



EPA SWMM

## **Modelli per simulazioni idrologiche, idrauliche e ambientali**

Roberta Bruno  
Matricola: 838142

# **Software SWMM**

*Storm Water Management  
Model*

Programma prodotto e sviluppato dal Water Supply and Water Resources Division dell'Environmental Protection Agency (US-EPA) gratuitamente scaricabile dal sito:

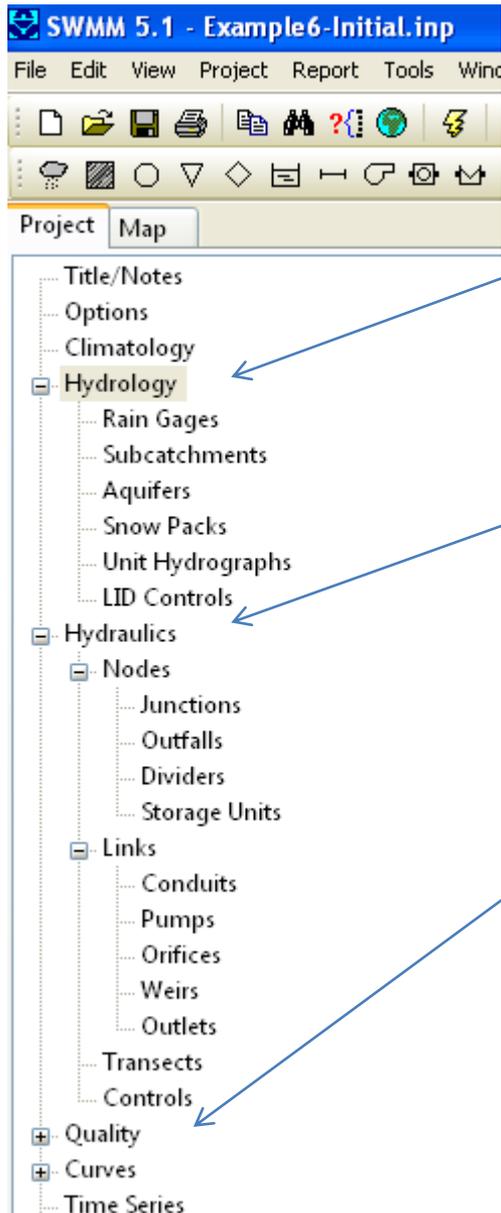
<https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>

EPA SWMM Version 5 è progettato per funzionare su tutte le versioni di Microsoft Windows personal computer operating system. E' distribuito come un singolo file, swmm51xxx\_setup.exe che contiene un self-extracting setup program

# Scopi e finalità del Programma

- Offre la possibilità di compiere calcoli e simulazioni di tipo idraulico su una rete di canali o condotte, sollecitata da fenomeni meteorici o da ingressi di natura diversa.
  
- È in grado di rappresentare i vari processi idrologici che producono il deflusso dalle aree urbane i quali includono:
  - Precipitazione ed evaporazioni d'acqua
  - Accumulo e scioglimento nivale
  - infiltrazione di pioggia negli strati insaturi del terreno
  - interflow fra acqua freatica e la rete di fognatura;
  
- È un software di pianificazione, analisi e progettazione per:
  - stima delle portate di piena
  - fognature miste/ fognature nere
  - sistemi di allontanamento e laminazione delle acque meteoriche in aree urbane
  - applicazioni in aree agricole





# I moduli di SWMM

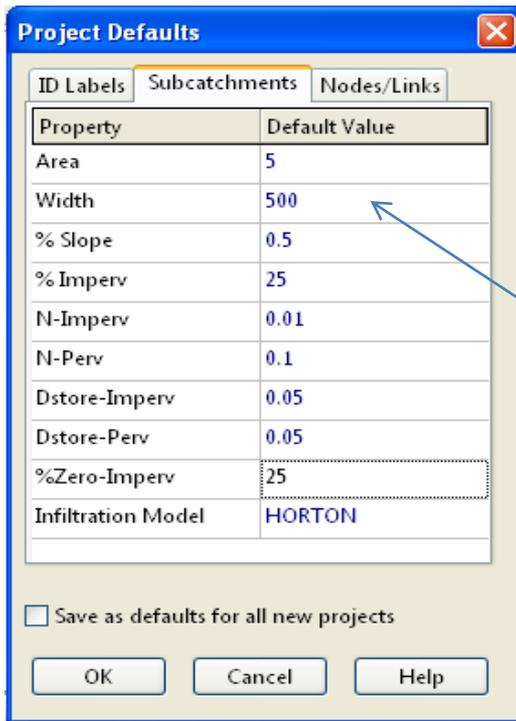
1. Modulo idrologico: stima le portate prodotte da una data precipitazione e descrive il territorio come un mosaico di sottobacini ognuno dei quali ha una caratterizzazione dimensionale e funzionale.
2. Modulo idraulico: propaga le portate (bianche o nere) attraverso una rete idraulica e implementa strutture idrauliche di vario tipo (tubazioni, vasche, sfioratori, impianti di pompaggio, canali a pelo libero)
3. Modulo di qualità: definisce uno o più inquinanti (*pollutants*) presenti nei sottobacini classificandoli alla classe di suolo di appartenenza; definisce modalità di generazione e propagazione lungo la rete.

# Utilizzo del software:

## STEP DA SEGUIRE:

1. Specificare un set di opzioni di default per il nuovo progetto (**Project >> Defaults**)
2. Aggiungere componenti fisiche (oggetti) dell'area di studio (**Project >> Add a New**)
3. Possibile modifica delle proprietà degli oggetti che formano il sistema (**Edit >> Edit Object**)
4. Selezionare un set di opzioni di analisi (**Option>>General>>Simulation Options** )
5. Lanciare la simulazione (**Project >> Run Simulation** )
6. Visione dei risultati della simulazione (**Report >> Status** )

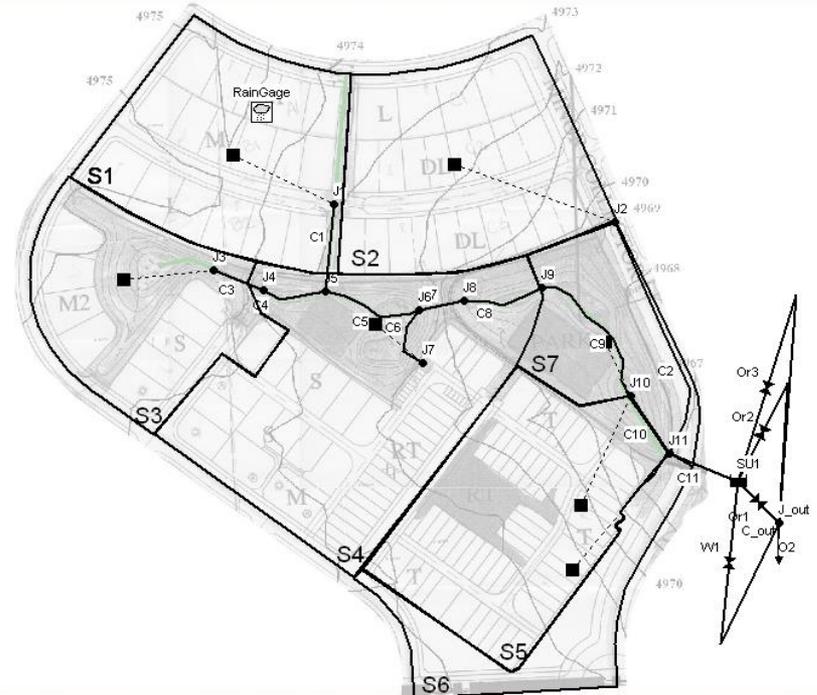
**Facilità di utilizzo:** l'ultima versione 5.1 è basata sulla struttura di calcolo in linguaggio C++; l'interfaccia grafica ne facilita notevolmente l'utilizzo, sia in fase di introduzione della rete e dei relativi parametri, sia nella interpretazione e gestione dei dati ricavati dalle simulazioni. La sua flessibilità permette di modellare reti di fognature urbane ma anche canali aperti con sezioni regolari o di forma varia. Il programma presenta una guida ben dettagliata che permette, a qualunque tipo di utente, di scoprirne appieno le funzionalità.



## Step 1: Project Defaults

1. **ID labels:** permette di inserire l'etichetta che il programma attribuirà automaticamente ad ogni nuovo oggetto aggiunto dall'utente durante il progetto
2. **subcatchment properties** (sottobacini): se ne specifica area, larghezza equivalente, inclinazione, grado di impermeabilità, rugosità delle aree permeabili e impermeabili (e.g., area, width, slope, etc.)

Study Area Map



### 3. node/link properties:

elevazione dei nodi  
lunghezza, pendenza e  
rugosità delle condotte

### Esempio di mappa dell'area di studio:

S: sottobacini

C: condotte

J: giunzioni



## Step 2-3: Adding /Edit Objects dal menu principale o cliccare direttamente sul bottone



| Property                | Value      |
|-------------------------|------------|
| Name                    | RainGage   |
| X-Coordinate            | -175.688   |
| Y-Coordinate            | 1212.778   |
| Description             |            |
| Tag                     |            |
| Rain Format             | INTENSITY  |
| Time Interval           | 0:05       |
| Snow Catch Factor       | 1.0        |
| Data Source             | TIMESERIES |
| TIME SERIES:            |            |
| - Series Name           | TIMESERIES |
| DATA FILE:              |            |
| - File Name             | *          |
| - Station ID            | *          |
| Source of rainfall data |            |

**1. Rain Gages** : forniscono i dati di pioggia sui bacini; inseriti manualmente attraverso appositi editor, oppure caricati da un file di testo esterno. Le principali proprietà in input comprendono informazioni relative

- intensità o al volume della pioggia
- intervallo di registrazione dei dati (ogni ora, 30 minuti, 15 minuti, ecc). Nel caso di esempio TI=0,05

| Group Editor                               |               |
|--|---------------|
| For objects of type                        | Subcatchment  |
| <input type="checkbox"/> with Tag equal to |               |
| edit the property                          | Rain Gage     |
| by replacing it with                       | Name_RainGage |
| OK Cancel Help                             |               |

| Property                                     | Value    |
|--|----------|
| Name   | S5       |
| X-Coordinate                                 | 1153.831 |
| Y-Coordinate                                 | 407.932  |
| Description                                  |          |
| Tag  |          |
| Rain Gage                                    | RainGage |
| Outlet                                       | J10      |
| Area   | 4.79     |
| Width  | 1670     |
| % Slope                                      | 2        |
| % Imperv                                     | 87.7     |
| Y coordinate of subcatchment centroid on map |          |

**2. Subcatchments:** è possibile aggiungere n sottobacini disegnando n poligoni con il mouse sulla mappa. Le due proprietà fondamentali da assegnare ai sottobacini sono :

- *precipitazione* a cui sono soggetti (Rain Gage)
- *nodi* del sistema di drenaggio che ricevono afflusso da esso (Outlet). Esiste anche un apposito editor di gruppo che permette di impostare lo stesso RainGage a tutti i sottobacini dell'area di lavoro.

Edit >> Select All

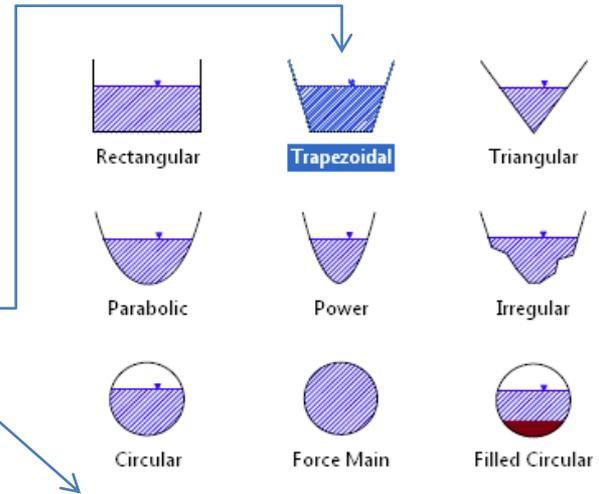
Edit >> Group Edit

3. **Links:** (condotte, pompe, dighe di ritenuta, sbocchi) permettono il transito dell'acqua da un nodo all'altro del sistema. Ogni ramo è schematizzato come un condotto con caratteristiche costanti di forma, pendenza, scabrezza, ecc.
- La *forma* del canale può essere scelta utilizzando un apposito menu del programma, grazie al quale è possibile selezionare una serie di sezioni di formati standard.
  - Vengono specificati il nodo di entrata e uscita della condotta

4. **Nodes:** confluenza dei canali superficiali o, nel caso si utilizzi il programma per sistemi di fognature, i pozzetti (giunzioni, bocche di scarico, derivatori di flusso, unità di stoccaggio) è possibile aggiungere nodi di connessione posizionandoli con il mouse sulla mappa; I principali parametri di input per un nodo sono
- la quota di fondo
  - la quota del terreno
  - eventuali afflussi in ingresso (Inflows)

Un dato interessante è l'*altezza massima raggiungibile* (evidenziata in figura) dal nodo; questa, nel caso di canali e nodi aperti, rappresenta la quota oltre la quale si ha una fuoriuscita dell'acqua e viene calcolata tenendo conto delle altezze dei canali convergenti nel nodo.

5. **Outfall Nodes:** Rappresentano i nodi terminali della rete. E' possibile definire diversi tipi di condizioni (ad esempio fissare il livello che l'acqua deve avere nell'outfall, oppure definire delle serie temporali dei livelli).

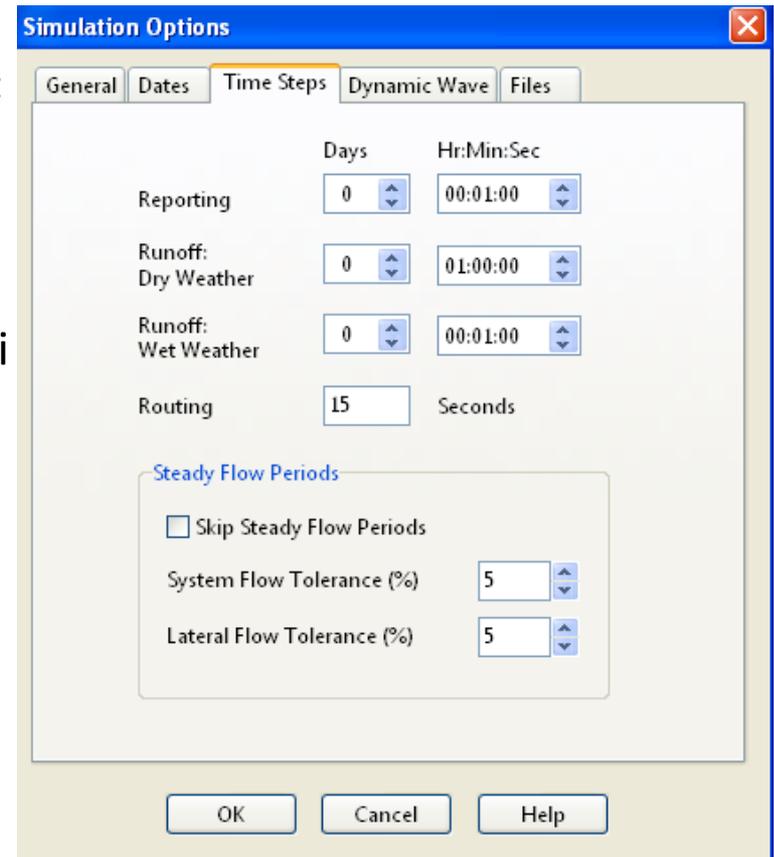


| Conduit C1   |             |
|--|-------------|
| Property   | Value       |
| Name   | C1          |
| Inlet Node   | J1          |
| Outlet Node  | J5          |
| Description  |             |
| Tag  | Swale       |
| Shape  | TRAPEZOIDAL |
| Max. Depth   | 3           |
| Length   | 185.00      |
| Roughness  | 0.05        |
| Inlet Offset                                       | 0           |
| Outlet Offset                                      | 0           |
| Click to edit the conduit's cross section geometry |             |

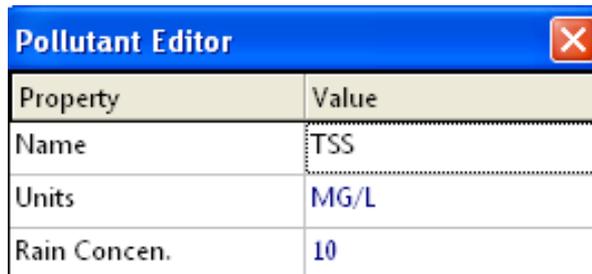
## Step 4: dal Project Browser, selezionare Opzioni e clickare sul bottone

1. **General:** si selezionano i modelli di precipitazione, infiltrazione e propagazione; nel nostro caso: Rainfall/Runoff, Horton model e Dynamic wave
2. **Dates:** data ed ora di inizio e fine della simulazione
3. **Time steps:** passo di simulazione 15 secondi
4. **Dynamic wave:** (modello idraulico di propagazione)
5. **File**

*N.B.* in un secondo momento può essere condotta l'analisi di qualità delle acque, cliccando sul bottone + ed aggiungendo un inquinante al progetto



The screenshot shows the 'Simulation Options' dialog box with the 'Time Steps' tab selected. The 'Reporting' section has 'Days' set to 0 and 'Hr:Min:Sec' set to 00:01:00. The 'Runoff: Dry Weather' section has 'Days' set to 0 and 'Hr:Min:Sec' set to 01:00:00. The 'Runoff: Wet Weather' section has 'Days' set to 0 and 'Hr:Min:Sec' set to 00:01:00. The 'Routing' section has a value of 15 and the unit 'Seconds'. The 'Steady Flow Periods' section has a checkbox for 'Skip Steady Flow Periods' which is unchecked, and 'System Flow Tolerance (%)' and 'Lateral Flow Tolerance (%)' both set to 5. At the bottom are 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.



The screenshot shows the 'Pollutant Editor' dialog box with a table containing the following data:

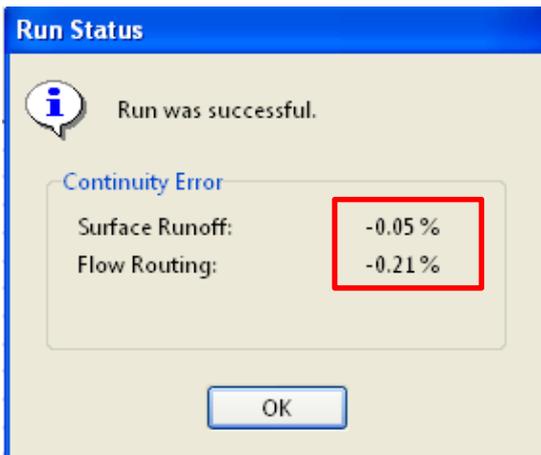
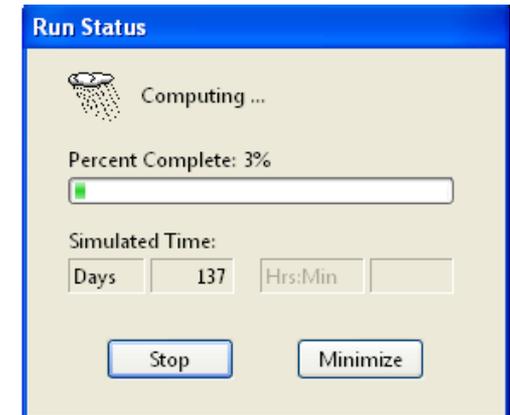
| Property     | Value |
|--------------|-------|
| Name         | TSS   |
| Units        | MG/L  |
| Rain Concen. | 10    |

## Step 5: lanciare simulazione cliccando sul bottone



- Per lanciare una simulazione cliccare **Project >> Run Simulation** dal Menu principale.

1. Comparirà una finestra che mostra l'avanzamento della simulazione



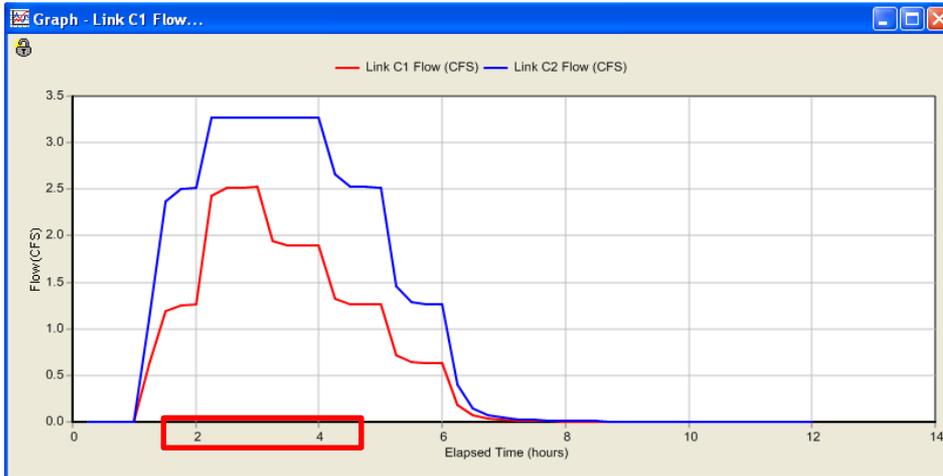
2. Se non vengono riscontrati errori (ad esempio errori di file oppure errori di layout nel sistema di drenaggio) comparirà la finestra come di lato. Gli errori di continuità rappresentano la differenza in percentuale tra initial storage + total inflow e final storage + total outflow dell'intero sistema di drenaggio. Se viene superato il 10% la validità dei risultati potrebbe non essere garantita (nel caso in questione siamo ben al di sotto)

Il software offre diverse modalità di visualizzazione delle statistiche di analisi:

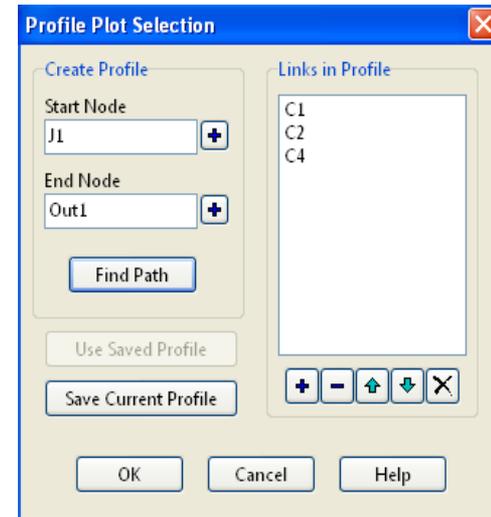
- *status report*: informazioni utili sulla qualità della simulazione includendo bilanci di massa di precipitazione, evaporazione infiltrazione ecc
- *summary report*: lista di risultati per ogni sottobacino, nodo e condotta
- *map views*
- *graphs, tables and a statistical frequency report.*

# Step 6: risultati della simulazione- Visualizzazione su grafici(esempi)

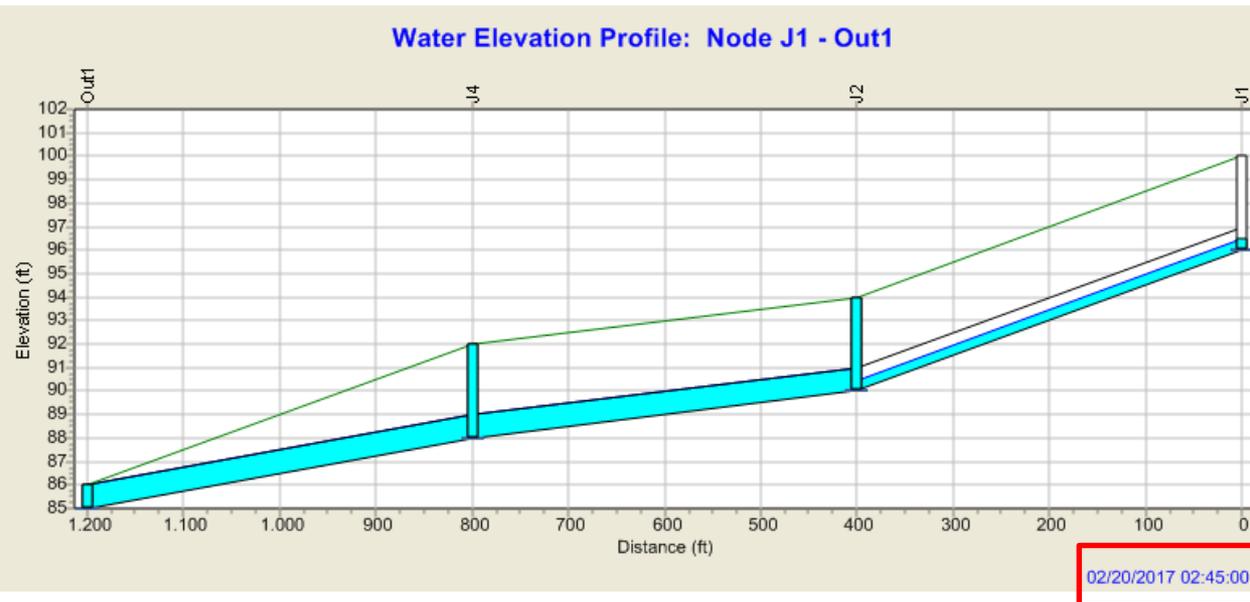
## 1. Report >> Graph >> Time Series



- Andamento nel tempo del flusso attraverso la condotta C1 e C2;
- Unità di misura CFS (cubic feet per second)



## 2. Report >> Graph >> Profile



- Profilo dell'acqua lungo il tratto J1-Out1. Da notare come nei nodi J4 e J2 il livello si innalza proprio coerentemente con il tempo in cui si ha un picco del flusso (visibile dal grafico Time Series); esso ha infatti un picco tra 2 e 4 ed il profilo è calcolato per **t= 02:45:00**