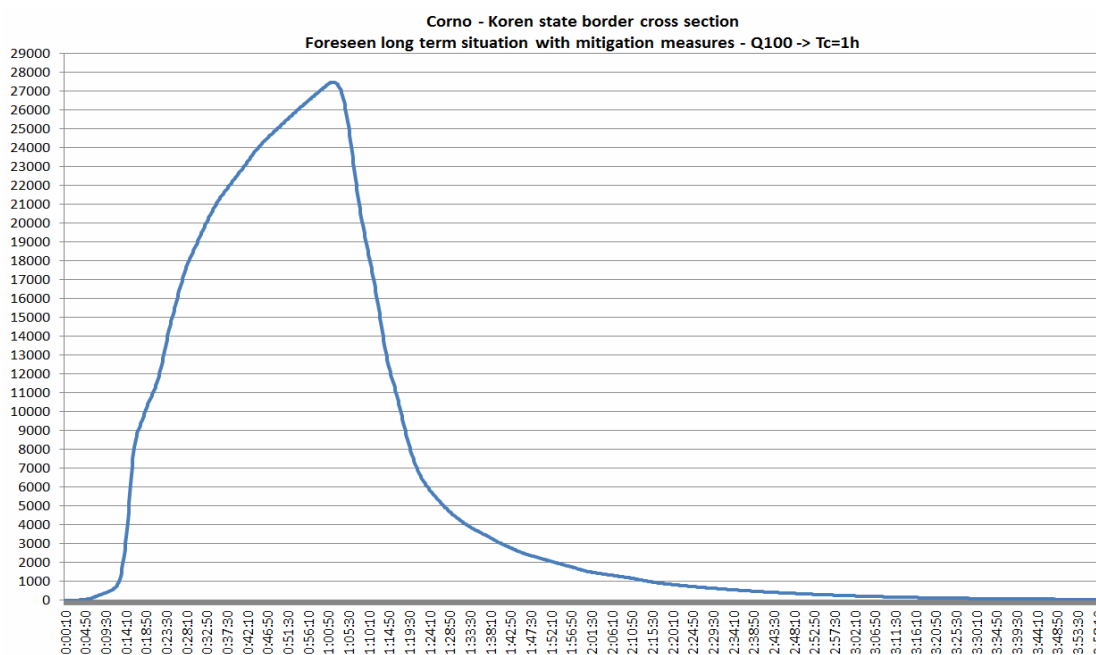
AD (1) – Afflusso dall'area urbanizzata di Nova Gorica – il modello idrologico (Sanacija razbremenilnih in zadrževalnih objektov na kanalizacijskem omrežju občine Nova Gorica, HIDROLAB - Matej Uršič s.p., P06-04/09-MT, novembre 2009) dà come risultato la portata nella sezione trasversale al confine di stato sulla base dei diversi presupposti precedentemente riportati.



**Figura 3 - Curva di portata per l'evento critico di precipitazione ( $t_c=1h$ ) per il bacino dell'area urbanizzata di Nova Gorica, periodo di ritorno 100 anni, senza misure di mitigazione implementate (scenario 1)**



**Figura 4 - Curva di portata per l'evento critico di precipitazione ( $t_c=1h$ ) per il bacino dell'area urbanizzata di Nova Gorica, periodo di ritorno 100 anni, con misure di mitigazione implementate (scenario 2)**



**Figura 5 - Curva di portata per l'evento critico di precipitazione ( $t_c=1h$ ) per il bacino dell'area urbanizzata di Nova Gorica, periodo di ritorno 100 anni, con misure di mitigazione implementate dopo gli sviluppi previsti della città di Nova Gorica(scenario 3)**

Nello scenario 4 l'idrogramma dà come risultato una portata, per un tempo di ritorno di 100 anni, pari a 34 mc/s.

Le portate di picco per gli scenari descritti – che risultano essere la portata nel torrente Corno dovuta al bacino di Nova Gorica posto tra il serbatoio Pikolud e il confine di stato, sono descritti nella seguente tabella:

Tavola 3: picchi di scarico del displuvio tra il serbatoio di Pikolud e la sezione trasversale del confine di stato.

**Tabella 3 – Portate di picco del bacino urbano tra il serbatoio di Pikolud e la sezione trasversale del torrente posta all'altezza del confine di stato.**

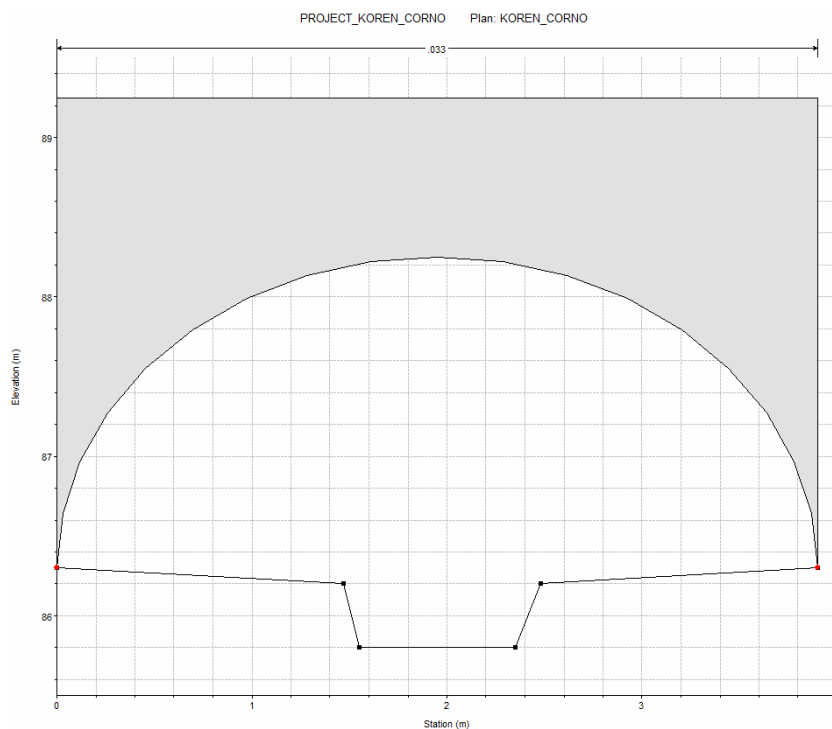
	Scenario	Portate di picco -m3/s
1	Situazione corrente	28
2	Situazione corrente con misure di mitigazione	23
3	Situazione a lungo termine con misure di mitigazione	27
4	Situazione a lungo termine senza misure di mitigazione	34

### AD (2) – Afflusso dal serbatoio di Pikolud

Le portate in elenco non includono gli scarichi dal serbatoio di Pikolud. Secondo il protocollo operativo del serbatoio di Pikolud (adottato nell'anno 2007 – ref. 1) le operazioni di ritenzione nel serbatoio servono a ridurre le portate a valle del serbatoio a  $8 \text{ m}^3/\text{s}$ , potendo prevedere, grazie alle dimensioni del bacino, anche la chiusura completa delle paratie del serbatoio. Nel modello idrologico del fiume Corno, la portata dal serbatoio è impostata costante a  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ . La spiegazione di questo fatto è la possibile parziale ostruzione delle paratie dovuta ad un blocco di detriti che determinano una diminuzione del flusso di scarico dal serbatoio. Quindi  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  sono da aggiungere a tutti e quattro gli scenari analizzati precedentemente in quella zona.

### AD (3) – Capacità di deflusso del tratto intubato del Corno

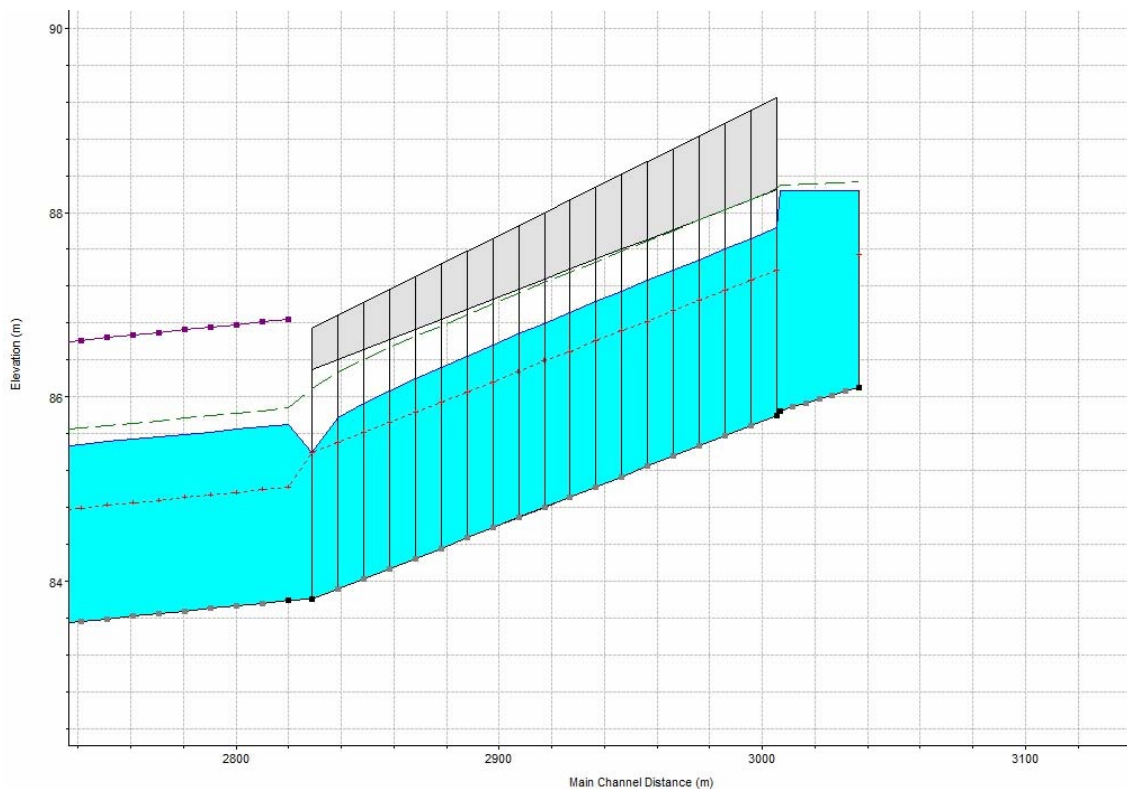
Al fine dell'analisi della capacità di deflusso è stato sviluppato un modello unidimensionale del Corno mediante il quale è stata analizzata la sua capacità di trasporto a valle della portata. La sezione trasversale del torrente immediatamente a monte dell'entrata del tratto tombato del Corno è raffigurata nella figura 6:



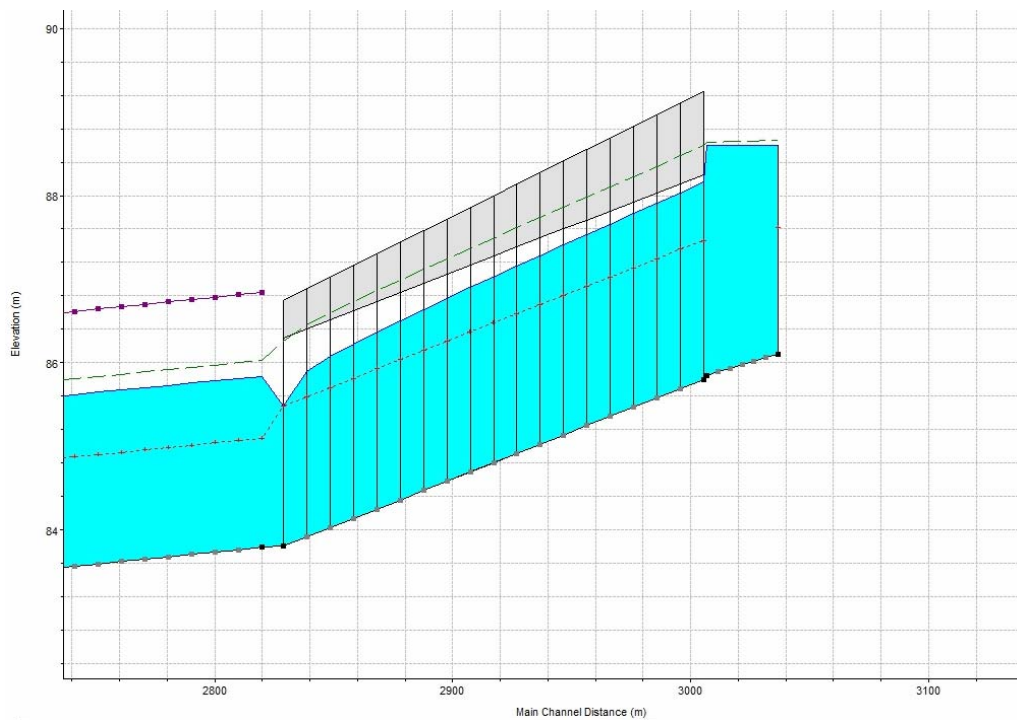
**Figura 6 - sezione del Corno all'entrata della parte coperta. (Slovenia)**

Come si può vedere dalla figura 6, la sezione trasversale del torrente Corno all'ingresso del tratto intubato ha una superficie disponibile di  $6,6 \text{ m}^2$  che occasionalmente è leggermente ridotta a causa degli sviluppi del sistema di tubazioni nel tunnel. Il flusso è anche disturbato per significativi afflussi laterali che riducono l'energia disponibile necessaria per un deflusso efficiente.

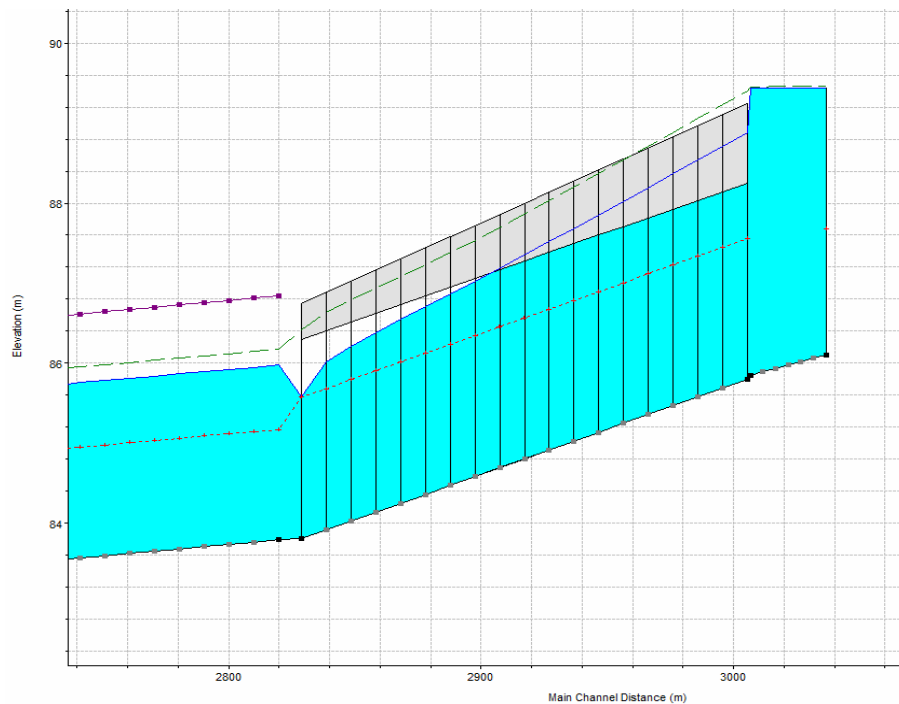
Il risultato di questo modello unidimensionale è mostrato (parte del Corno in Slovenia) nella sezione longitudinale riportata nelle seguenti figure 7, 8 e 9:



**Figura 7 - sezione longitudinale della parte slovena del tratto coperto del Corno- portata  $17 \text{ m}^3/\text{s}$**



**Figura 8 - sezione longitudinale della parte slovena del tratto coperto del Corno- portata 19m<sup>3</sup>/s**



**Figura 9 - sezione longitudinale della parte slovena del tratto coperto del Corno- portata 21m<sup>3</sup>/s**

Come mostrato nelle figure soprastanti l'obiettivo di capacità di deflusso del Corno alla sezione trasversale sul confine dovrebbe essere di 17 m<sup>3</sup>/s nella situazione in cui lavora in condizioni

parzialmente sommerse. Opera a flusso completamente in pressione quando le portate eccedono i 21 m<sup>3</sup>/s. In questa situazione il livello a monte si alza a 89,5 m s.l.m., livello che comporta già il deflusso sulla ferrovia Nova Gorica - Šempeter. Questa portata (21 m<sup>3</sup>/s) è stata quindi identificata come limite di portata massima per la capacità di deflusso della parte coperta del fiume Corno.

AD 4: Straripamento del torrente Corno come base per gli scenari di pericolo inondazioni.

Sulla base del modello afflussi-deflussi sviluppato e tenendo conto delle piogge, del bacino, della portata proveniente dal bacino Pikolud e della capacità di deflusso della parte coperta del torrente Corno, sono state determinate le portate che si propagheranno su tutta l'area a rischio inondazione di Nova Gorica e Gorizia.

Il calcolo dei picchi di portata è mostrato nella seguente tabella:

**Tabella 4 - Determinazione dei picchi di portata per l'analisi di propagazione del flusso sul territorio e del pericolo allagamento**

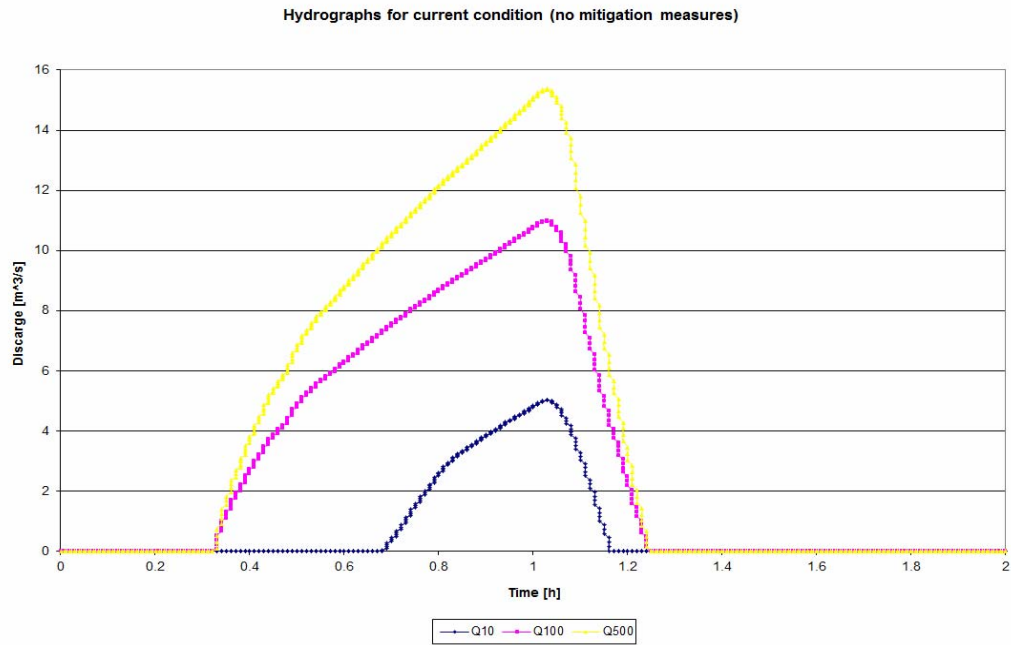
	Scenario	Portata del bacino urbano	Portata dal bacino Pikolud	Portata transitante attraverso la parte coperta del Corno	Portata per il modello idraulico di allagamento
1	2	3	4	5	6
		(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)
1	Situazione corrente	28	4	21	11
2	Situazione corrente con misure di mitigazione	23	4	21	6
3	Situazione a lungo termine con misure di mitigazione	27	4	21	10
4	Situazione a lungo termine senza misure di mitigazione	34	4	21	17

\*Note: (6) = (3)+(4)-(5)

Gli scenari elencati sono stati analizzati usando un modello 1D-2D ibrido che sarà descritto nella sezione seguente. Sono stati applicati i corrispondenti idrogrammi sviluppati nella determinazione



delle portate del bacino di Nova Gorica (figure 3,4 e 5). Gli idrogrammi applicati per gli scenari elencati sono mostrati nelle seguenti figure:



**Figura 10 - Idrogrammi di deflusso del torrente Corno per la situazione corrente applicati nel modello matematico 1D-2D (gli stessi idrogrammi sono applicati allo scenario di lungo termine con le misure di mitigazione)**

Hydrographs for long term conditions (no mitigation measures)

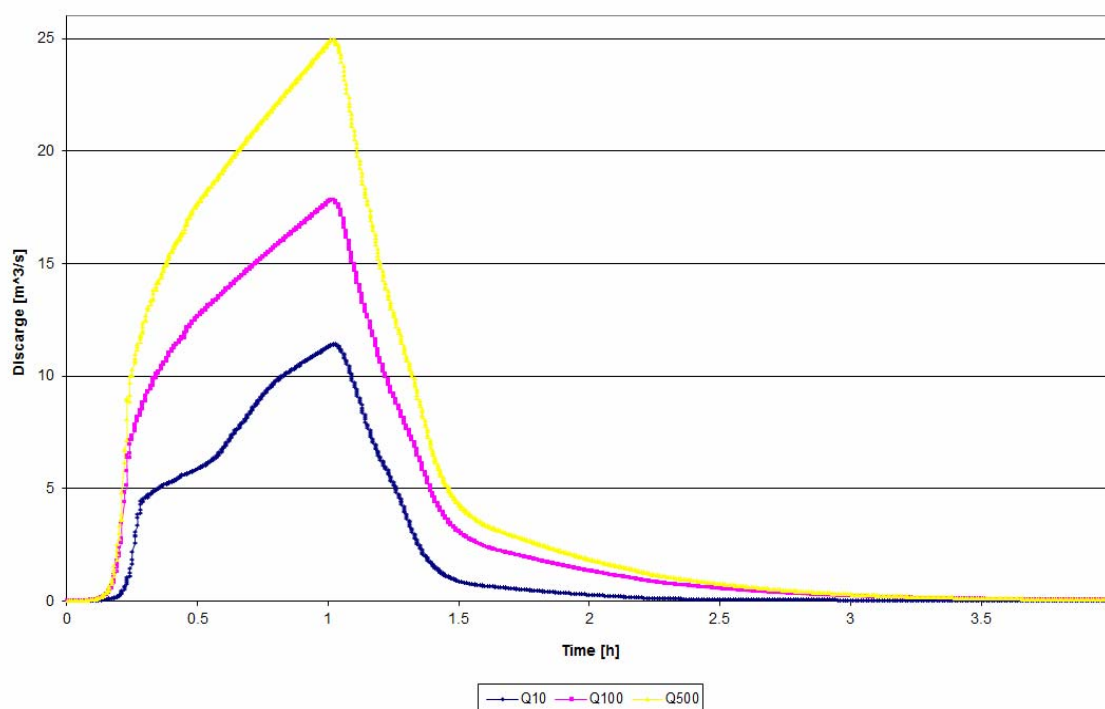


Figura 11 - Idrogrammi di deflusso del torrente Corno a lungo termine applicati nel modello matematico 1D-2D (senza misure di mitigazione)

### 3 MODELLO IDRAULICO

Per determinare il pericolo di allagamento del torrente Corno sul confine è stato sviluppato un accurato modello idraulico. Risultava essenziale riuscire a combinare il modello idraulico delle zone di allagamento in entrambi gli stati Italia e Slovenia, in quanto uno costituisce la condizione idraulica a monte o a valle dell'altro.

#### 3.1.1 Dati in ingresso

##### *Geometria*

Per il modello 2D, l'intero calcolo (con l'eccezione del flusso in ingresso) è basato sulle celle a griglia fissa, che rappresentano la geometria del territorio. L'altezza dei punti di ogni cella di calcolo è ottenuta con riferimento al processo con cui i punti ottengono i valori di altezza dal modello digitale (DTM). Il DTM è stato ottenuto da due fonti oggetti di studio: (1) il municipio di Nova Gorica ha fornito il DTM per la parte slovena del bacino e (2) la Protezione Civile Regionale

(Palmanova, Italia) ha fornito il DTM per la parte italiana del bacino. Il processo di trasformazione si è reso necessario per far corrispondere le due proiezioni ed i sistemi di coordinate (Gauss-Boaga-Est per il territorio italiano e Gauss-Krueger D48 per il territorio Sloveno). La trasformazione ha avuto successo e le verifiche sul terreno dei dati interfacciati hanno mostrato che risultava necessaria solo qualche piccola traslazione orizzontale del DTM per dare omogeneità al modello. Le traslazioni orizzontali sono state effettuate manualmente.

Il passo successivo nello sviluppo del modello è stata l'introduzione di specifiche strutture (lineari) e l'esclusione delle celle che non consentono il passaggio della portata. La parte dello sviluppo di questo modello è stata particolarmente intensa, dato il fatto che l'area da modellare è altamente urbanizzata. Il lavoro a questo punto si è basato su rilievi sul campo e l'uso di dati disponibili forniti da entrambi gli stati (ortofoto, catasto di immobili in Slovenia). Queste strutture considerate come lineari, o i cambiamenti nel modello idraulico 2D della griglia dovuti a strutture (1D e 2D) sono raffigurate nell'appendice 1 ed in scala ridotta nella figura 12.

Le strutture definite nell'area analizzata sono in gran parte edifici che ostacolano il deflusso della portata nella zona urbanizzata. Altre strutture specifiche sono:

- 1) Ferrovia (Nova Gorica-Šempeter) che attraversa la zona di propagazione dell'inondazione, il terrapieno della ferroviaria definisce in gran parte la zona di inondazione di Nova Gorica in territorio Sloveno.
- 2) La recinzione che segna il confine tra i due stati; essa è costruita su fondazioni in calcestruzzo, approssimativamente alte 30cm. Queste fondazioni quindi ridirigono il flusso dell'inondazione verso il varco del confine di "Via san Gabriele" a Gorizia.
- 3) Via san Gabriele a Gorizia risulta essere il percorso principale per la propagazione della portata di allagamento. È quindi stata definita come struttura uni dimensionale di convogliamento

dell'inondazione. È lateralmente comunicante con il flusso di inondazione specialmente in direzione sud.

4) Il percorso al disopra della sezione coperta del torrente Corno vicino a “via dei Catterini” è stata schematizzata come struttura uni-dimensionale, ma si evidenzia che la portata che defluisce lungo questa struttura è abbastanza limitata. Il flusso d'acqua non può interessare il percorso a causa della presenza della recinzione che segna il confine tra i due stati.

5) Via Silvio Pellico e Via Italice Brass sono definite come corridoi uni-dimensionali per la propagazione dell'allagamento siccome operano come convogliatori di grandi portate d'acqua in condizioni di inondazione.

La comunicazione tra il Corno canalizzato e la superficie di allagamento non è stata analizzata perché esiste solo una piccola interazione possibile. Un certo livello di interazione potrebbe essere supposto, però la portata attraverso le aperture (in entrambe le direzioni) è piuttosto limitata e insignificante da punto di vista del modello.

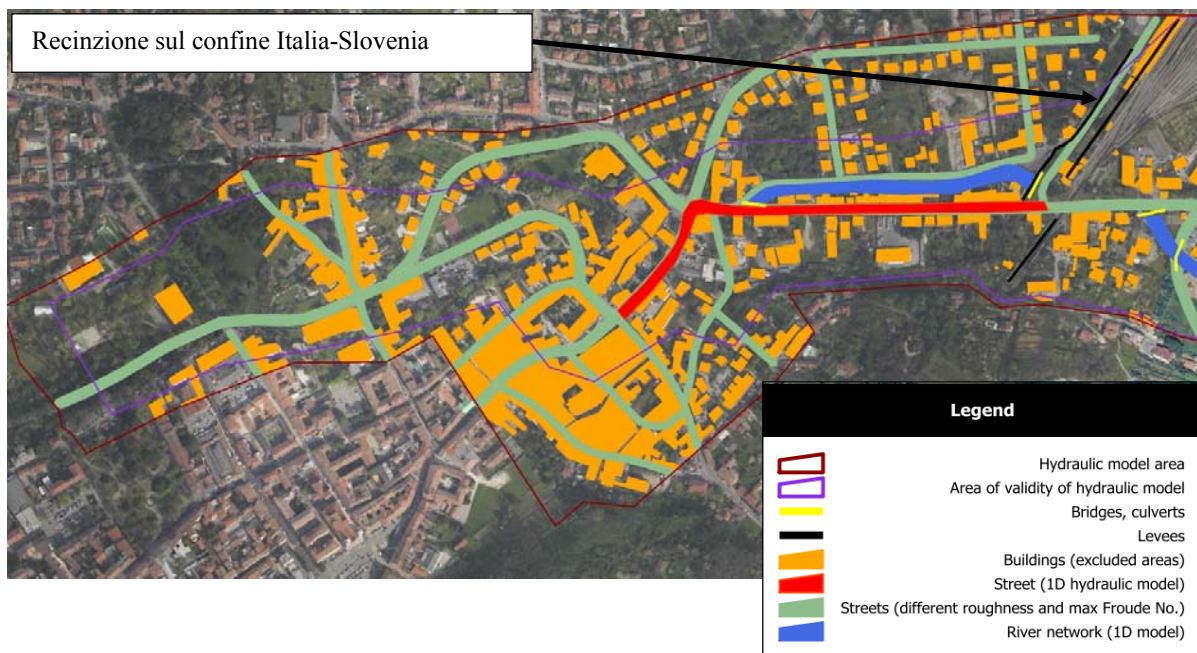
La misura della cella di calcolo del modello bidimensionale è stata di 3x3 m.

### ***Coefficiente di scabrezza di Manning***

Il coefficiente di scabrezza di Manning è un fattore centrale nell'implementazione dell'energia perduta nel modello matematico idraulico FLO-2D. Questo evidenzia la priorità che si dovrebbe dare alla giusta identificazione del coefficiente di rugosità di Manning nello stadio di calibrazione del modello. Lo stesso modello idraulico sta offrendo molte possibilità per la calibrazione spaziale del coefficiente di rugosità come: (1) taratura del coefficiente di rugosità sulla base della profondità del flusso d'acqua e (2) taratura del coefficiente di rugosità al numero di Froude, es. limitando il numero di Froude al disotto delle condizioni di flusso critiche.

Nel caso del modello idraulico della zona di allagamento del torrente Corno il coefficiente generale di scabrezza applicato è stato pari a 0.04 ( $n_g = 0,04$ ), per il canale a sezione aperta del Corno è stato adottato  $n_g = 0,03$ , mentre per le strade e le strutture 1D il coefficiente di rugosità di Manning applicato è  $n_g = 0,015$ . Per la parte coperta del torrente Corno il coefficiente di rugosità applicato è pari a 0,027 per la parte bassa del canale e pari a 0,03 per la copertura che occasionalmente ha una geometria irregolare a causa degli afflussi laterali.

L'approccio concettuale per il modello 1D e 2D con strutture specifiche (dighe, strade come corsi d'acqua 1D, case) e la distribuzione di scabrezza è mostrato nella figura 12 e nell'appendice 1.



**Figura 12 - Modello idraulico: strutture specifiche 1D-2D implementate e aree di rugosità definita (strade asfaltate).**

Le strutture specifiche influiscono notevolmente sul meccanismo di propagazione dell'allagamento, come la recinzione sul confine tra Slovenia e Italia raffigurata nella figura 13. La recinzione influisce significativamente sulla propagazione a valle verso il territorio italiano indirizzando il flusso verso via San Gabriele.



**Figura 13 - Recinzione sul confine tra Slovenia e Italia definito come elemento 1D nel modello idraulico ibrido 1D-2D**

### ***Condizioni al contorno e portate applicate***

Come dati in ingresso gli idrogrammi di allagamento definiti alla sezione precedente sono stati analizzati con 4 tipi di scenario di sviluppo delle portate nel tempo e possibili misure di mitigazione adottate. Le condizioni al contorno assunte sono l'altezza di moto uniforme a valle ed i relativi idrogrammi di piena a monte.

**Appendice 1:** Area considerata per l'analisi di specifici oggetti 1D e 2D definiti nel modello idraulico

### **3.1.2 Calcolo del livello di pericolo allagamento**

In base ai dati in ingresso già descritti il modello ibrido 1D/2D, è stato sviluppato nell'ambito del software FLO2D ed è stato calcolato il relativo pericolo allagamento. I livelli calcolati di pericolo di allagamento sono riportati nelle appendici 2,3,4 e 5.

**Appendice 2:** livello di pericolo – scenario (1) e (3): situazione corrente senza misure applicate e situazione a lungo termine con misure applicate

**Appendice 3:** livello di pericolo – scenario (2): situazione corrente con misure applicate

**Appendice 4:** livello di pericolo – scenario (4): situazione a lungo termine senza misure applicate

Note: Scenario (1) e scenario (3) sono analoghi perché lo sviluppo a lungo termine dell'urbanizzazione dell'area di Nova Gorica compenserà il miglioramento della capacità di allontanamento della portata proveniente dal bacino urbano dato dallo scarico diretto da via Prvomajska al fiume Isonzo.

#### ***Calibrazione del modello matematico idraulico***

La calibrazione del modello matematico non è stata effettuata. Il processo di calibrazione non è possibile a causa della lontananza dell'evento dell'inondazione del 1983 e delle variazioni occorse nel frattempo alle strutture idrauliche, allo sviluppo urbano e al sistema di drenaggio fognario.

#### ***Mappe di pericolo allagamento***

Le mappe sviluppate per il pericolo di allagamento nei 4 scenari riportano informazioni sulla profondità dell'acqua e sulle aree allagate relativamente ad eventi con tempi di ritorno di 10, 100 e 500 anni. Lo scenario di pericolo allagamento (1), ovvero lo stato corrente senza misure di

mitigazione, è lo scenario di allagamento preso a riferimento per l'analisi e l'identificazione delle possibili misure di mitigazione.

Lo scenario di pericolo allagamento (1) mostra che sotto queste condizioni il processo di inondazione e la sua propagazione si svilupperebbero nel modo seguente:

1. la capacità di deflusso della parte coperta del torrente Corno sarà superata e darà come conseguenza uno straripamento locale all'ingresso della parte tombata.
2. L'inondazione si propagherà velocemente da questo punto e riempirà l'area a monte del terrapieno causato dal rilevato ferroviario della ferrovia tra Nova Gorica e Šempeter.
3. Dopo aver riempito l'area a monte del terrapieno ferroviario, l'acqua dell'inondazione si propagherà in territorio Italiano soprattutto lungo via San Gabriele. Un'altra via di propagazione è a monte delle case poste a sud di via San Gabriele. Il percorso al disopra della sezione coperta del torrente Corno a nord di via San Gabriele non contribuisce ad un convogliamento idraulico dell'inondazione, però viene ad essere allagata.
4. L'inondazione si propagherà successivamente verso via Corsica e successivamente a monte delle case di via Silvio Pellico. Questa via di propagazione è particolarmente problematica perché è pesantemente ostacolata da case, recinzioni e altre strutture. Attualmente la capacità di convogliamento di questo tratto è molto difficile da determinare.
5. Da via Silvio Pellico l'allagamento si propagherà lungo le vie: Largo Nicolò Pacassi e Via Italico Brass lateralmente, inondando le aree che sono inferiori alla strada stessa. Approssimativamente 250 metri a valle del palazzetto di pattinaggio di Gorizia l'inondazione raggiungerà il canale Corno alla sua uscita.

Osservazione specifica: le portate della zona inondata di Gorizia non sono state aumentate lungo il percorso. Questa assunzione è stata applicata sulla base di queste due ragioni: (1) il contributo di area urbana di questa parte del Corno in Gorizia è relativamente piccola e ha una relativamente piccolo contributo all'intera portata di allagamento del fiume Corno, e (2) le acque di pioggia provenienti dalle strade e dai tetti di questa zona sono conferite nella parte coperta del fiume Corno in territorio italiano. La parte coperta nel territorio italiano ha generalmente dimensioni più grandi della parte coperta della sezione in territorio sloveno e quindi la sua capacità idraulica non è completamente usata in caso di inondazione.



### ***Mappe di categorie del pericolo allagamento***

Le mappe di categorie di pericolo allagamento sono state sviluppate con l'assunzione di tutte e tre le portate (Q10, Q100 in Q500) e delle relative velocità. La differenza tra le mappe di pericolo allagamento e le mappe delle categorie di pericolo allagamento è quindi:

- a) nel processo di integrazione delle mappe per differenti periodi di ritorno, fornendo comuni informazioni per il processo di decisione sulle mitigazioni e
- b) integrazione delle velocità di inondazione nel processo di decisione sulle mitigazioni

**Appendice 5:** livello di pericolo – scenario (1) e (3): situazione corrente senza misure applicate e situazione a lungo termine con misure applicate

**Appendice 6:** livello di pericolo – scenario (4): situazione a lungo termine senza misure applicate

L'analisi idraulica effettuata si riferisce al pericolo allagamento basata sull'analisi superficiale del deflusso. Non si analizzano i fenomeni sotto-superficiali, specialmente per quanto concerne le cantine delle case che potrebbero trovarsi nelle aree soggette ad allagamento.

## 4 RACCOMANDAZIONI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DEL TORRENTE CORNO

L'analisi effettuata sui quattro tipi di scenario mostra che il sistema idraulico del torrente Corno nella zona urbana di Gorizia e Nova Gorica non è adeguato e che in tutti e quattro gli scenari presenta un pericolo allagamento per le aree urbanizzate. Il minor pericolo allagamento risulta nello scenario (2), che rappresenta la situazione corrente delle precipitazioni con la implementazione delle misure di mitigazione deviando parte della portata dovuta al bacino di Nova Gorica direttamente nel fiume Isonzo in territorio sloveno (via Prvomajska).

Gli altri scenari di rischio evidenziano serie minacce per l'area di confine che è altamente urbanizzata con alcuni edifici storici nell'area di inondazione.

Con il proposito di individuare la necessità di capacità addizionale di portata, la nuova struttura di deflusso dovrebbe convogliare la portata che è identificata in tutti e 4 gli scenari (1-4), con in aggiunta 4 m<sup>3</sup>/s che sono stati determinati dall'analisi idraulica 1D per il deflusso nella sezione coperta del torrente Corno. Questi 4m<sup>3</sup>/s addizionali sono necessari per consentire un flusso libero superficiale nella sezione coperta del fiume Corno in territorio sloveno.

La risultante capacità di convogliamento addizionale necessaria per ogni scenario analizzato è mostrata nella tabella 5:

**Tabella 5 - capacità di deflusso addizionale necessaria relativa a ogni specifico stadio analizzato**

	Scenario	Portata di allagamento per lo scenario (m <sup>3</sup> /s)	4 m <sup>3</sup> /s addizionali per assicurare il moto a pelo libero nella sezione coperta del Corno (m <sup>3</sup> /s)	Capacità di deflusso addizionale necessaria (m <sup>3</sup> /s)
1	Situazione corrente	11	4	<b>15</b>
2	Situazione corrente con misure di mitigazione	6	4	<b>10</b>
3	Situazione a lungo termine con misure di mitigazione	10	4	<b>14</b>
4	Situazione a lungo termine senza misure di mitigazione	17	4	<b>21</b>

## **5 CONCLUSIONI E RIASSUNTO**

Il presente studio si riferisce all'analisi idrologica, utilizzando tutti gli ultimi sviluppi del modellistica idrologica e delle misure previste. Le analisi avanzate idrauliche 1D 2D hanno fornito informazioni dettagliate sul pericolo allagamento al quale la popolazione e le sue attività risultano esposte in certe aree a causa dell'inadeguatezza della capacità di deflusso idraulico della parte coperta del fiume Corno sul confine tra Slovenia e Italia.

Il pericolo allagamento è stato identificato per ogni scenario analizzato, specifiche e immediate misure di mitigazione come la costruzione di un nuovo canale sotto la via Prvomajska fornirebbero un miglioramento importante alla situazione attuale, però a lungo termine questo sarà insufficiente in quando lo sviluppo ulteriore dell'area urbana di Nova Gorica causerà una pressione maggiore sulle strutture di allontanamento delle portate.

Quindi è consigliata la costruzione di un'ulteriore struttura in grado di allontanare le portate in eccedenza.

## 6 BIBLIOGRAFIJA

ARSO, Atlas okolja. Dostopno na spletu: <http://gis.arso.gov.si/atlasokolja>

ARSO, Oddelka za klimatologijo in kontrolo podatkov, 2007. Izjemen padavinski dogodek 18. septembra 2007. Ljubljana, 17 str.

ARSO, Sektor za analize in prognoze površinskih voda ter Sektor za hidrometrijo, 2008. Visoke vode in poplave 18. septembra 2007. Ljubljana, 12 str.

Brilly, M. in Šraj, M. 2005 . Modeliranje površinskega odtoka in navodila za program HEC-HMS. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, 172 str.

Dyhouse, G. Hatchett, J., Benn, J. 2003. Floodplain Modeling Using HEC-RAS. Connecticut, Haestad Methods: 659 str. Dostopno na spletu:

<http://www.haestad.com/library/books/fmras/floodplainonlinebook/javascript/wwhelp/wwhimpl/js/html/wwhelp.htm>

Gary. W. Brunner. 2008. HEC-RAS, River Analysis System Hydraulics Reference Manual. California, US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center (HEC): 411 str.

Gary. W. Brunner. 2008. HEC-RAS, River Analysis System User's Manual. California, US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center (HEC): 733 str.

Geopedia. Dostopno na spletu: <http://www.geopedia.si/>

O'brien, J. 2007a. FLO-2D Users Manual. Arizona, Software, Inc. & Riada Engineering, Inc.: 87 str.

O'brien, J. 2007b. FLO-2D Data Input Manual. Arizona, Software, Inc. & Riada Engineering, Inc.: 163 str.

Pravilnik o metodologiji za določanje območij, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, ter o načinu razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti (Ur.l. RS, št.60/2007). Dostopno na spletu: <http://www.uradni-list.si/1/content?id=81148>

Uredba o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja (Ur.l. RS, št. 89/2008). Dostopno na spletu: <http://www.uradni-list.si/1/content?id=88381>

US Army Corps of Engineers, 2000. HEC-HMS Hydrologic Modeling System, Technical Reference Manual, ZDA, 155 str. Dostopno na spletu:  
[http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/documentation/CPD-74B\\_2000Mar.pdf](http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/documentation/CPD-74B_2000Mar.pdf)