

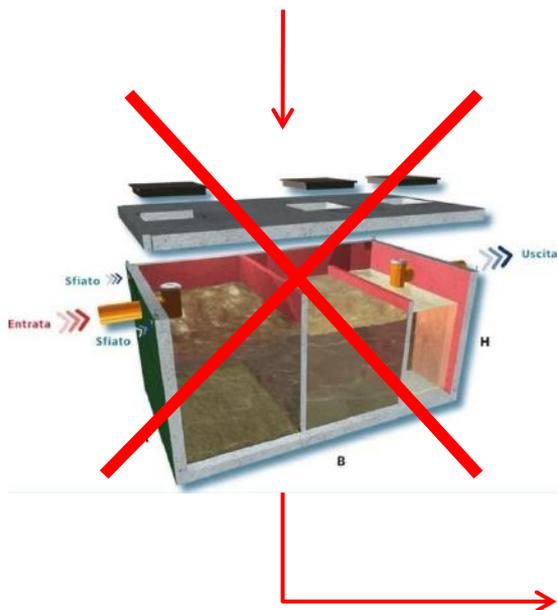
# La modellazione della Rete Fognaria di Firenze





## Oggetto

La modellazione della rete fognaria della città di Firenze è inserita all'interno di uno studio di dettaglio effettuato nella zona del centro Storico commissionato da Publiacqua SpA a Ingegnerie Toscane srl nel 2014.

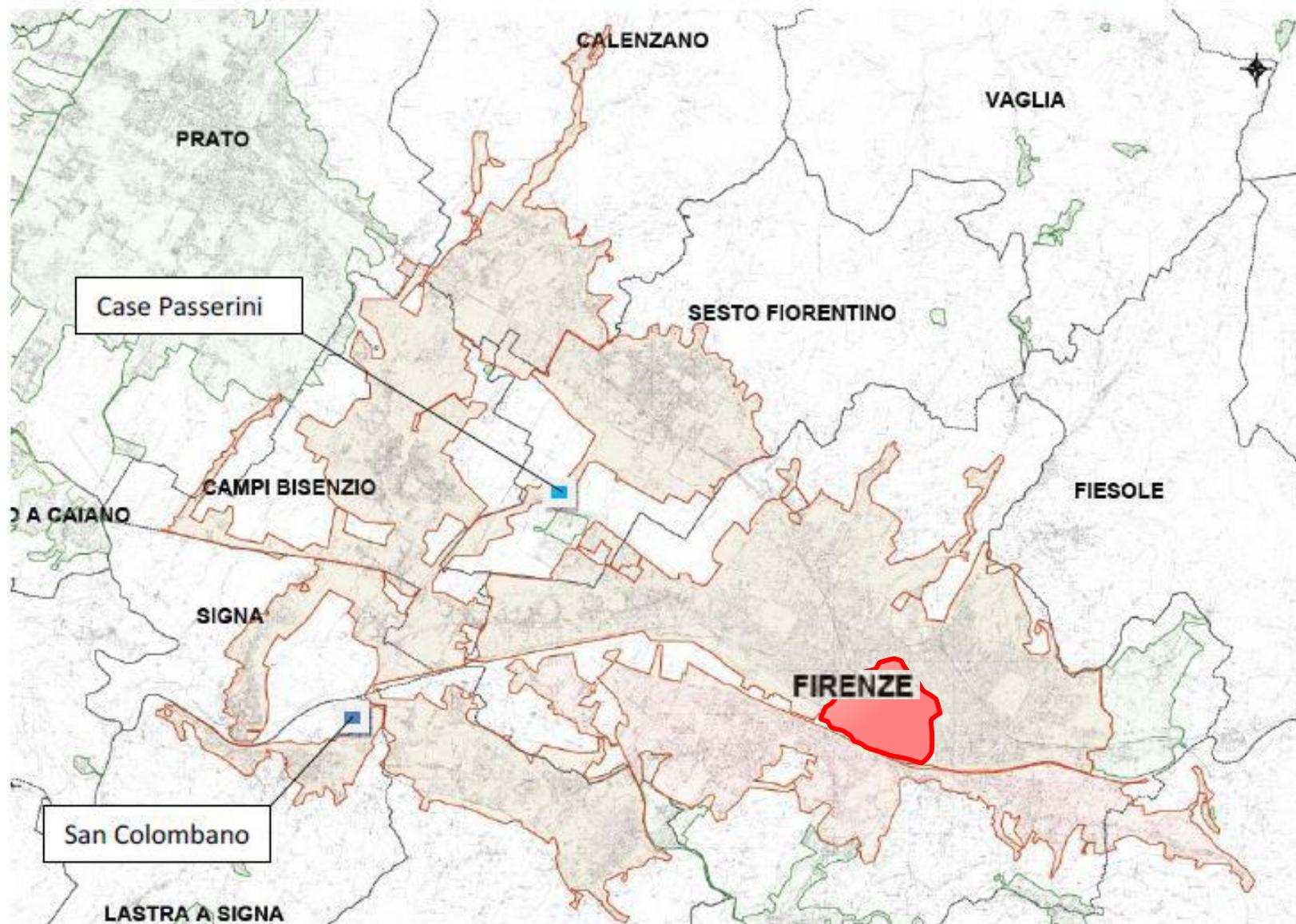


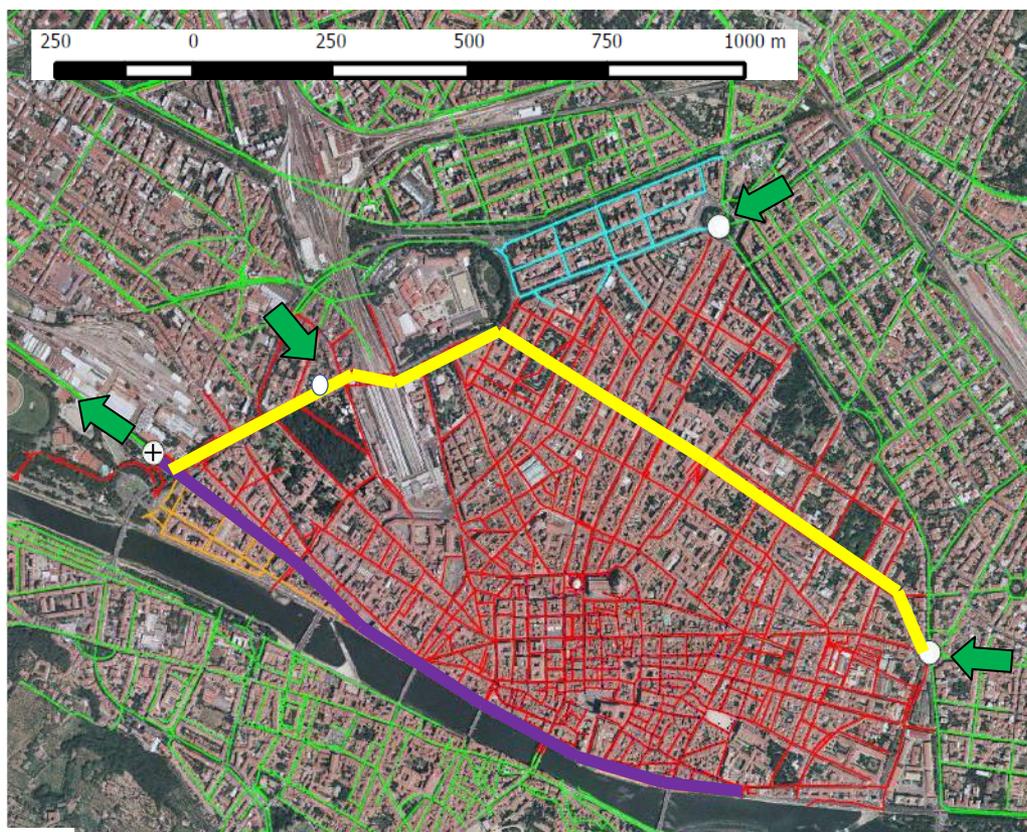
## Obiettivo

L'obiettivo dello studio era l'analisi della fattibilità tecnico/economica relativa alla dismissione delle fosse biologiche a piè d'utenza.



AREA DI STUDIO - ZONA DEL CENTRO STORICO





- |  |                                      |  |   |
|--|--------------------------------------|--|---|
|  | Altre reti fognarie                  |  | Collettore POGGI                              |
|  | Rete fognaria Centro Storico         |  | Collettore CHIESI                             |
|  | Altra rete fognaria (Mugnone)        |  | Punti di Immissione di reflui da altre reti   |
|  | Altra rete fognaria (F.lli Rosselli) |  | Punti di uscita dei reflui dal Centro Storico |

## I numeri dell'Area di Studio

- 3,8 Km<sup>2</sup> Superficie drenata
- 8607 Contatori acquedotto
- 6.500.000 mc/anno volume fatturato utenti acquedotto
- **85 Km di rete fognaria MISTA**
- 27 pozzetti/km densità lineare di pozzetti
- 1,2 m Larghezza media dei collettori
- 2 collettori storici principali: POGGI (dal 1860, indicato in GIALLO) e CHIESI (dal 1834, indicato in VIOLA)
- 2000 Pozzetti di ispezione
- 3 scolmatori di piena
- 3 Punti di alimentazione del distretto (PIAZZALE BECCARIA, PIAZZA DELLA LIBERTA' e BELFIORE) e 1 di chiusura in VIA FOSSO MACINANTE
- **Rappresenta il 10% delle fogne del Comune**

**COMPLETAMENTO DEL RILIEVO**

**COSTRUZIONE MODELLO IDRAULICO**

**CAMPAGNA DI MISURE**

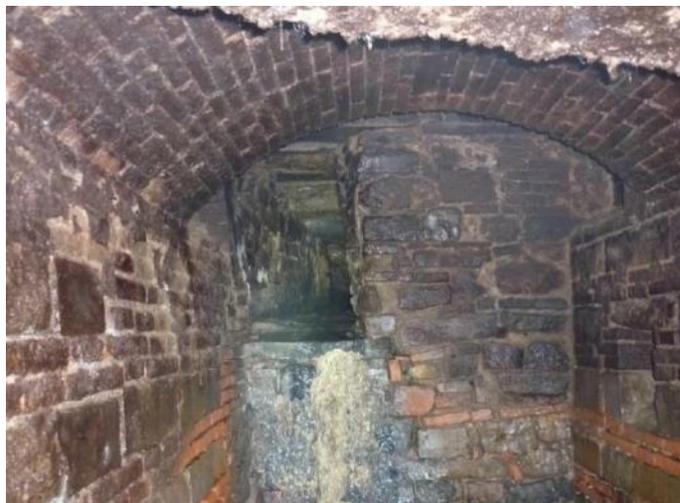
**TARATURA DEL MODELLO**

**IDENTIFICAZIONE DELLE ZONE CRITICHE**

**CARATTERIZZAZIONE SEDIMENTI FOGNARI**

**CARATTERIZZAZIONE REFLUI FOGNARI**

**SVILUPPI FUTURI**



Esempio di Immissione fognaria Secondaria



Stazione Totale utilizzata per il rilievo



Distanziometro laser utilizzato per il rilievo



Collettore Fognario POGGI

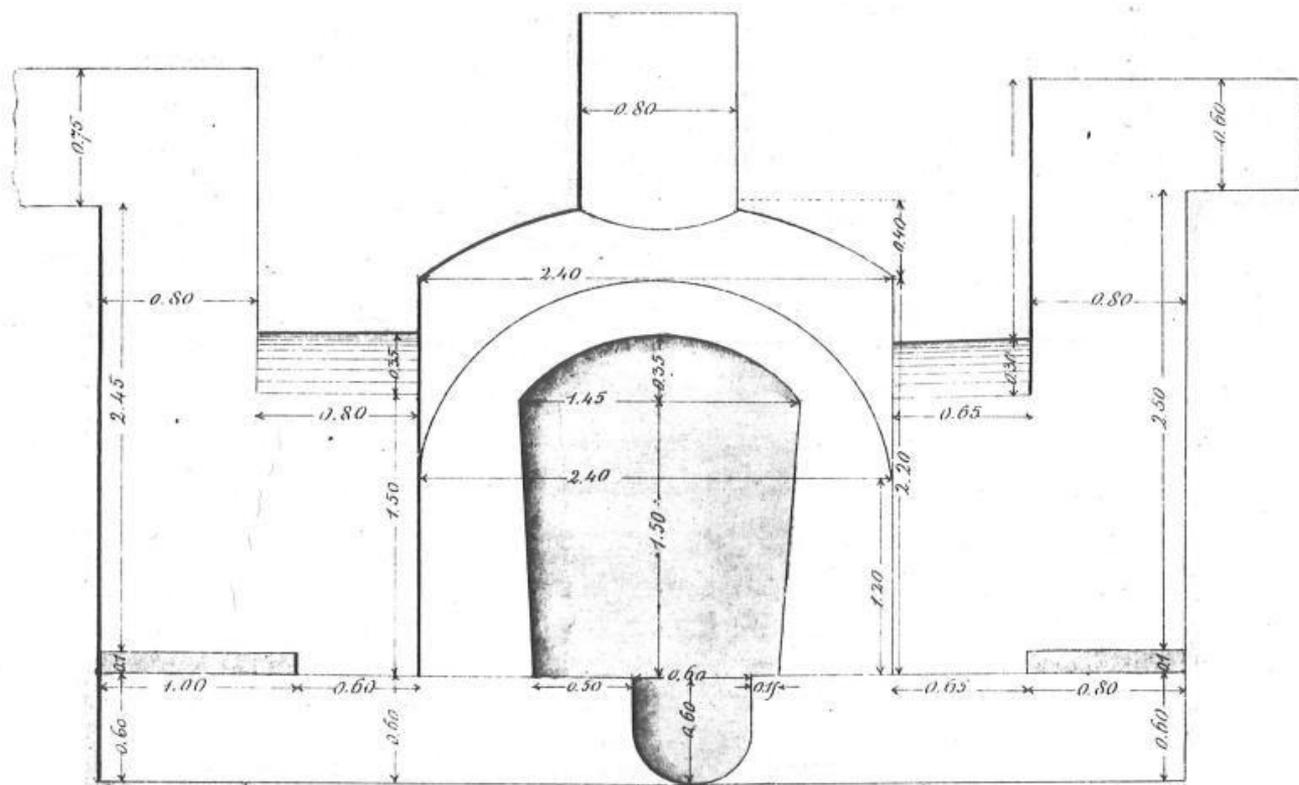
Nel 2014 è stato completato il rilievo di precisione di tutto il centro storico all'interno dei viali

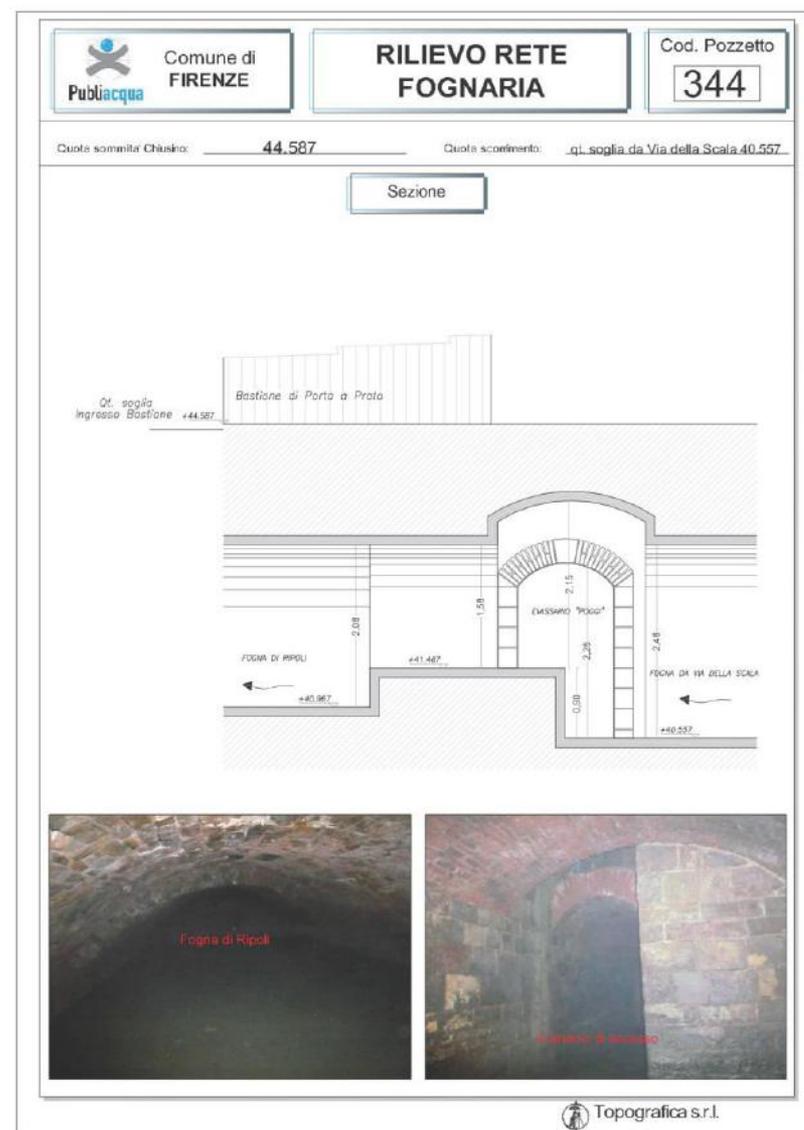
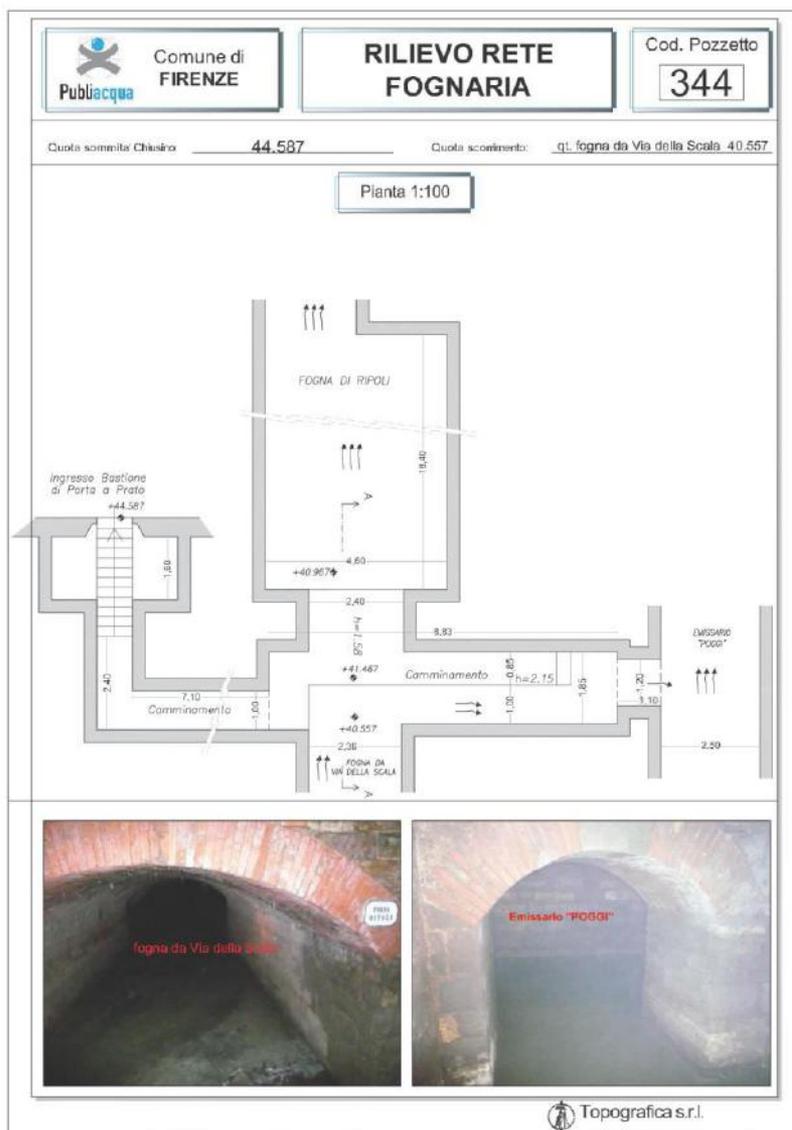
### Caratteristiche del centro storico

Rete fognaria	85 km
Pozzetti di ispezione	circa 2000

Nella zona del centro in molti casi è stata integrata la mappatura con dati storici provenienti da profili e sezioni risalenti alla fine dell' 800.

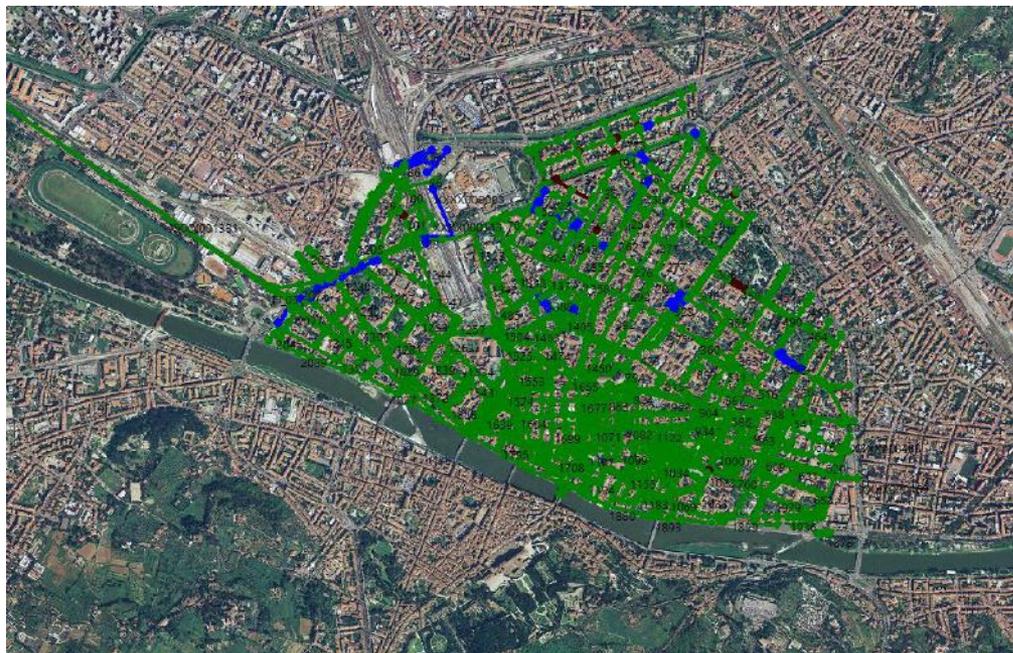
*Sezione 6*





## DATI DI INPUT

- Cartografia 2D completa della rete fognaria
- Rilievo plano-altimetrico di dettaglio ( **solo pozzetti accessibili**)
- Rilievo altimetrico del terreno (LIDAR – Regione Toscana)
- Profili e sezioni cartacee di fine '800
- Criteri di gestione Organi di manovra



## IL SOFTWARE

**INFOWORKS ICM  
HR Wallingford**

3083 Tubazioni (**130** non connesse a nodi)

2997 Nodi, circa **100** isolati

**ANALISI DI  
CONSISTENZA**

**INTEGRAZIONE DATI  
VIA SOFTWARE**

**RICHIESTA #20  
APPROFONDIMENTI IN SITU**

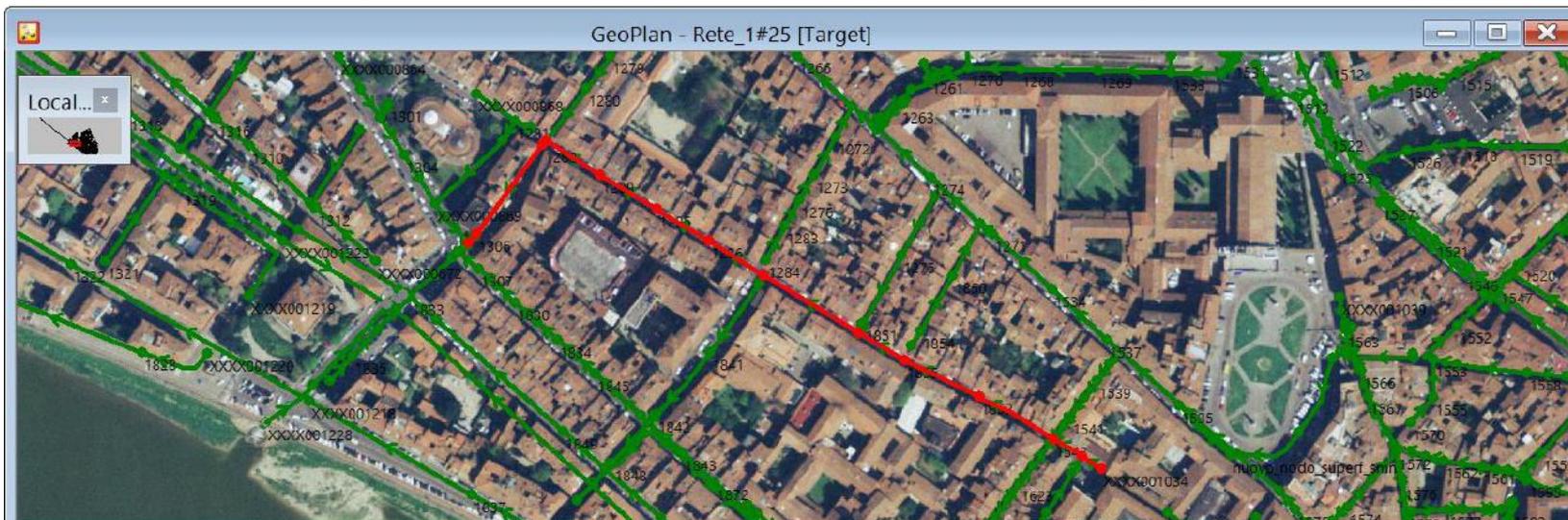
## ASSEGNAZIONE QUOTE DI SCORRIMENTO MANCANTI (45% del totale)

COSTRUZIONE MODELLO IDRAULICO



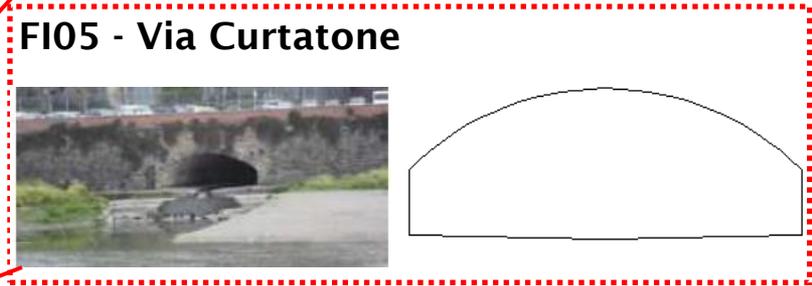
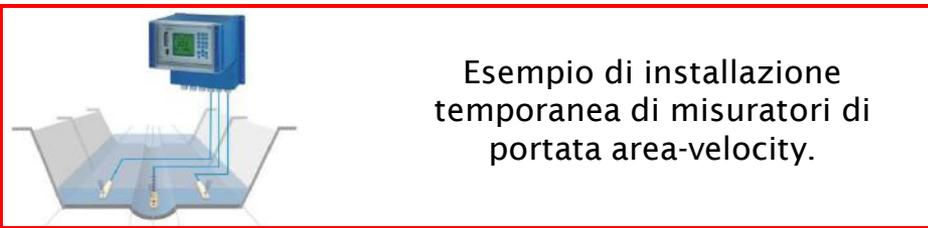
# ASSEGNAZIONE QUOTE DI SCORRIMENTO MANCANTI (45% del totale)

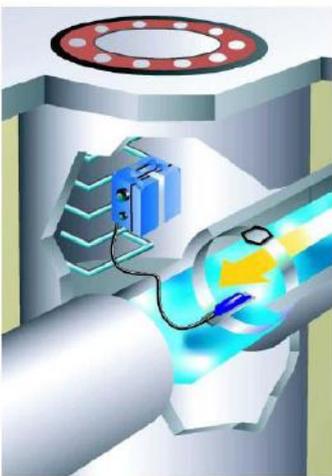
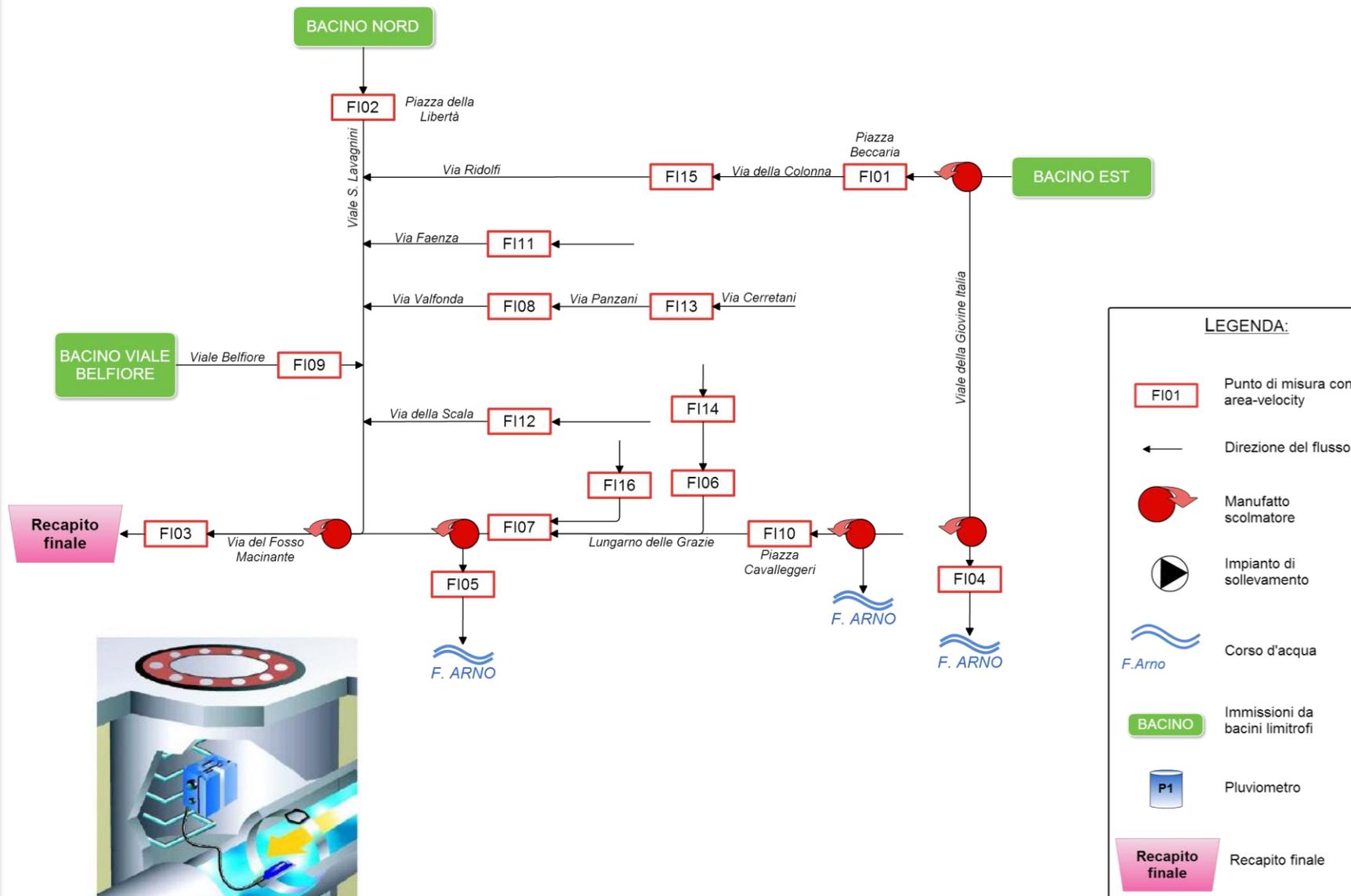
COSTRUZIONE MODELLO IDRAULICO











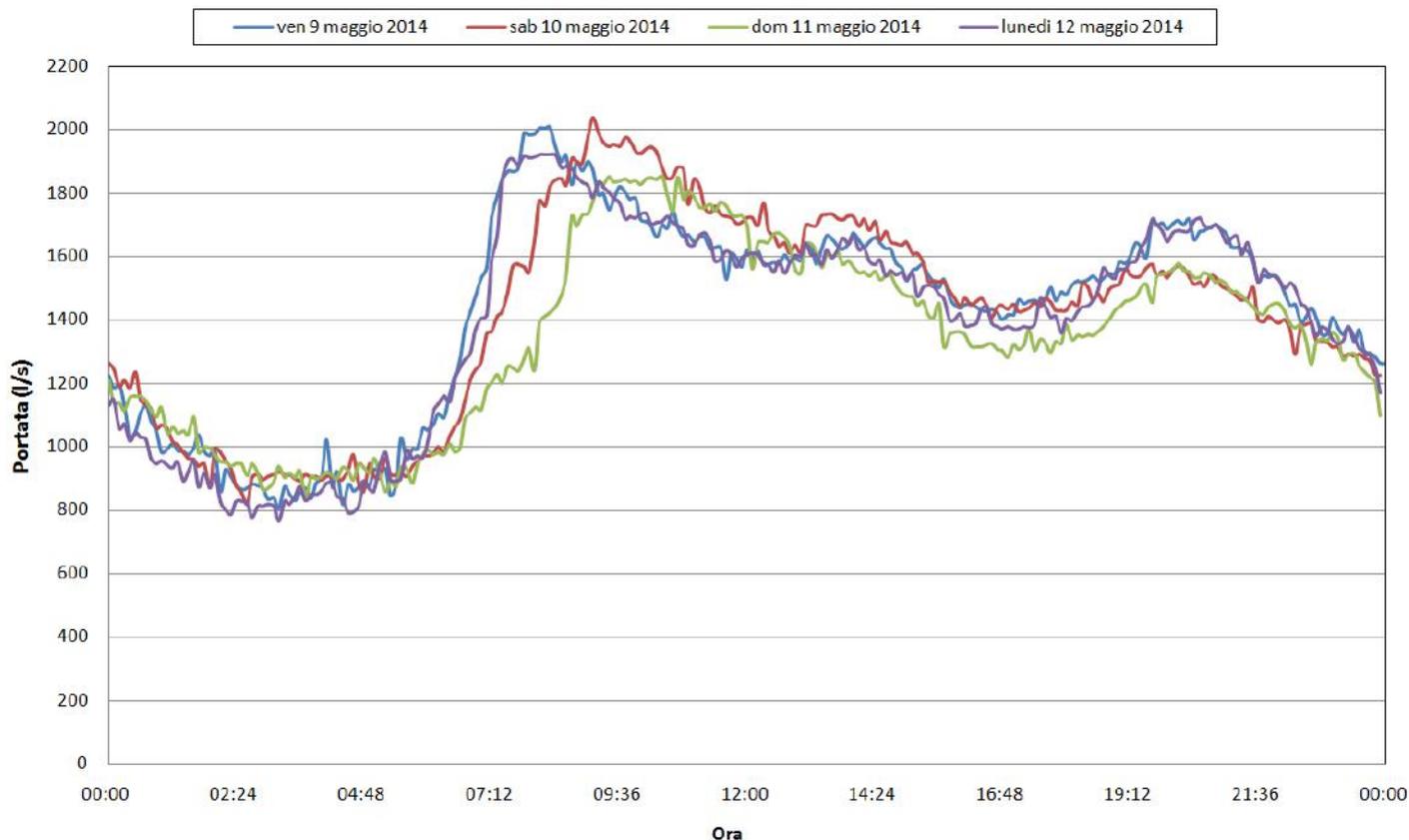
CAMPAGNA DI MISURE



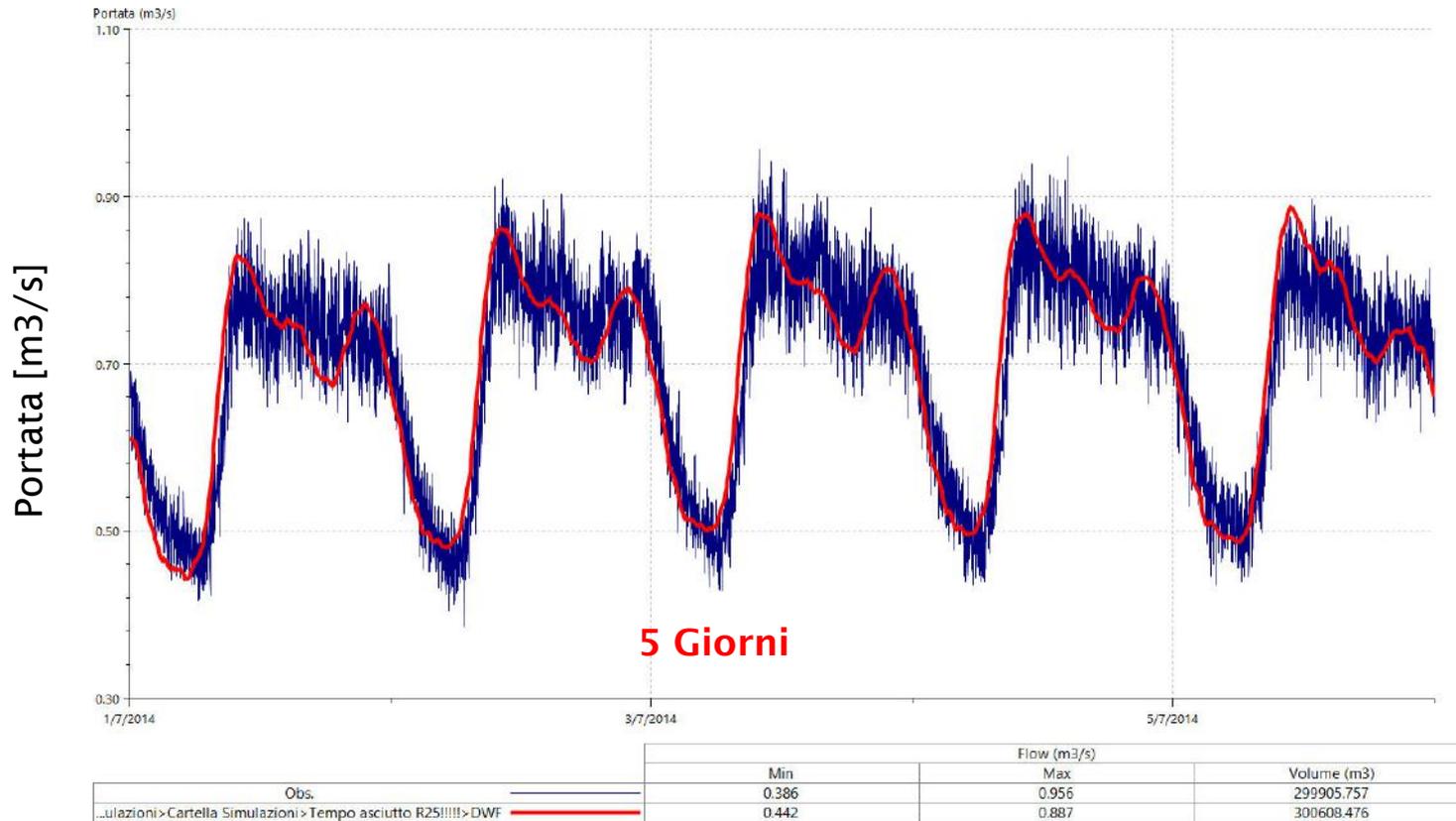
## # 2 Pluviometri aggiuntivi



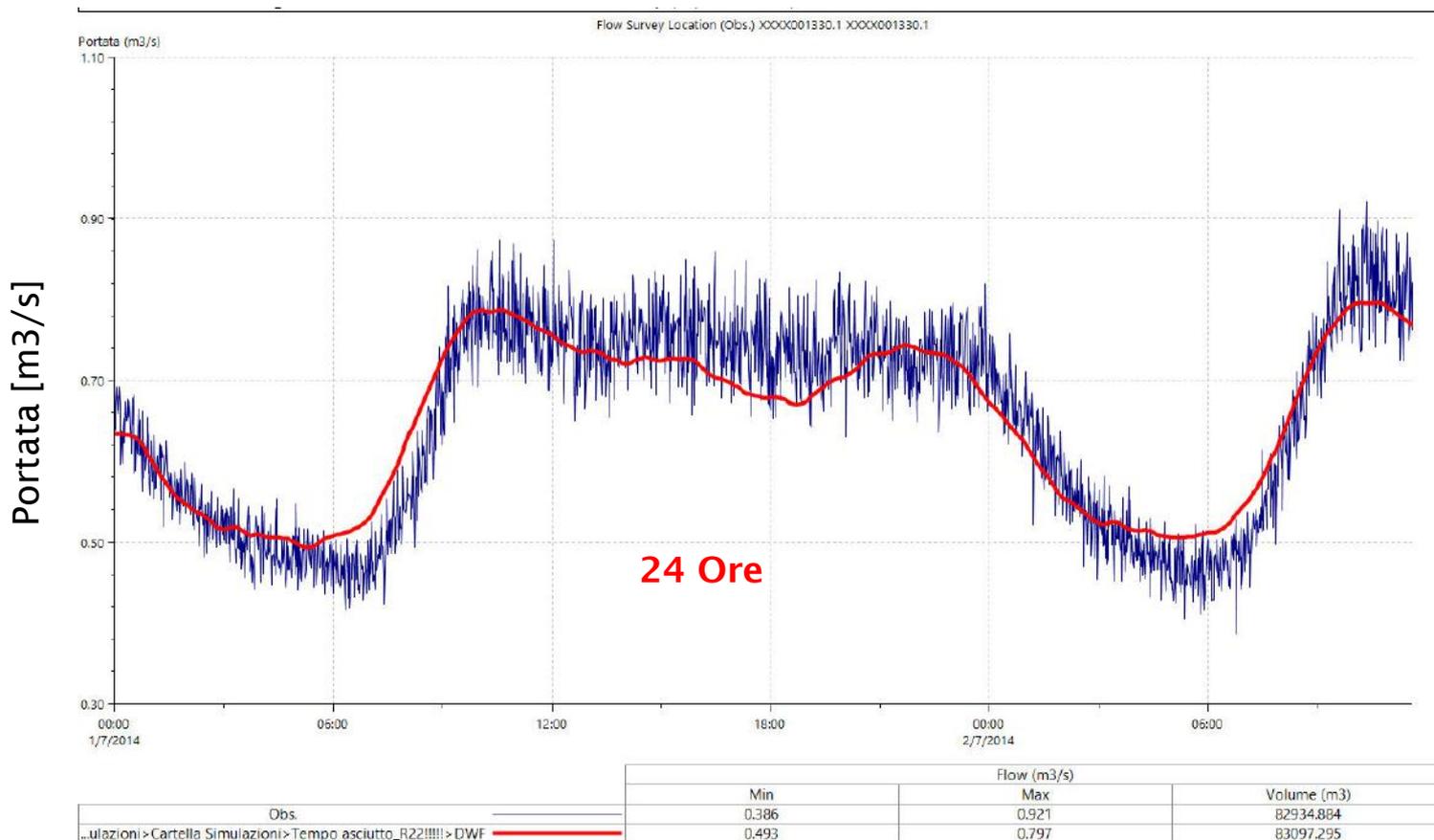
### Consumo giornaliero Firenze - città



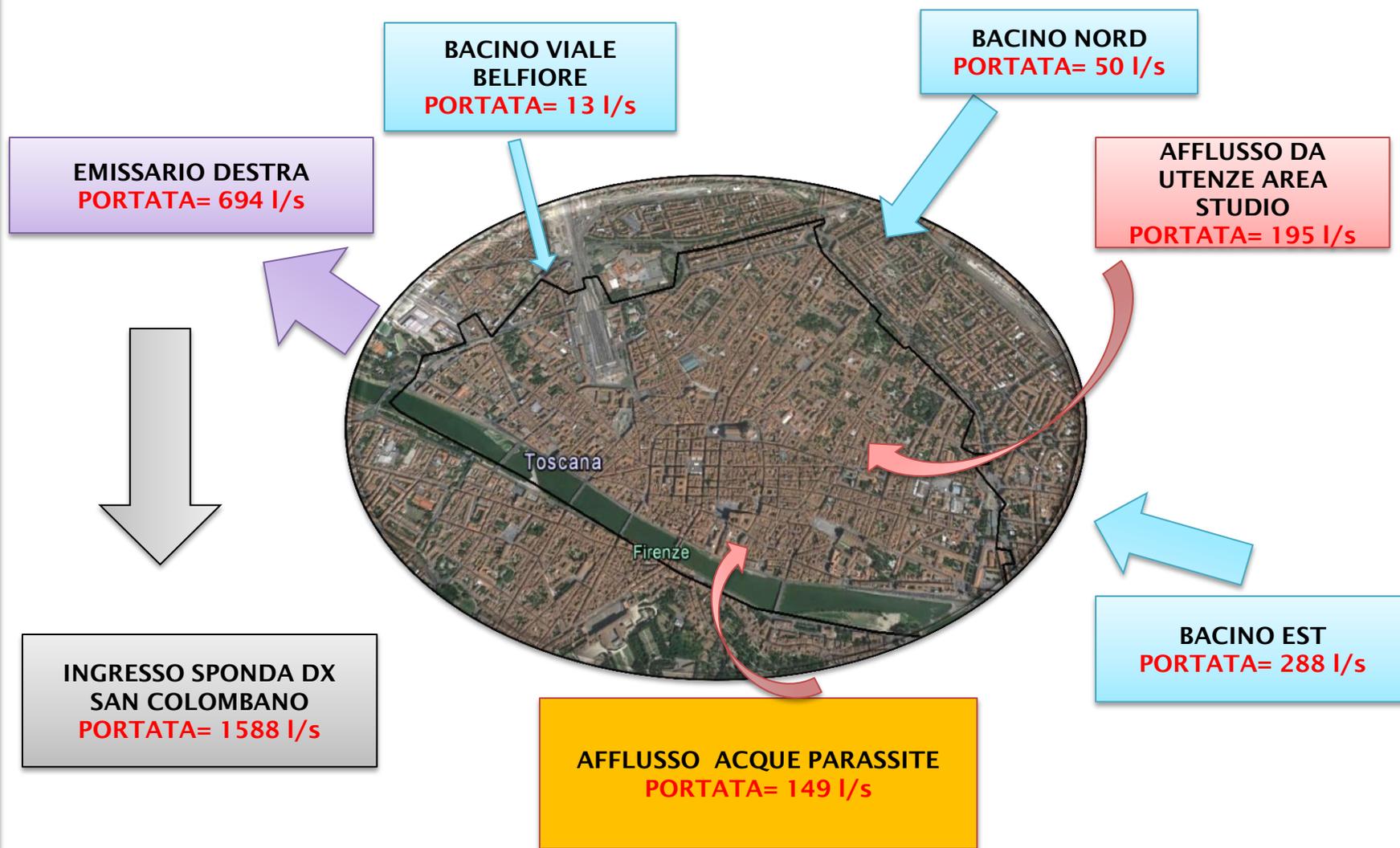
**Il Profilo di consumo giornaliero acquedotto dell'Area Firenze al netto delle perdite (impresso in rete) è stato attribuito a ogni singola utenza (domestica o assimilabile);  
 Il volume associato ad ogni utenza è invece dedotto dal volume fatturato annuo (m<sup>3</sup>/anno) → ( Qm nera (l/s) +10% Valore LUGLIO ) \* Coef afflusso = 0,85**



**PORTATE MISURATE IN USCITA DAL BACINO (in BLU) e PORTATE SIMULATE DAL MODELLO IDRAULICO (in ROSSO).**  
**Il Modello risulta ben calibrato e rappresentativo in tempo secco**

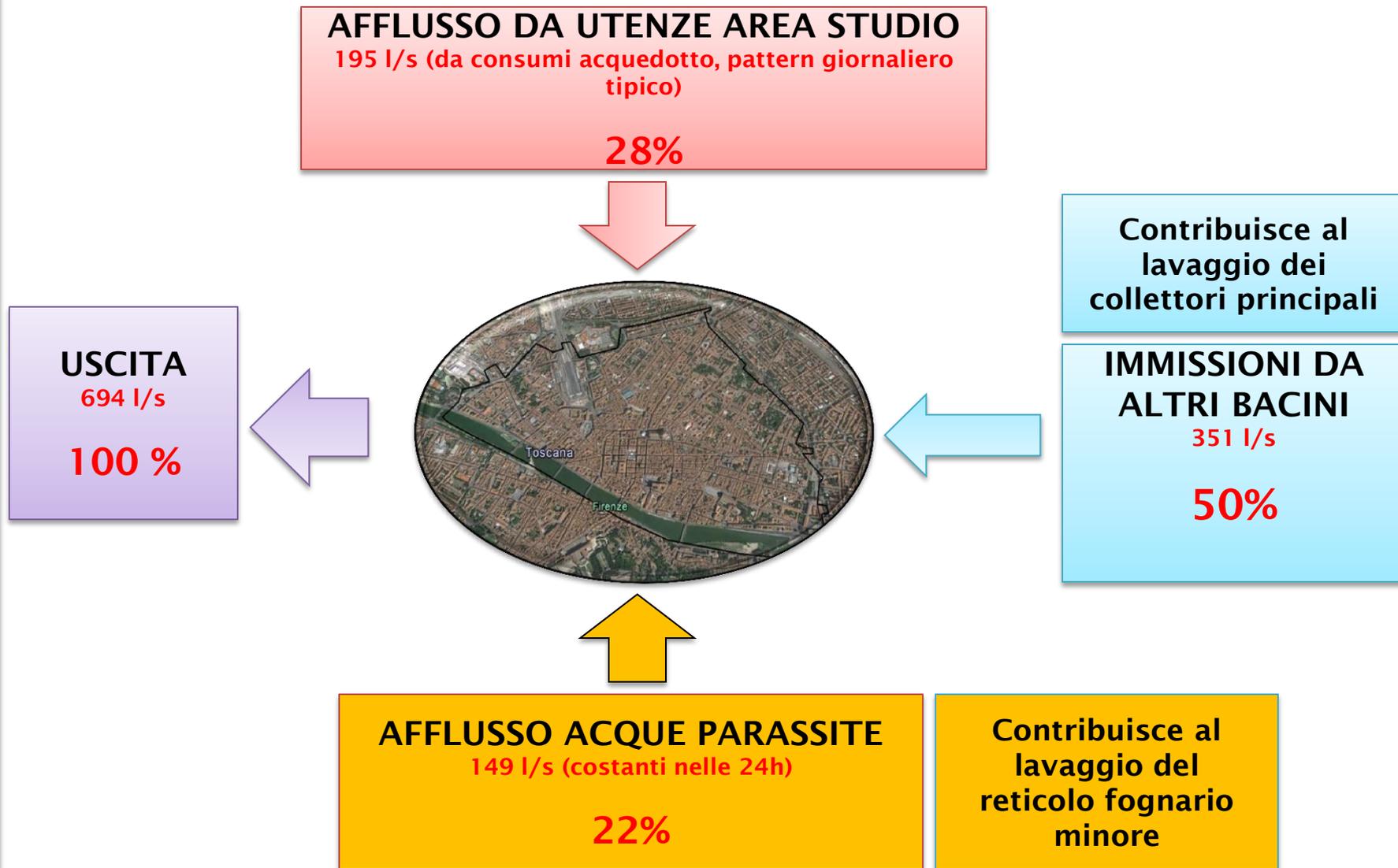


**PORTATE MISURATE IN USCITA DAL BACINO (in BLU) e PORTATE SIMULATE DAL MODELLO IDRAULICO (in ROSSO).  
Il Modello risulta ben calibrato e rappresentativo in tempo secco**



CONDIZIONI DI TEMPO SECCO (Luglio 2014)

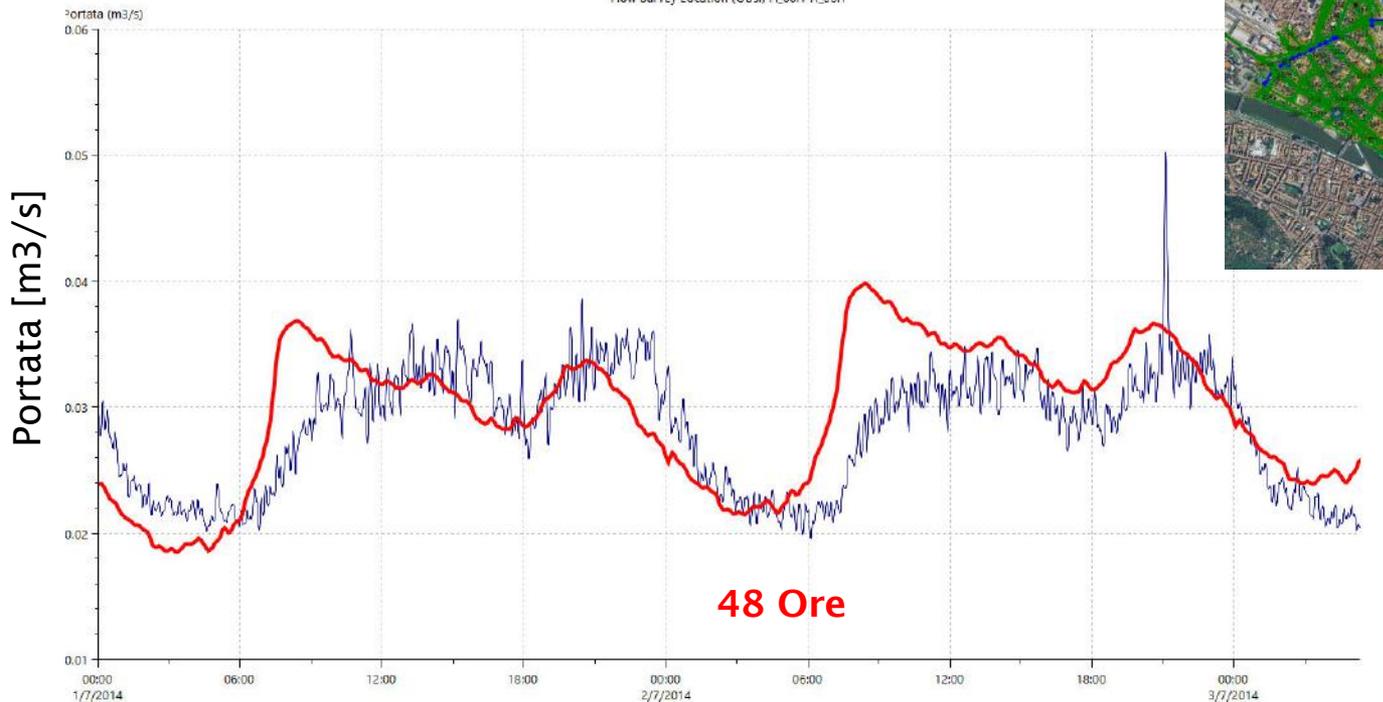
TARATURA DEL MODELLO



CONDIZIONI DI TEMPO SECCO (Luglio 2014)

Observed / Predicted Plot Produced by Andrea (15/10/2014 16:28:43) Page 14 of 14  
 Dati Monitoraggio: >FNG\_FI>Cartella Dati Monitoraggio>Dati Monitoraggio 01-05 Luglio 2014 (secco) (29/09/2014 17:01:31)  
 Risultati Simulazione: >FNG\_FI>Simulazioni>Cartella Simulazioni>Tempo asciutto R25!!!!>DWF (14/10/2014 12:36:17)  
 Formattazione Grafici: >FNG\_FI>Cartella Formattazione Grafici>Formattazione Grafici (14/10/2014 10:57:51)

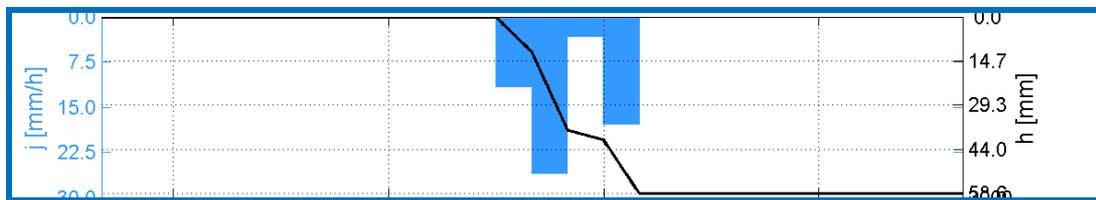
Flow Survey Location (Obs.) FL\_06.1 FL\_06.1



	Flow (m3/s)			Volume (m3)
	Min	Max		
Obs.	0.020	0.050		5428.747
...ulazioni>Cartella Simulazioni>Tempo asciutto R25!!!!>DWF	0.019	0.040		5661.864

**PORTATE MISURATE Nel Punto F\_06 (in BLU) e PORTATE SIMULATE DAL MODELLO IDRAULICO (in ROSSO).**

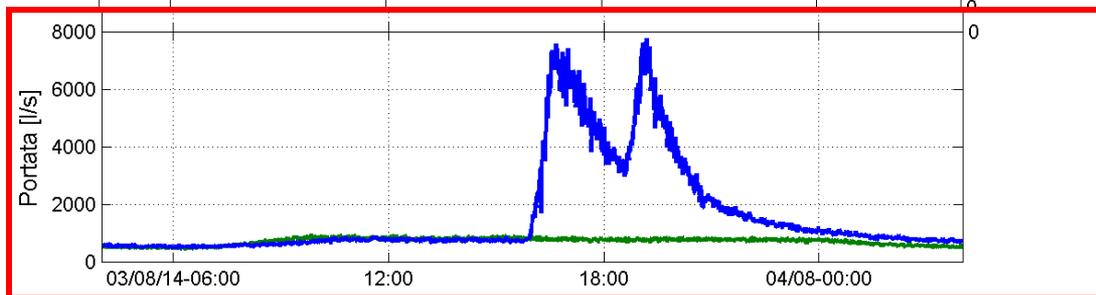
**Il Modello risulta validato anche dei bacini minori (AREA ROSSA), dove il pattern complessivo è meno rappresentativo**



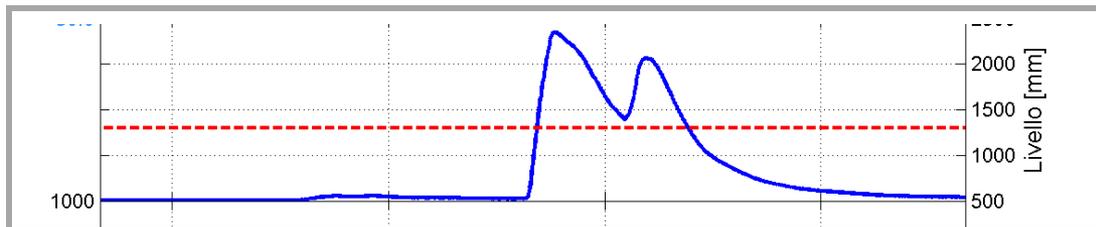
EVENTO DI PIOGGIA



LIVELLO RIEMPIMENTO TUBAZIONE DI USCITA DAL CENTRO STORICO (in rosso cielo tubazione)



PORTATA IN USCITA DAL CENTRO STORICO

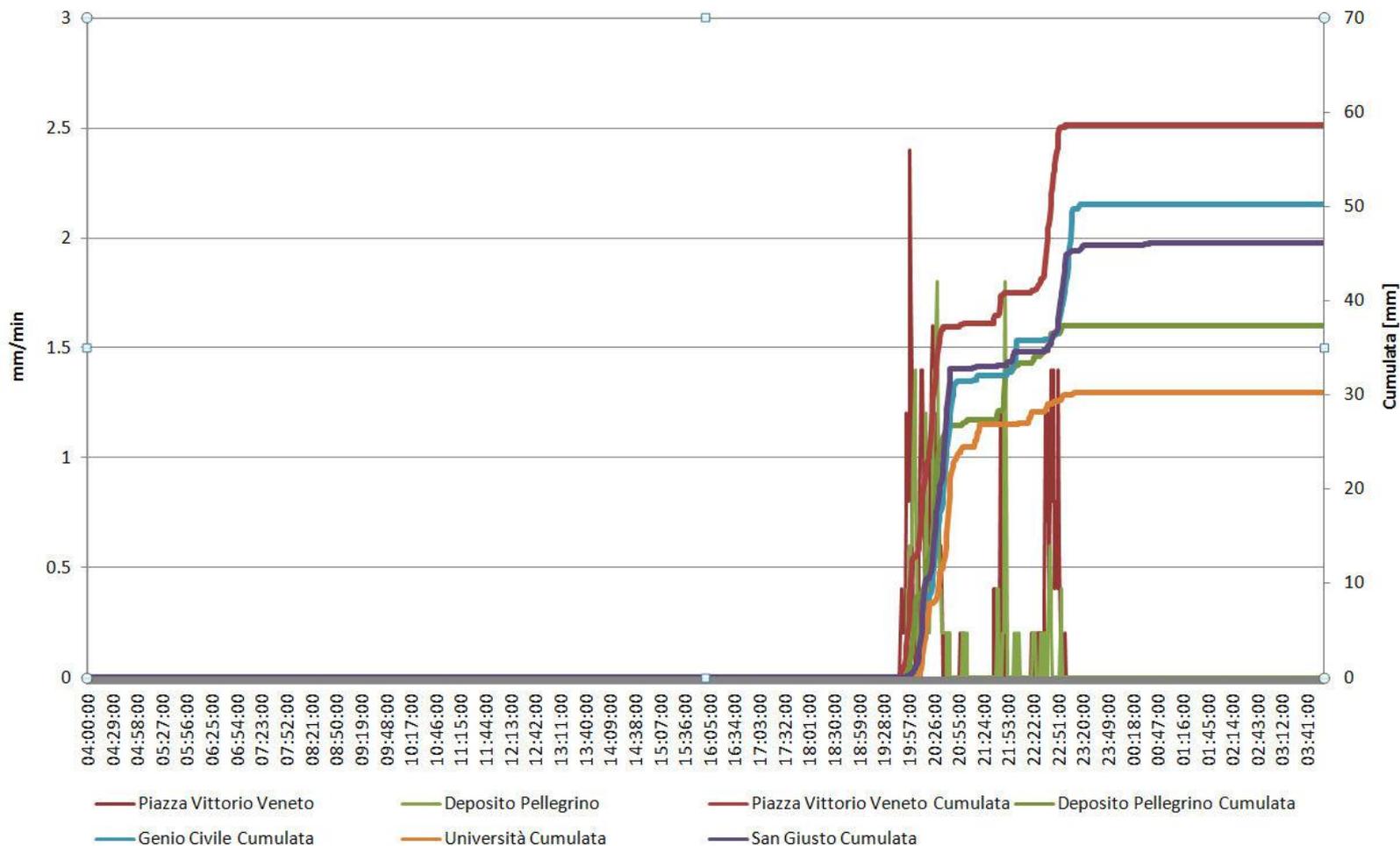


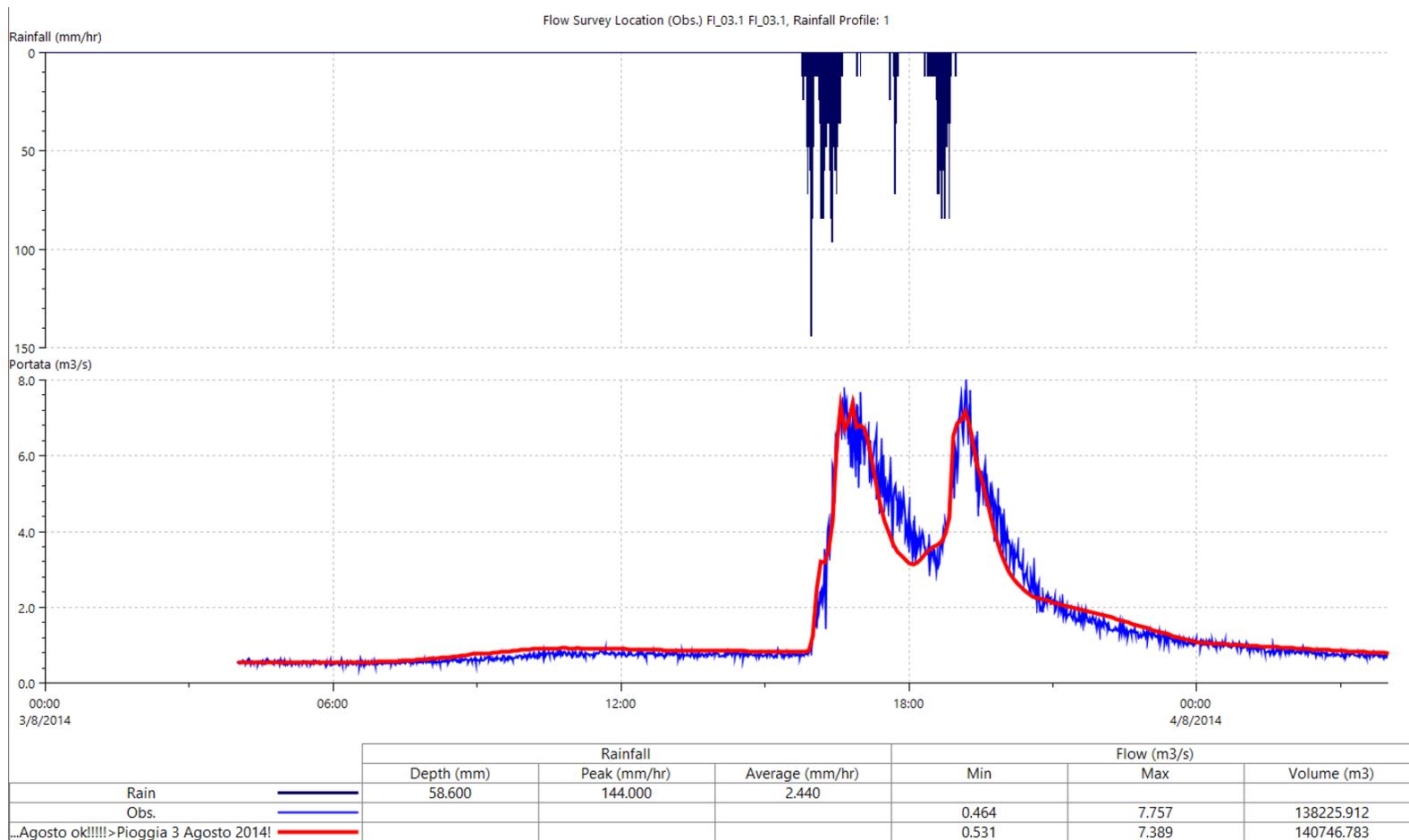
LIVELLO ALLO SCOLMATORE VIA CURTATONE (in rosso il livello di attivazione scolmatore)

LEGENDA

- mm di pioggia
- cumulata di pioggia
- Livello in tempo di pioggia
- Tempo secco
- Tempo di pioggia

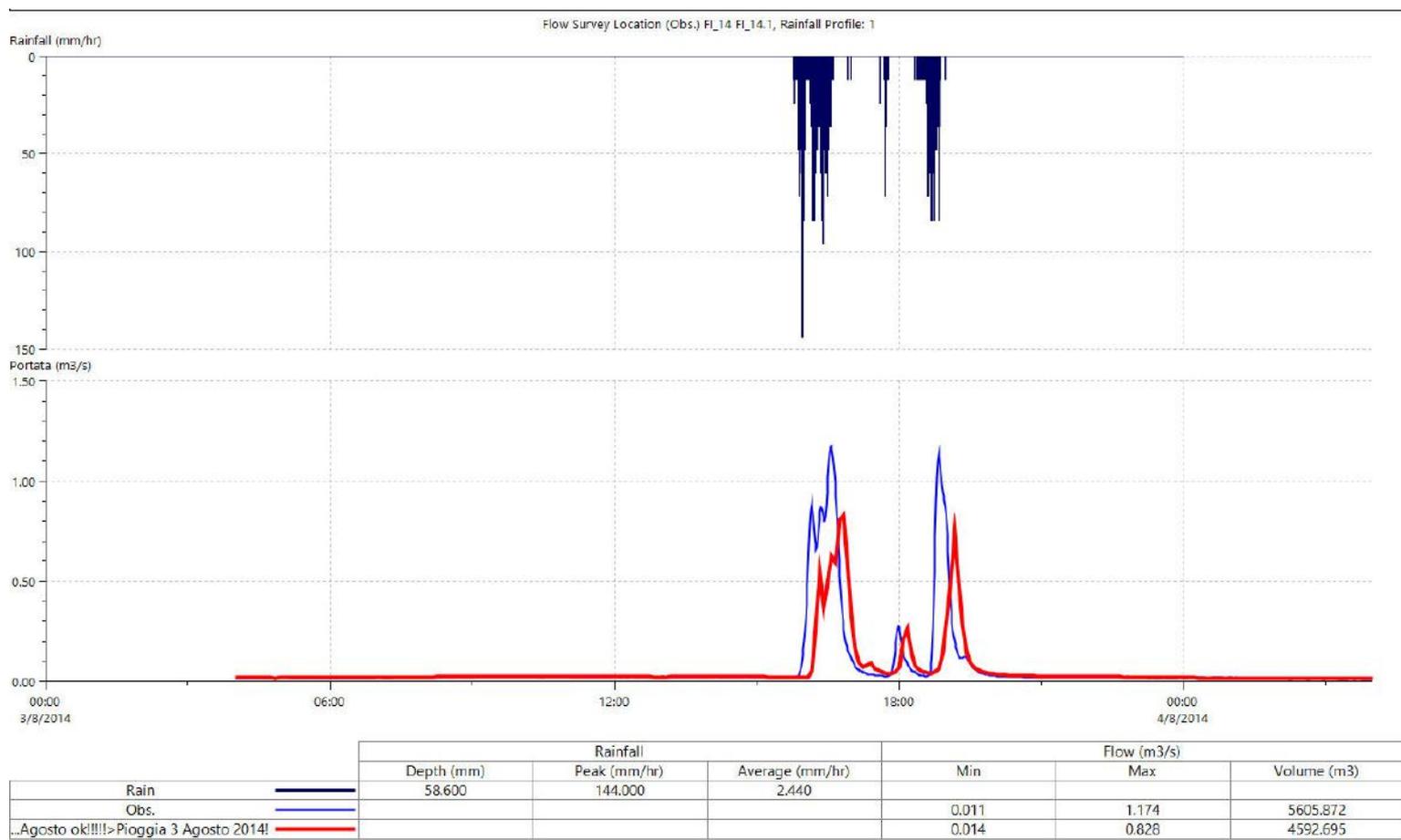
### Pluviometria 03 Agosto 2014



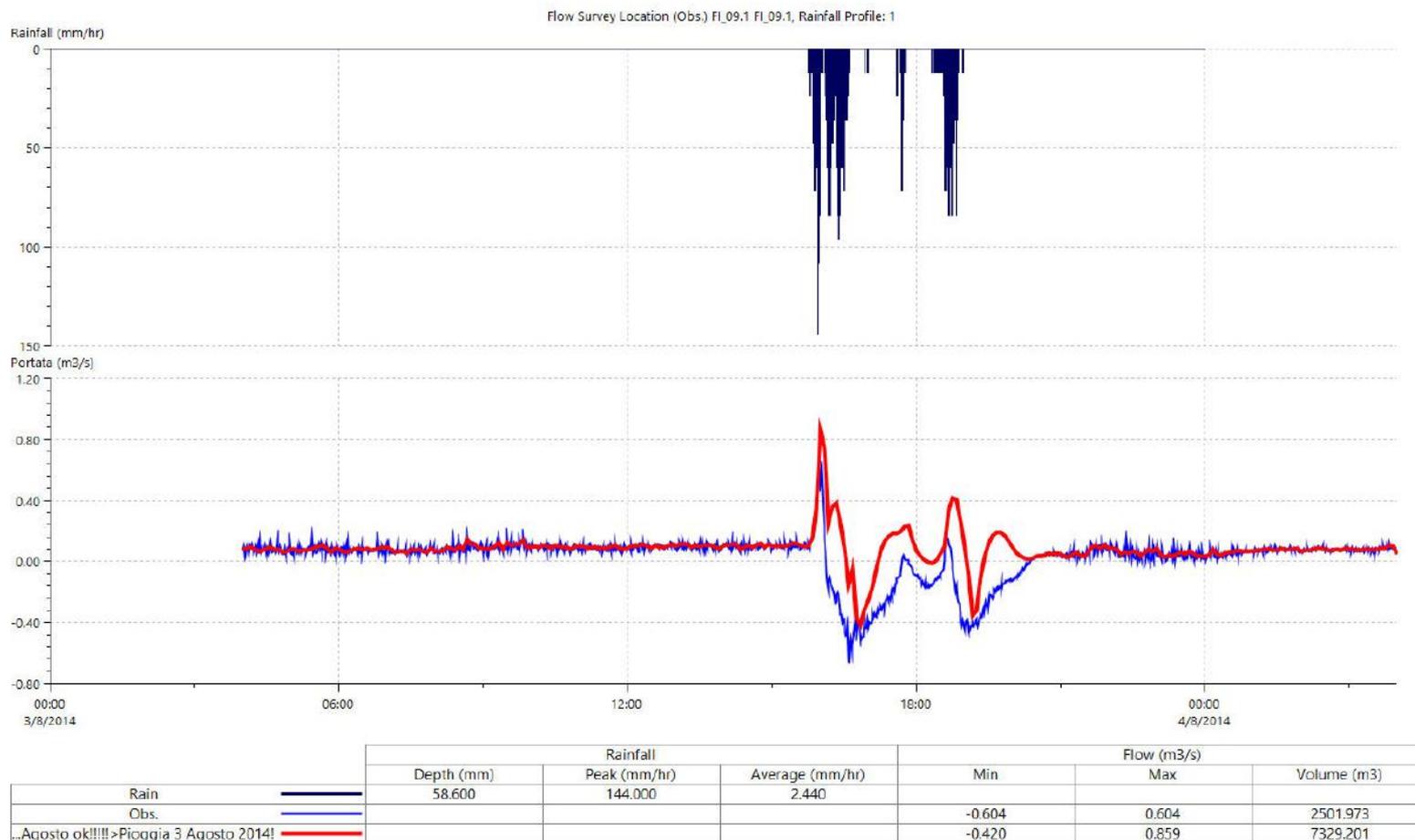


**PORTATE MISURATE IN USCITA DAL BACINO (in BLU) e PORTATE SIMULATE DAL MODELLO IDRAULICO (in ROSSO).**

**Il Modello risulta ben calibrato e rappresentativo in tempo di pioggia  $Cd = 0,7$**

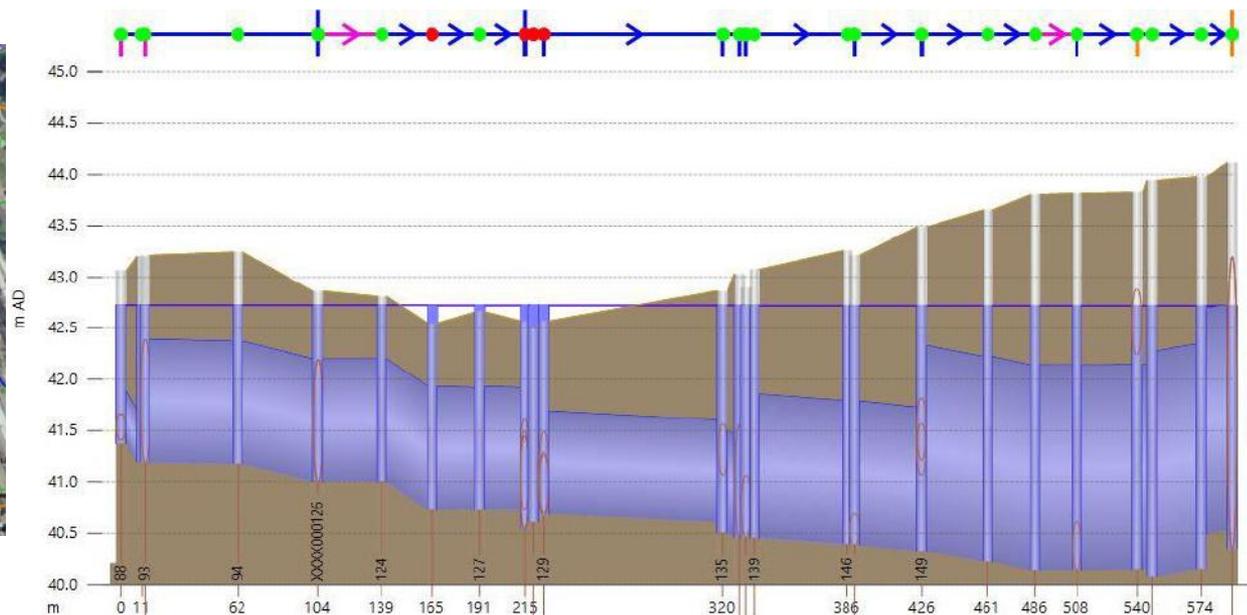


**PORTATE MISURATE IN FI14 Via Verdi (in BLU) e PORTATE SIMULATE DAL MODELLO IDRAULICO (in ROSSO).**  
**Il Modello risulta validato anche dei bacini minori, dove il dato di pioggia può essere meno rappresentativo (pochi pluviometri utilizzati)**



**PORTATE MISURATE IN FI09 Viale Belfiore (in BLU) e PORTATE SIMULATE DAL MODELLO IDRAULICO (in ROSSO).**

**Il Modello riesce a simulare anche eventuali problemi di deflusso che possono causare allagamenti (vedasi eventi del 3 agosto 2014 in Viale Belfiore)**



Link	-	93.1	94.1	-	124.1	-	127.1	-	129.1	-	139.1	-	149.1	-	-	-	-	-
Lunghezza (m)	-	49.5	42.4	34.1	26.9	25.3	24.2	-	95.0	-	49.1	-	35.6	35.0	25.2	22.1	32.3	26.2
ID Forma	-	EGG	EGG	EGG	EGG	EGG	EGG	-	CIRC	-	ARCH	-	ARCH	ARCH	ARCH	ARCH	ARCH	ARCH
Altezza (mm)	-	1200	1200	1200	1200	1200	1200	-	1000	-	1400	-	1400	2000	2000	2000	2000	2200
Livello Scorrimento Monte (m AD)	-	41.190	41.170	41.000	-	-	-	-	40.691	-	40.454	-	40.387	40.328	-	-	40.139	-
Livello Scorrimento Valle (m AD)	-	41.170	41.000	41.000	-	-	-	-	40.603	-	40.394	-	40.328	40.221	-	40.143	-	-
Pendenza (m/m)	-	0.00040	0.00401	0.00000	-	-	-	-	0.00093	-	0.00122	-	0.00167	0.00305	-	-	-	-
Capacità tubo pieno (m <sup>3</sup> /s)	-	0.377	1.193	0.000	1.983	0.392	0.401	-	0.845	-	1.691	-	1.976	4.362	4.501	-0.878	-	-
US Velocità (m/s)	-	0.323	0.481	0.999	1.255	0.779	0.824	-	0.568	-	0.363	-	0.370	0.362	0.323	-0.316	0.682	-
DS Velocità (m/s)	-	-0.430	-0.315	1.166	0.716	0.752	0.801	-	0.516	-	0.329	-	0.347	0.320	0.302	-0.314	0.706	-
Node	93	94	-	124	-	127	-	129	135	139	146	-	149	1205	-	-	-	-
Livello Terreno (m AD)	-	43.240	42.860	-	-	-	-	42.571	42.863	-	-	-	43.488	-	-	-	-	-

**PORTATE MISURATE IN FI09 Viale Belfiore (in BLU) e PORTATE SIMULATE DAL MODELLO IDRAULICO (in ROSSO).**

**Il Modello riesce a simulare anche eventuali problemi di deflusso che possono causare allagamenti (vedasi eventi del 3 agosto 2014 in Viale Belfiore)**

## GLI SFORZI TANGENZIALI ( $\tau$ ) - I rami critici

Lo sforzo tangenziale ( $\tau$ ) indica la capacità di autopulizia della condotta fognaria.

Sono definiti **rami critici** i tratti fognari dove lo sforzo di taglio non supera in corrispondenza delle punte giornaliere il valore di **2 N/mq**.

Nell' area di studio, i **rami critici** rappresentano circa **l'84%** della lunghezza totale delle condotte



Le condotte non critiche sono i **collettori principali** e pochi tratti minori

### SFORZI TANGENZIALI

**Verde:** rami non critici  
( $\tau_{max} > 2 \text{ N/mq}$ )

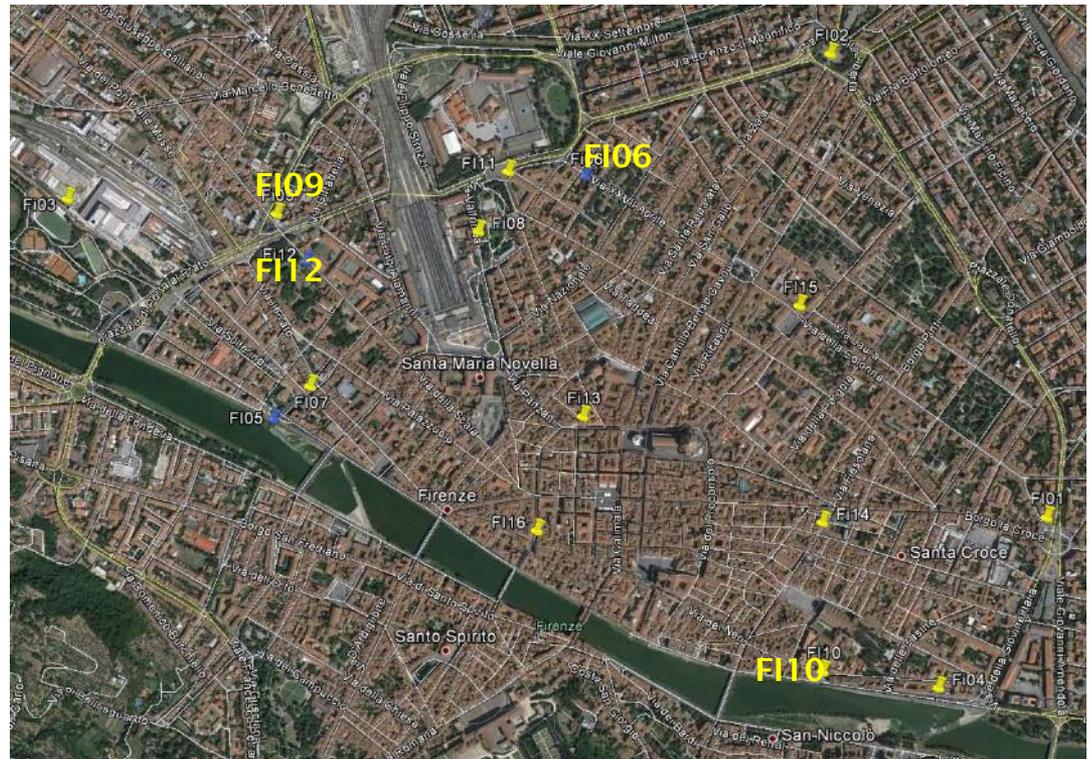
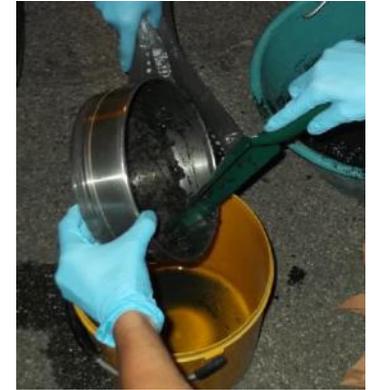
**Rosa:** rami critici  
( $\tau_{max} < 2 \text{ N/mq}$ )

## CAMPIONAMENTO DEI SEDIMENTI FOGNARI

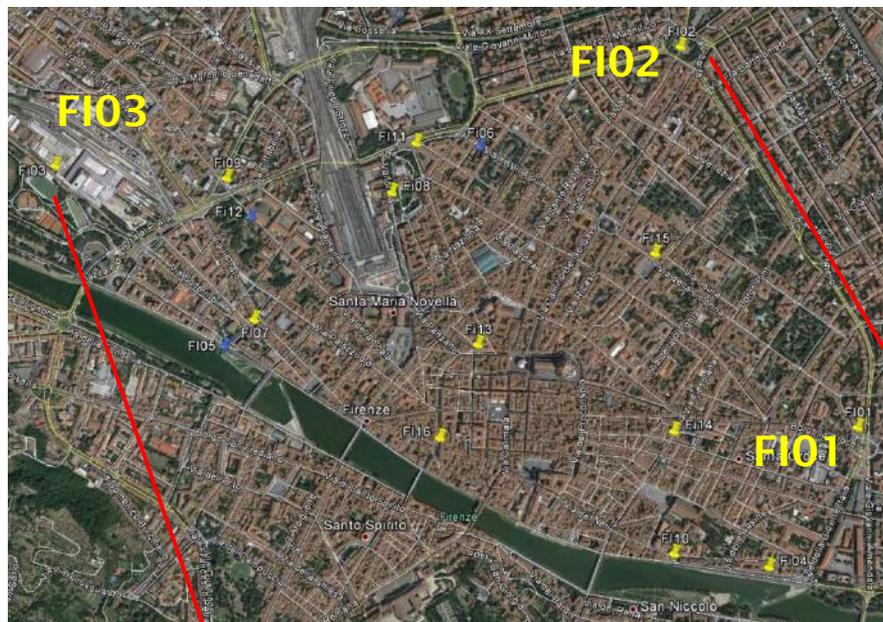
La caratterizzazione dei sedimenti fognari è fondamentale al fine di valutare l'efficacia dell'azione di trascinamento dell'acqua reflua ed eventuali zone di sedimentazione dei corpi solidi in sospensione



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE  
DICEA  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
CIVILE







## MONITORAGGIO AREA PILOTA

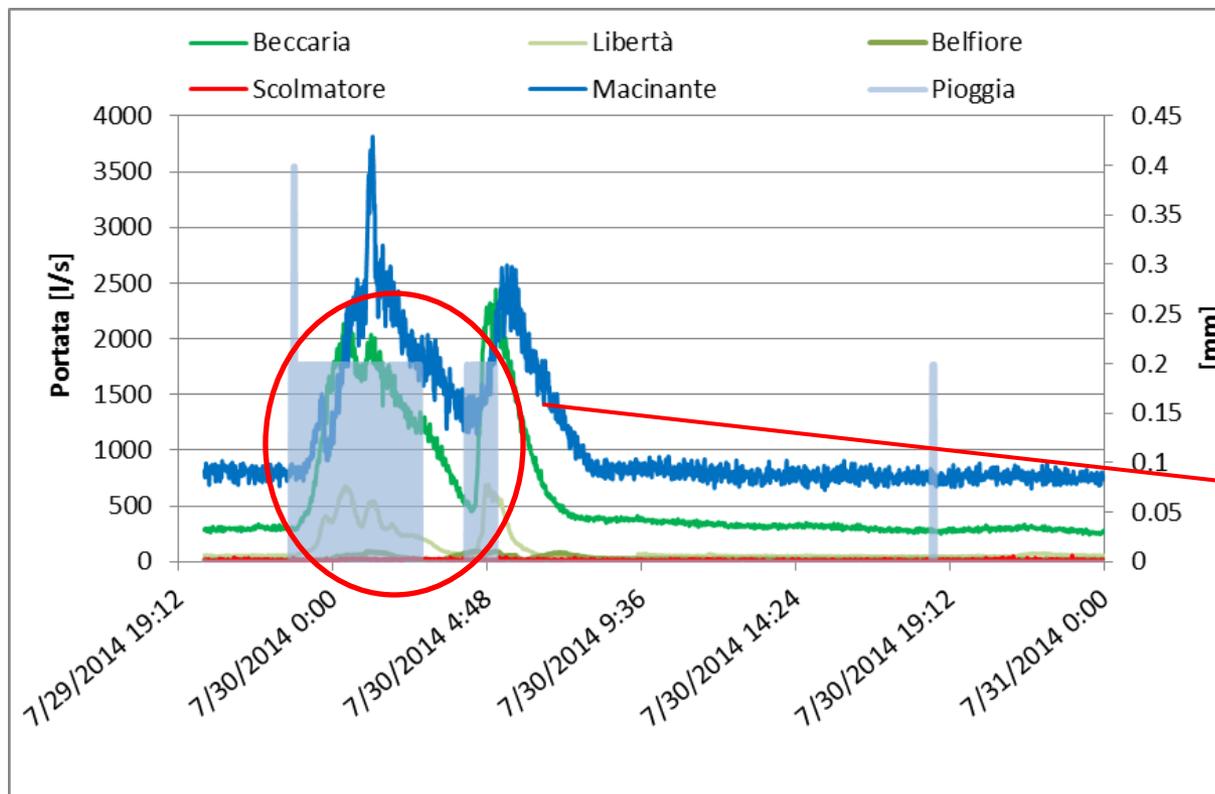
Nei principali punti di immissione e in quello di chiusura dell'area di studio è stato eseguito un campionamento per monitorare l'andamento delle concentrazioni di inquinanti nelle 24h.



## MONITORAGGIO SAN COLOMBANO

Il monitoraggio è stato effettuato in parallelo anche in ingresso al depuratore





PORTATE MISURATE NELLA RETE FOGNARIA DURANTE IL PERIDO DI CAMPIONAMENTO

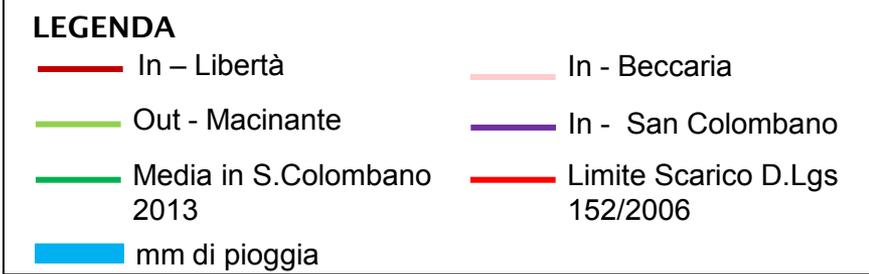
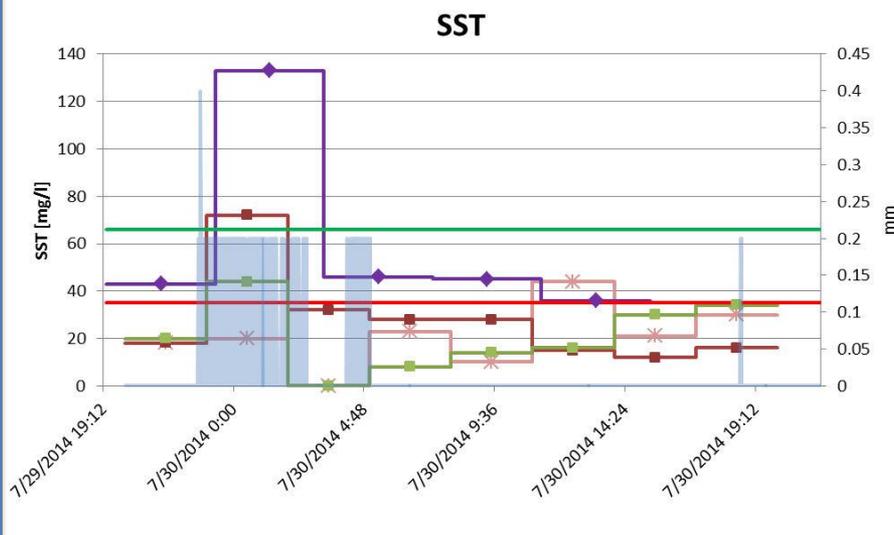
**EVENTO METEORICO**

Non sono entrati in funzione gli *scolmatori* presenti nell'area di studio

Le analisi sono state effettuate il 29-31/07/14:

- RETE FOGNARIA: campioni medi di 3h
- SAN COLOMBANO: campioni medi di 4h

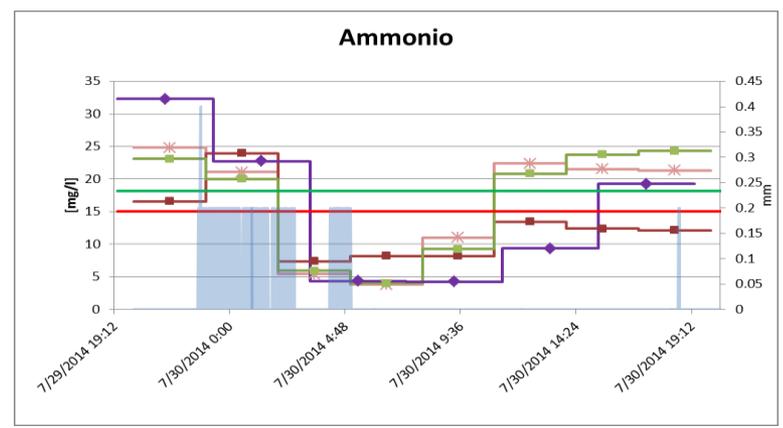
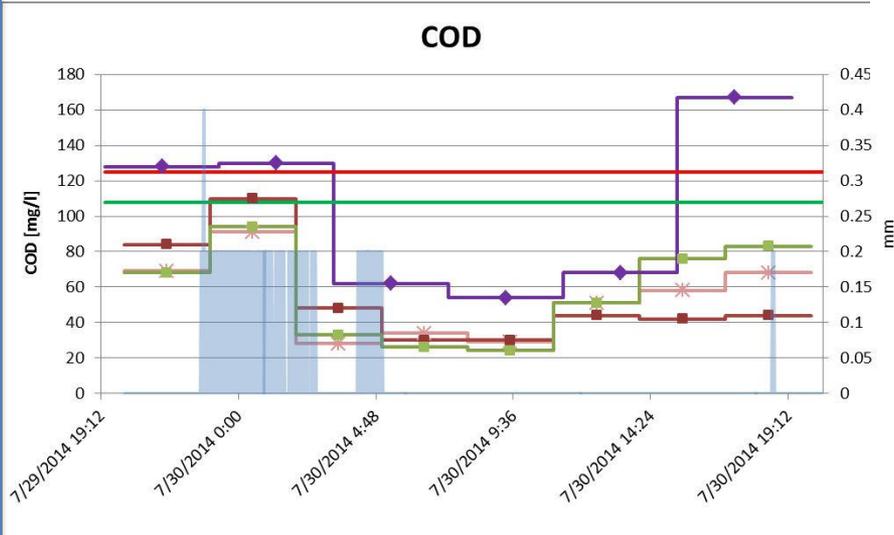


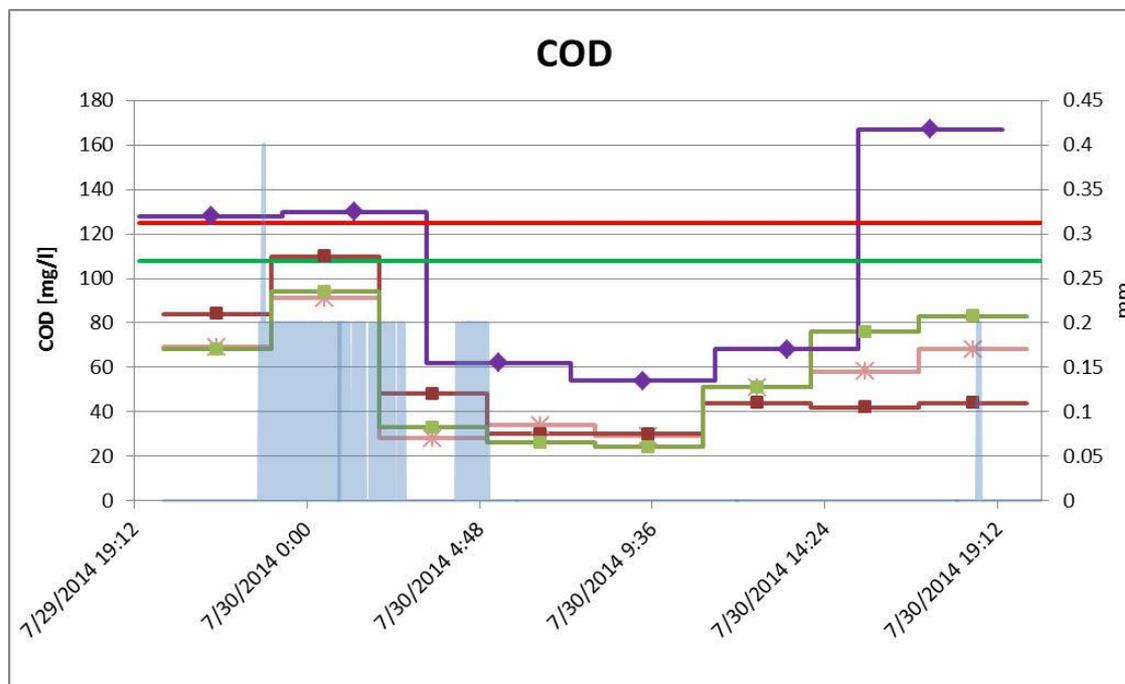


**LA QUALITA' DEI REFLUI NELL'AREA DI STUDIO E' OMOGENEA CON QUELLA DELL'INTERO BACINO AFFERENTE AL DEPURATORE.**

**Significativo aumento sia di SST che di COD in corrispondenza dell'evento di pioggia.**

**DOPO L'EVENTO METEORICO IL SISTEMA FOGNARIO SI RIPORTA NELLE CONDIZIONI DI TEMPO SECCO IN POCHE ORE**





#### LEGENDA

- In - Libertà
- Out - Macinante
- Media in S.Colombano 2013
- █ mm di pioggia
- In - Beccaria
- In - San Colombano
- Limite Scarico D.Lgs 152/2006

Le basse concentrazioni sono dovute:

- **alla sedimentazione e degradazione nelle fosse biologiche** a piè di utenza
- al significativo **ingresso di acque parassite fresche** nella rete fognaria (oltre il 40% nella zona del centro storico).
- A fenomeni di degradazione in rete ( aspetto minoritario, da approfondire con Modello)

- **Approfondimento dei processi di degradazione nelle fosse biologiche** a piè di utenza e del loro **quadro emissivo** (con A.I.T., Dicea UniFi, ...)
- Eventuale **estensione** del Modello ad altre **aree** o collettori principali
- Maggiore focus su condizioni in **tempo di pioggia**
- Sviluppo Modello **Qualitativo** (componenti solubili e particolate)
- Approfondimenti legati alle **acque parassite** (collaborazione con enti di ricerca etc...)
- Analisi Fattibilità **Modellazione Integrata** fognatura/depuratore/reticolo idrografico



# La modellazione della Rete Fognaria di Firenze

- Ing. Oberdan Cei - Ingegnerie Toscane srl, [o.cei@ingegnerietoscane.net](mailto:o.cei@ingegnerietoscane.net) .
- Ing. Andrea Bracci – Enydros srl, [a.bracci@enydros.com](mailto:a.bracci@enydros.com)
- **Ing. Simone Lippi** – Ingegnerie Toscane srl , [s.lippi@ingegnerietoscane.net](mailto:s.lippi@ingegnerietoscane.net), +39 3401759535

*Se ti addivieni di trattare sulle acque consulta prima l'esperienza e poi la ragione ....  
Leonardo Da Vinci*