

Stima della velocità superficiale sul fiume Secchia

22 Marzo 2018

Elena Toth¹, Salvatore Grimaldi², Stefano Mattocchia³,
Flavia Tauro², Fabio Tosi^{1,3}

1 Università degli studi di Bologna - DICAM

2 Università degli studi della Tuscia

3 Università degli studi di Bologna - DISI

Progettazione stazione di acquisizione immagini video e sviluppo algoritmi ad hoc per la stima della velocità superficiale della corrente

*Identificazione del movimento del materiale flottante che si trova **naturalmente** sulla superficie della corrente*



- Progettazione di una stazione prototipale basata su componenti a basso costo che, in ambito di monitoraggio della corrente fluviale, acquisisce immagini video per la stima della velocità superficiale delle correnti.
- Sviluppo di algoritmi ad-hoc per la stima del campo di velocità, confrontando approcci di tipo LSPIV (Large Scale Particle Image Velocimetry) e di tipo **PTV (Particle Tracking Velocimetry)**

Discharge and velocity observations

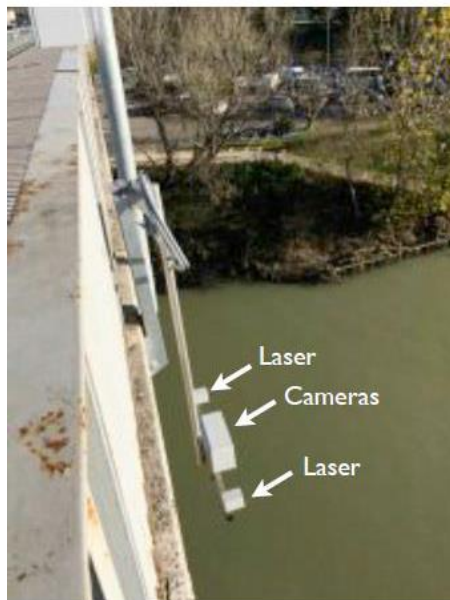
Surface velocity observations are crucial for a variety of environmental studies.

Enabling observational methodologies should be:

- **low-cost:** the latest generation approaches (hand-radar, micro-wave) are still expensive;
- **non-intrusive:** standard approaches need to deploy instrumentation in the flow, thus hampering measurements during flood events;
- **continuous:** only indirect (through rating-curves) continuous observations are currently available. Radar systems are promising, however, they are expensive and provide local surface velocity estimations.

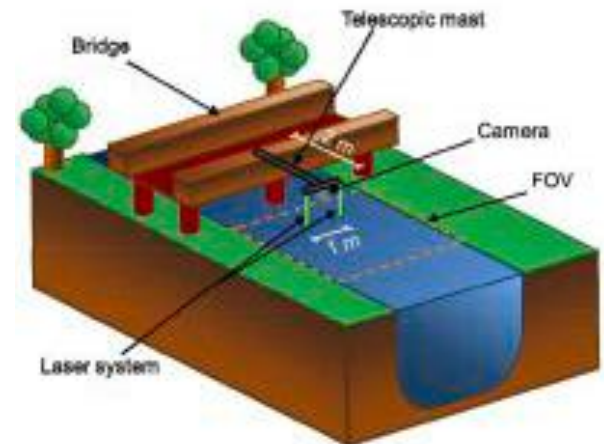
An innovative promising approach (LSPIV) was recently introduced (*Fujita et al., 1997; Bradley et al., 2002; Creutin et al., 2003; Jodeau et al., 2008; Hauet et al., 2009; Gunawan et al., 2012; Bechle et al., 2012*)

Tiber River optical-based measurement station

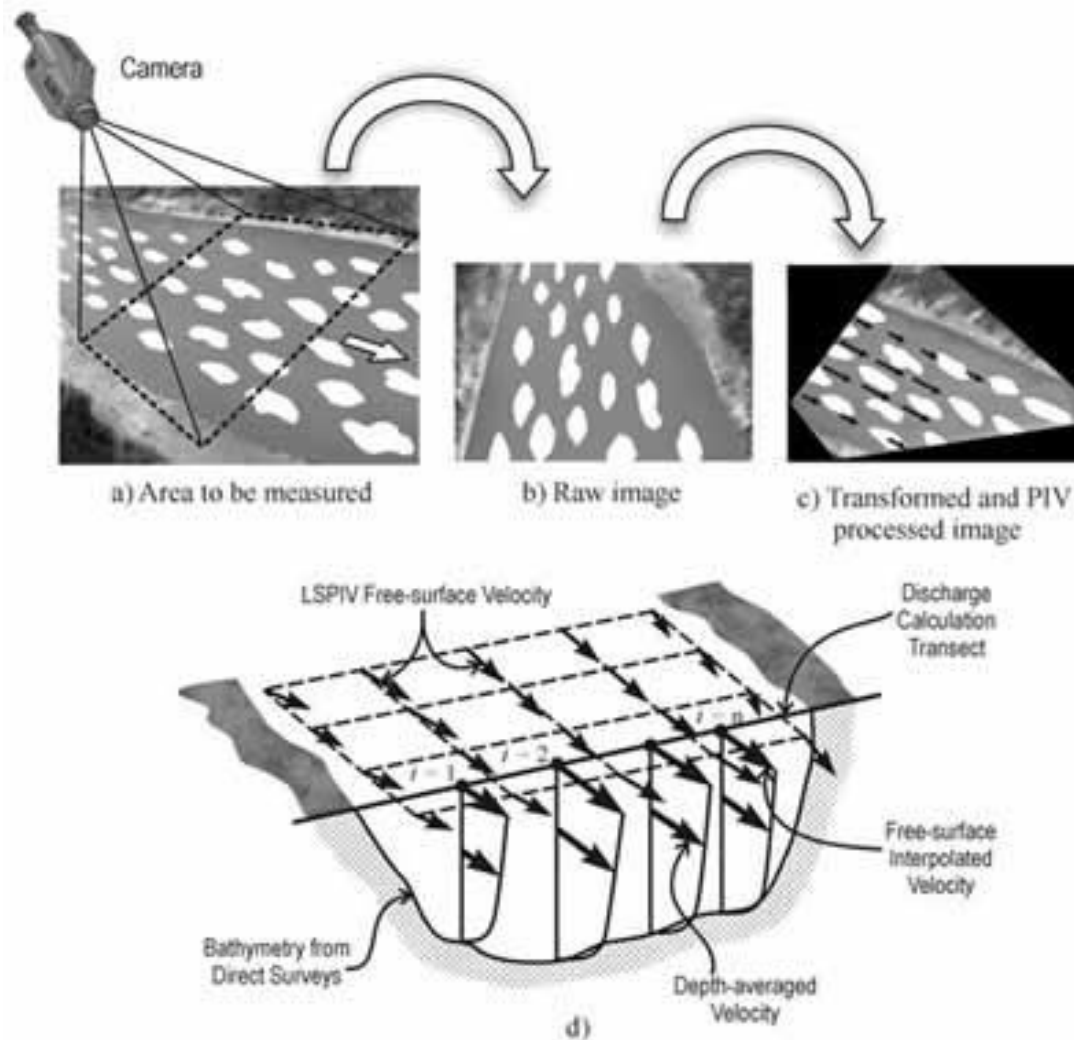


Data Logger and Data storage

Cameras can be remotely controlled



Tauro F., Petroselli A., Porfiri M., Giandomenico L., Bernardi G., Mele F., Spina D., Grimaldi S.: “A novel permanent gauge-cam station for surface flow observations on the Tiber river”, *Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems*, 5(1), 241–251, 2016.



Large-scale particle image velocimetry (LSPIV) principle and operational components: (a) illumination and seeding; (b) image recording; (c) image reconstruction to obtain ortho-rectified images and image processing; (d) estimation of stream discharge using the free surface LSPIV measurements (WMO Bulletin n^o : [Vol 57 \(3\) – 2008](#))

Videocamera:

Camera Axis

- alta risoluzione (1080p)
- Frequenze fisse fino a 50/60 Hz
- archiviazione video in formati standard e non proprietari
- utilizzo outdoor (860 euro + IVA)

AXIS P1365-E Mk II Network Camera

Outdoor-ready and light sensitive with Zipstream

AXIS P1365-E Mk II is ready for outdoor installations with protection from impact acts and tough weather conditions. Arctic temperature control ensures safe start-up in extreme cold. AXIS P1365-E Mk II offers extreme light sensitivity and support for both Lightfinder and Wide Dynamic Range - Forensic Capture, optimizing video for details and forensic usability. Delivering HDTV 1080p video quality up to 50/60 fps, the camera captures fast moving objects in high resolution. Axis' Zipstream technology analyzes and optimizes the video stream in real time allowing for saved bandwidth and storage while maintaining video quality.

- > Temperature ranges between -40 °C to 50 °C (-40 °F to 122 °F)
- > Impact and weather resistant
- > Light sensitive with Lightfinder Technology
- > Saving costs with Axis' Zipstream
- > Up to 50/60 fps in HDTV 1080p



L'asse ottico della camera è ortogonale alla superficie del fiume e la camera si trova a circa 12 m al di sopra della corrente, sulla stessa asta dell'idrometro AIPO



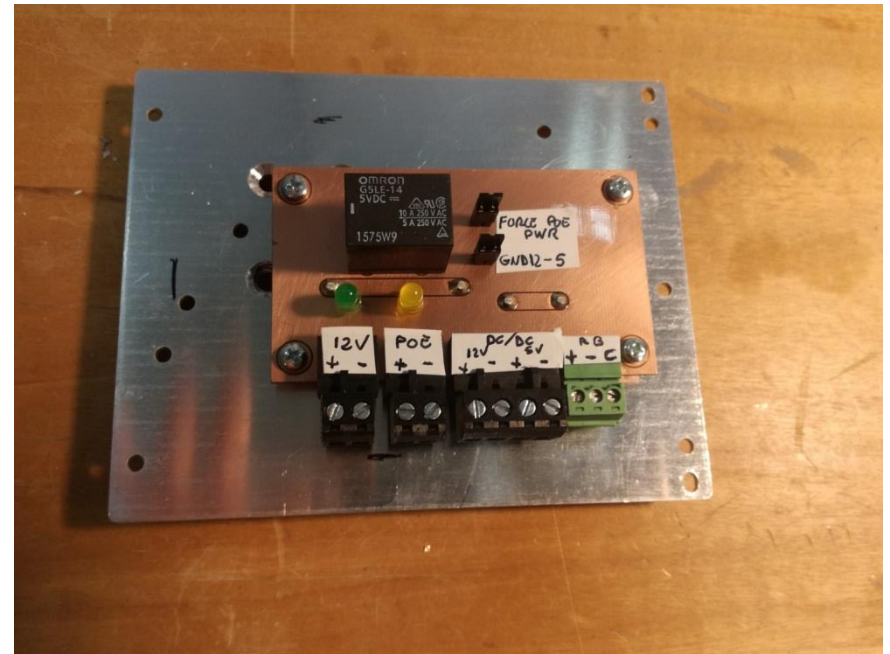
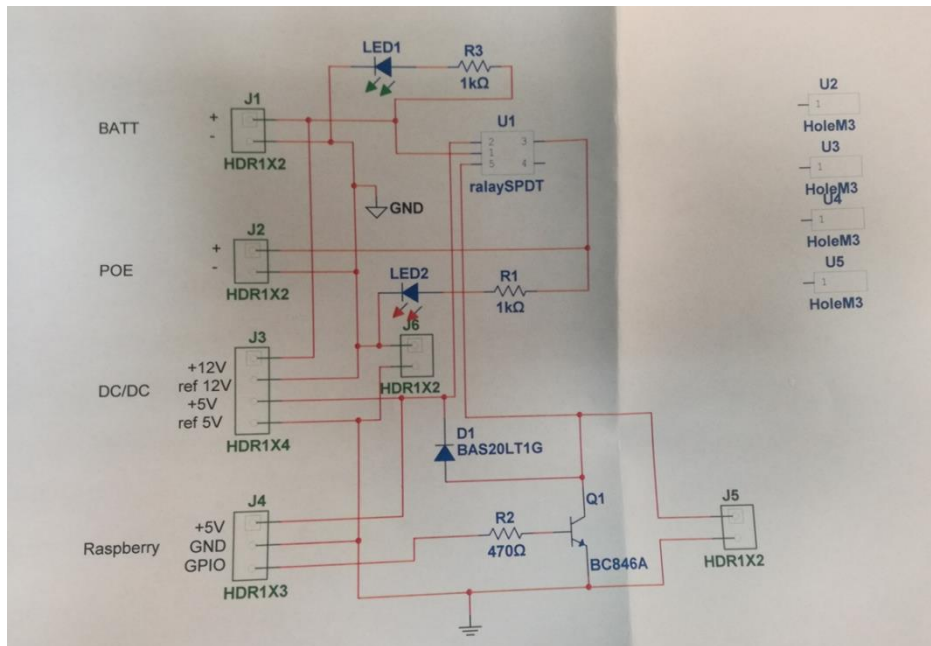
Centralina acquisizione dati

Raspberry Pi 3 Model B	€	40.00
Micro SD da 16Gb e adattatori SD-Micro SD	€	10.00
Samsung SSD 850 Evo da 1TB	€	350.00
Cavi SATA3 USB2 (collegamento HD/Raspberry)	€	15.00
Dongle 4G HUAWEI E3372	€	75.00
Convertitore DC/DC da 12V to 5V a 2A	€	10.00
PoE Injector "MidSpan Axis T81B22"	€	100.00
Witty Pi 2	€	20.00
Piastra attacco barra DIN e case raspberry	€	15.00
Totale	€	635.00

Centralina acquisizione dati

Sviluppo di una board customizzata per ottimizzare gestione alimentazione del sistema
Raspberry-Pi + videocamera + SSD

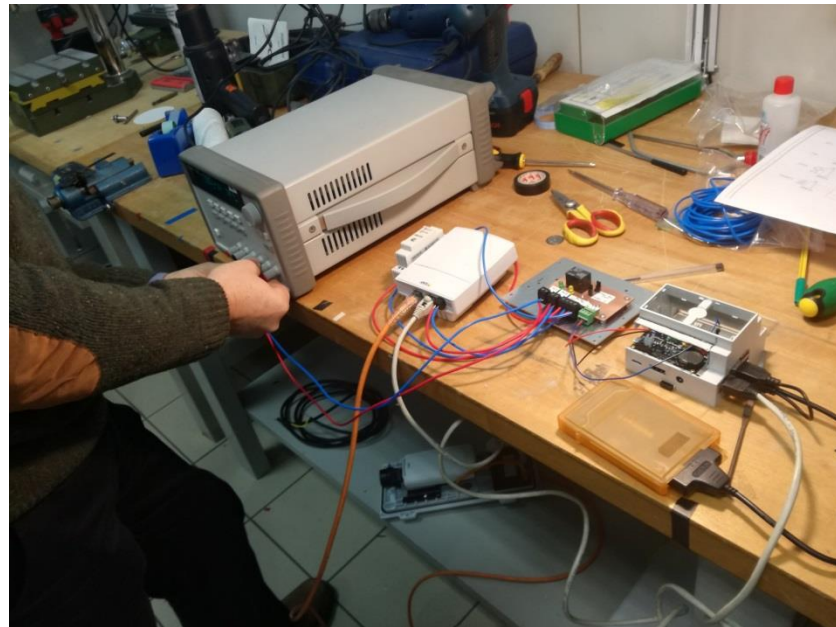
(in collaborazione col Prof. Lanzoni - laboratorio Micrel – UNIBO)



Centralina acquisizione dati



Test sperimentali della
stazione prototipale in
laboratorio



PROGETTAZIONE STAZIONE DI MONITORAGGIO

- Installazione del sistema di alimentazione e gestione della videocamera sul ponte
- Verifica del corretto funzionamento della stazione e acquisizione dei primi video di prova (novembre 2017)
- Installazione stabile della videocamera sul ponte a partire dal 22 dicembre 2017



Connessione GSM

Dongle 4G HUAWEI E3372

+ Antenna Eightwood CRC9 Stecker 3.5dBi



Problema dato da accensione/spegnimento SSD troppo frequente

**Caricatore USB 12V-24V output 5V 2.1 A (*MMOBIEL Waterproof USB Charger*)
per alimentare Disco SSD indipendentemente dal Raspberry**



CONSUMI

Modalità attuale:

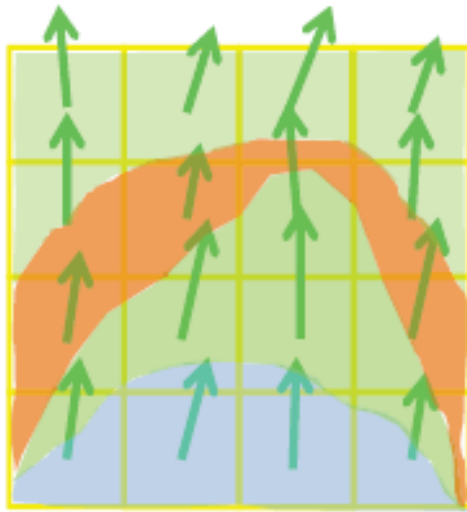
- 12 ore di funzionamento dalle 6.00 alle 18.00
- 1 video di 1 minuto ogni 30 mins

Raspberry consumo giornaliero 12ore (max) =	48	Wh
Scrittura SSD in 12 ore (max) (24 volte per 1 min) =	2.2	Wh
Idle SSD in 12 ore (max) (11,5 ore in IDLE) =	0.58	Wh
Dongle 4G max 2,5W =	30	Wh
Videocamera (13 W per 0.5 ore+4 W per 11.5 ore)=	56.0	Wh
TOTALE GIORNALIERO	137	Wh

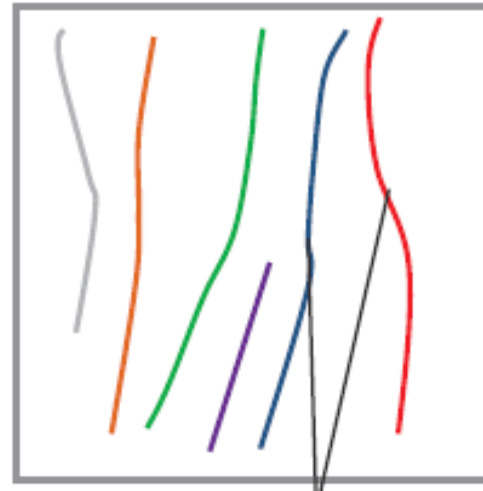
Algoritmi: starting point

Tecniche standard per la stima della velocità superficiale a partire da sequenze di immagini

- **LSPIV : Large Scale Particle Image Velocimetry**
- **PTV: Particle Tracking Velocimetry**



LSPIV



PTV

LSPIV vs PTV



LSPIV tende a sottostimare la velocità



PTV funziona con «particles» di dimensioni e intensità specifiche



Per la PTV, filtraggio delle traiettorie (vincoli su direzione e lunghezza) aiuta nella stima dell'incertezza

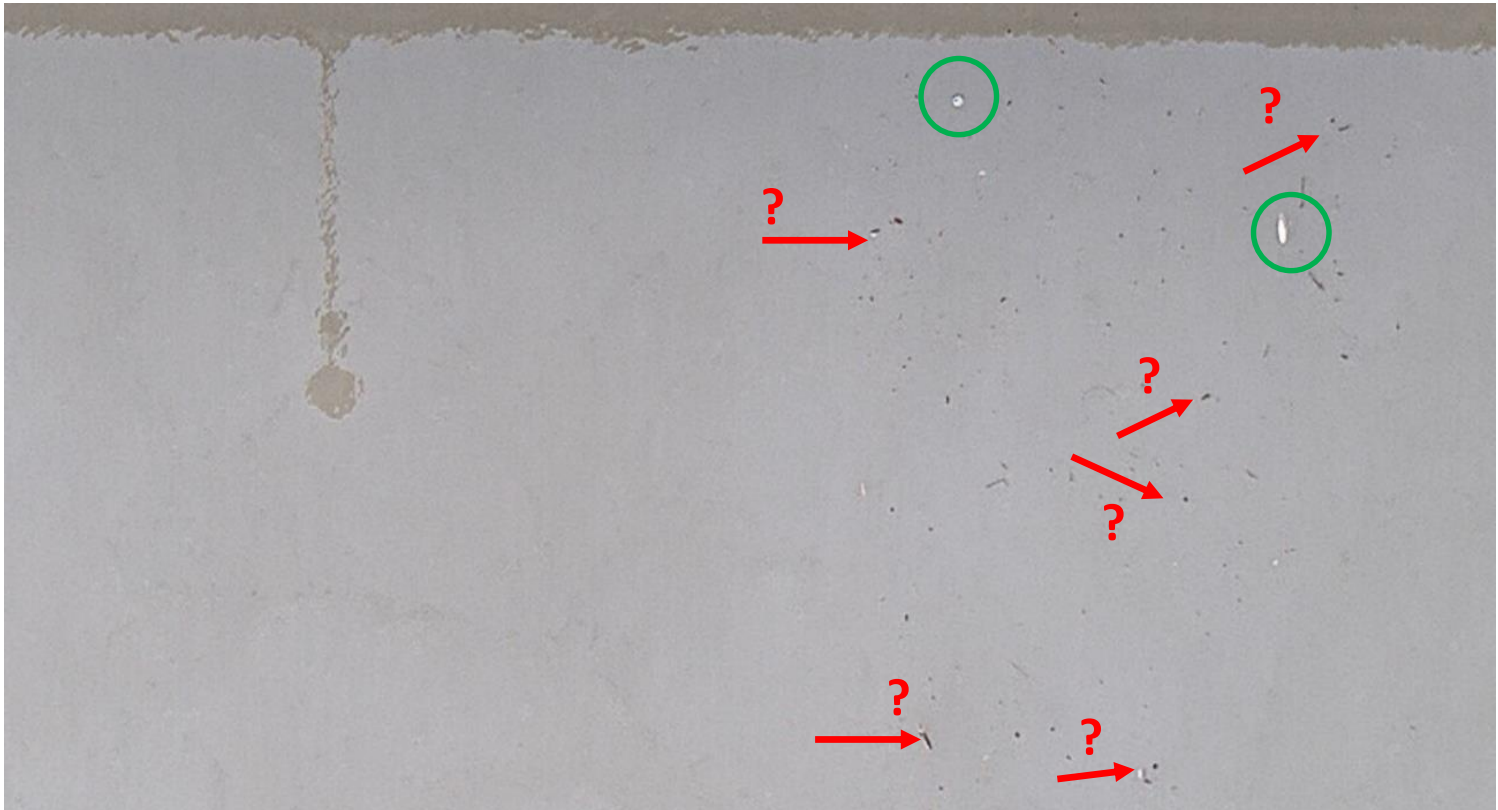


In generale, PTV preferibile a LSPIV

PTV - Problematiche



PTV funziona con «particles» di dimensioni e intensità specifiche -> **molto vincolante!**



PTV - Soluzioni



Tracciare qualsiasi cosa potrebbe essere un'idea migliore



Feature Detector + Tracking + Filtering traiettorie

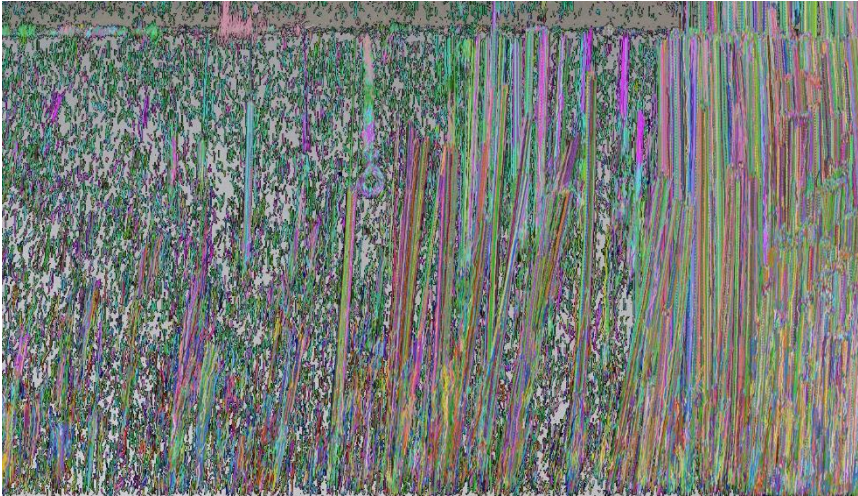


Algoritmo proposto

1. Identificazione dei **keypoint/feature** (punti salienti) da tracciare tramite detector di feature (e.g. FAST, ORB, SIFT)
2. Applicazione dell'algoritmo di **optical flow Lukas-Kanade piramidale** al fine di stimare le traiettorie delle feature fra frame successivi
 - Consistenza sulla luminosità
 - Piccoli movimenti
 - Coerenza spaziale

Algoritmo proposto

3. **Filtering** parziale/finale delle traiettorie durante l'elaborazione



Senza Filtering



Con Filtering



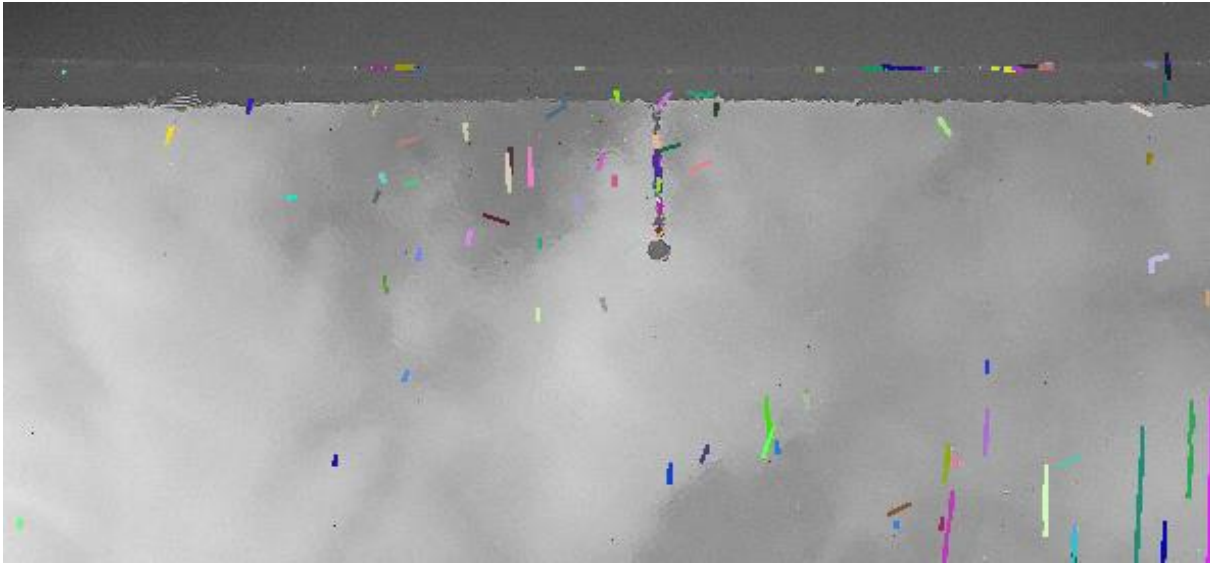
Algoritmo proposto

4. Data una traiettoria \vec{X} , **velocità superficiale** (in pixel) definita come:

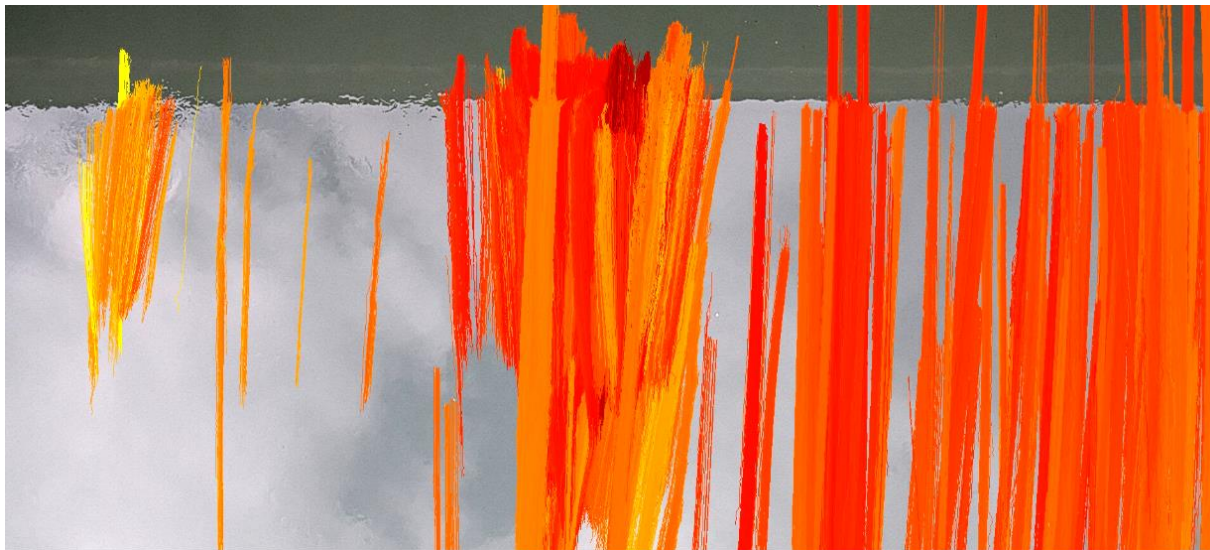
$$V = \frac{\|\vec{X}_{end} - \vec{X}_{start}\|}{\Delta t}$$

5. Passaggio da velocità in pixel a velocità in metri sfruttando i parametri intrinseci della telecamera e livello idrometrico

Caso di studio: 25/01/2018

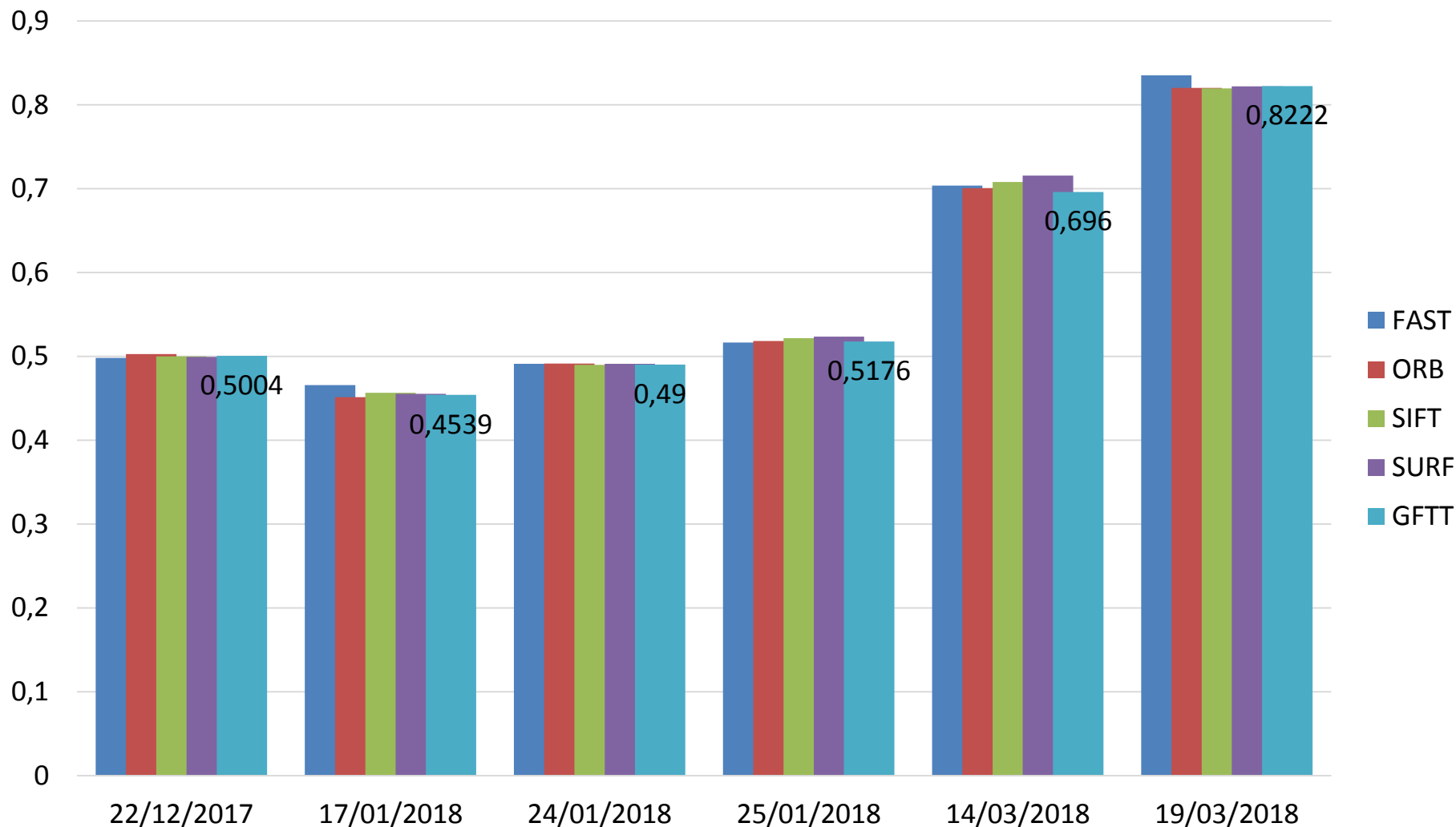


PTV + Filtering

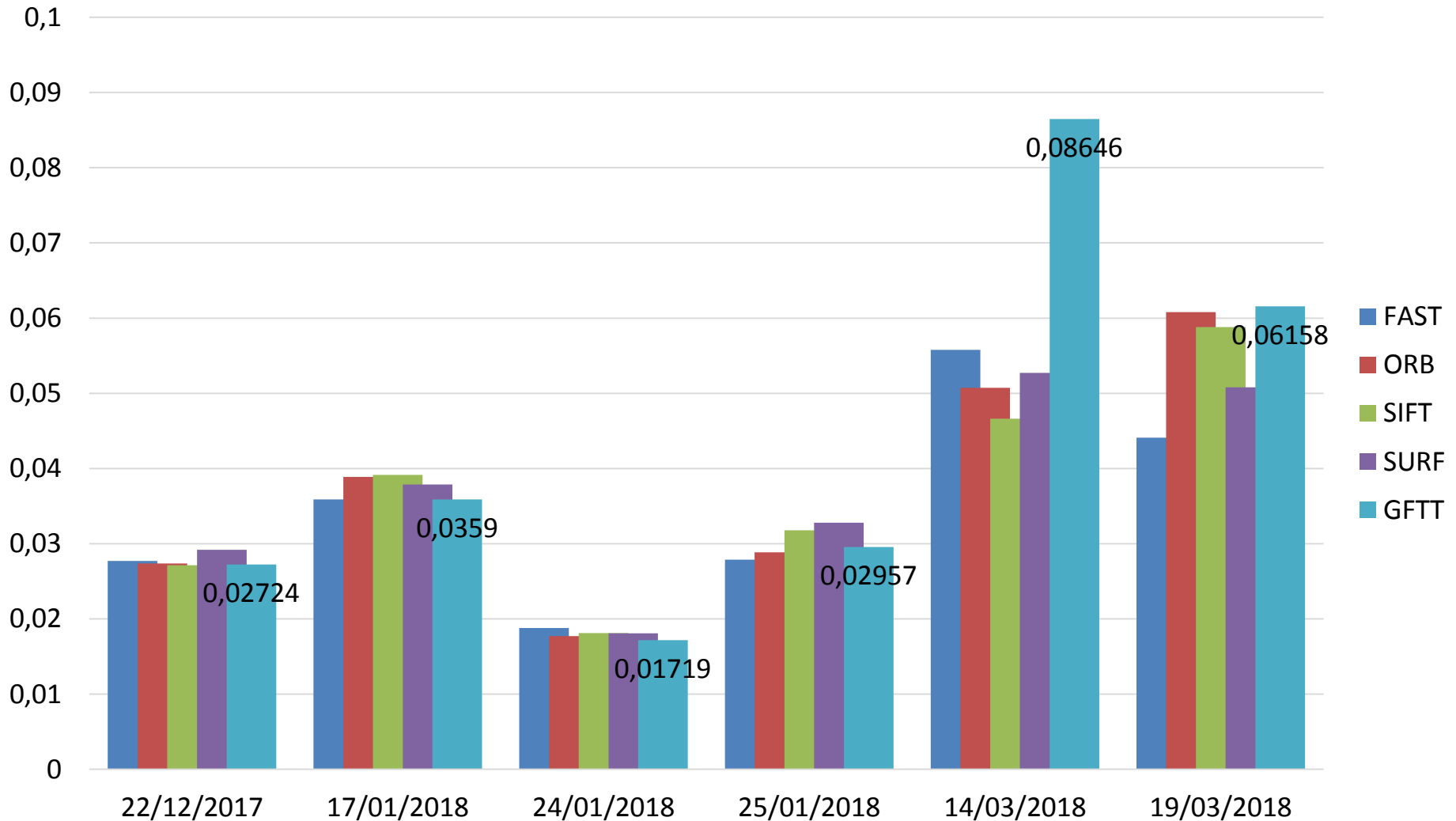


Feature detector
+ Tracking +
Filtering

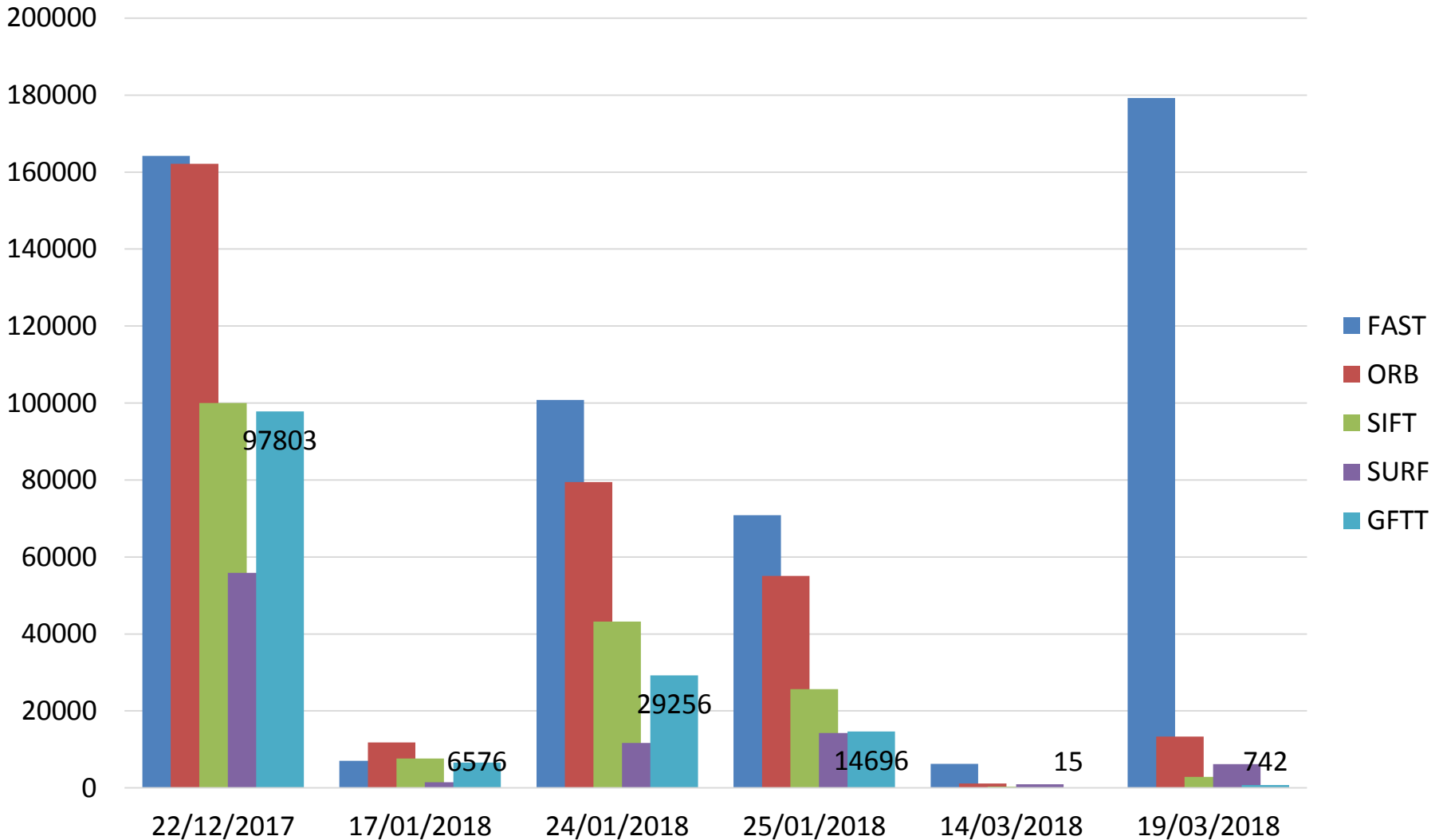
Casi di studio: velocità superficiale (m/s)



Casi di studio: deviazione standard (m/s)

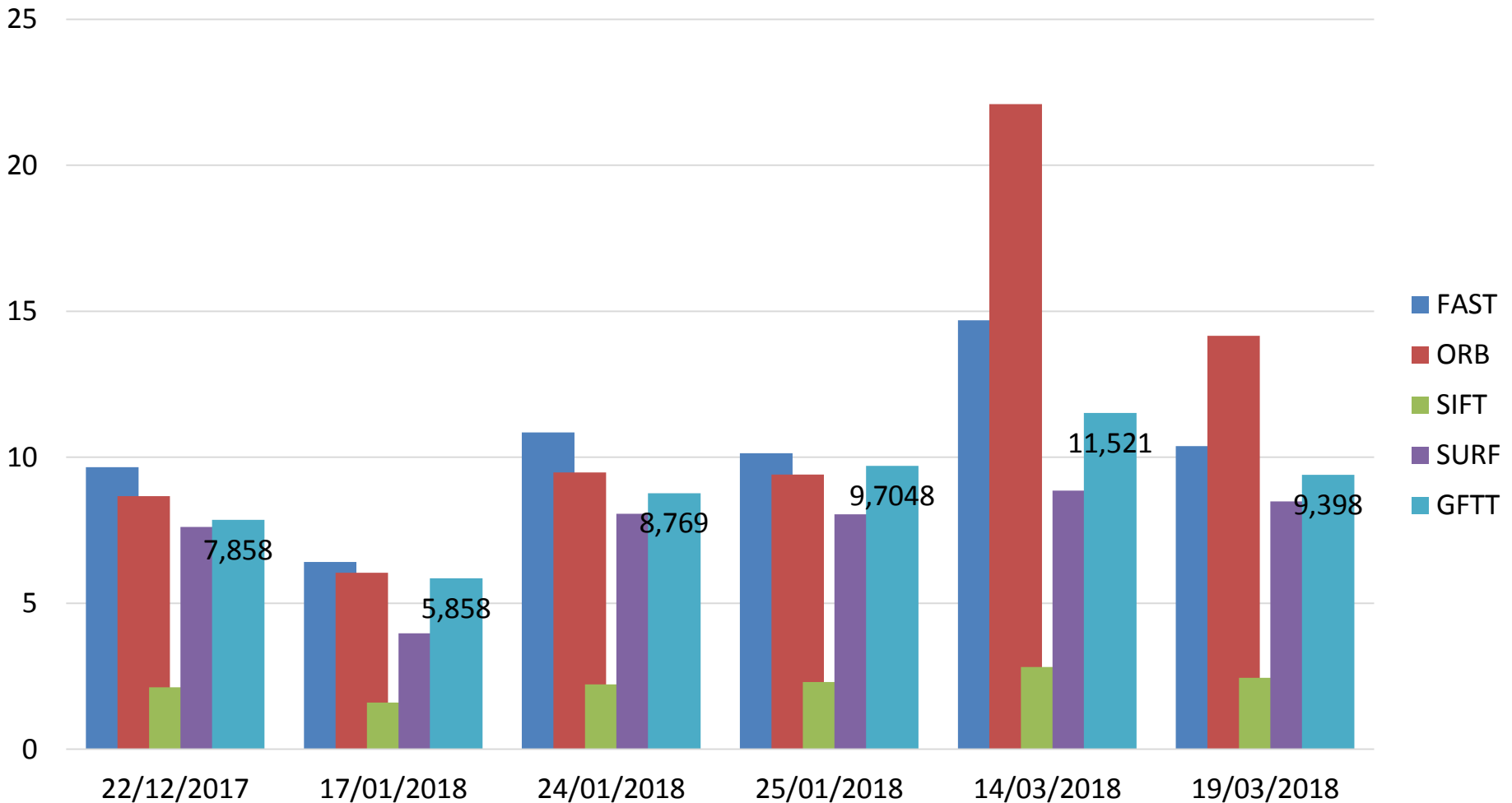


Casi di studio: traiettorie



Casi di studio: Frame Per Second (FPS)

CPU Intel i7-7700K 4.2 GHz



Affidabilità

- Difficoltà nel verificare la bontà dei risultati ottenuti
- Attualmente nessun sensore attivo di stima della velocità superficiale installato sul ponte Motta
- Tuttavia, sono stati effettuati estensivi esperimenti sui fiumi Tevere e Brenta che confermano l'efficacia della metodologia proposta rispetto alle tecniche attive presenti

.

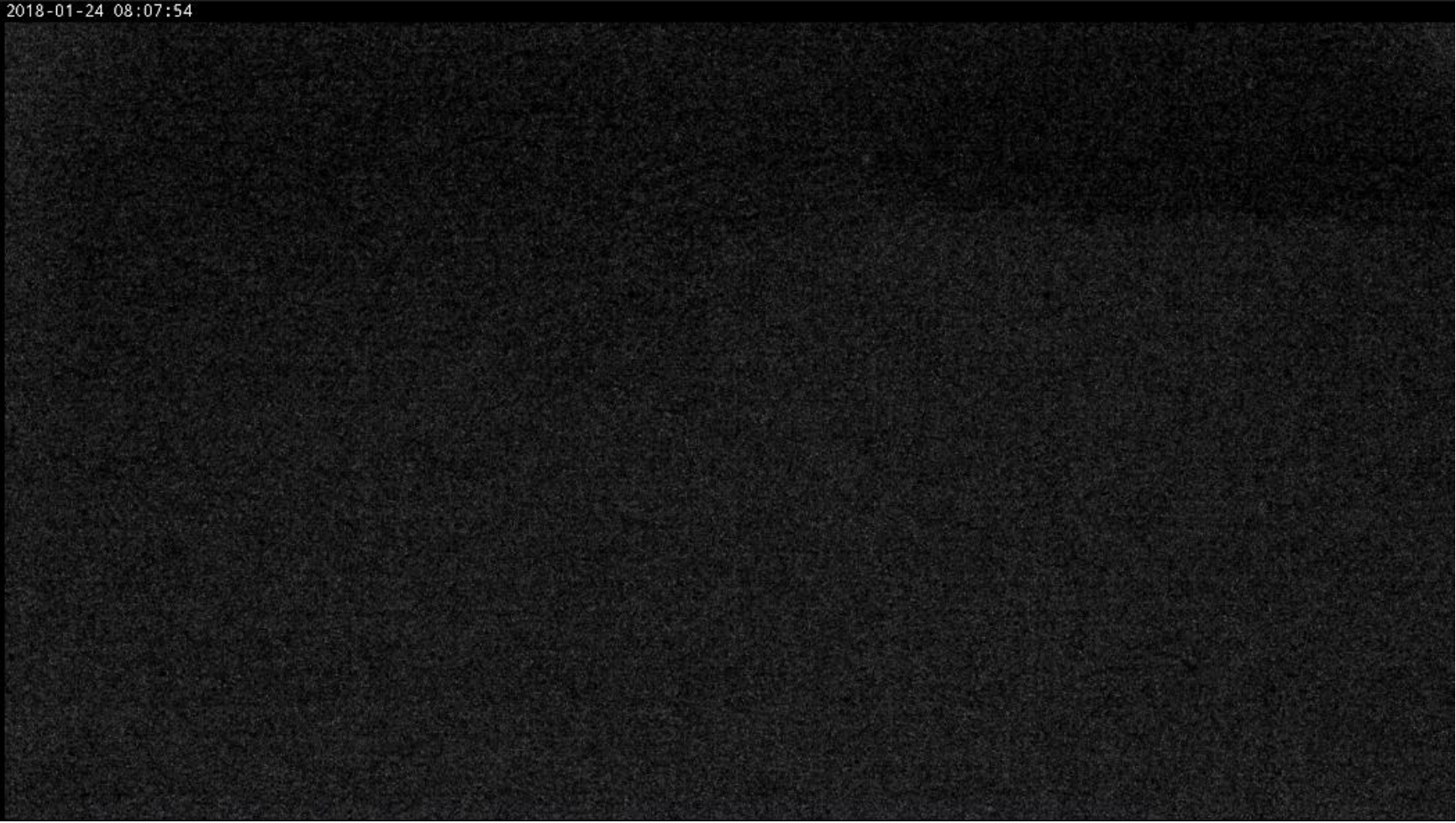
Traguardi raggiunti

- L'algoritmo proposto è applicabile anche in mancanza di traccianti distribuiti in modo omogeneo e abbondante sulla superficie libera del fiume
- Filtering delle traiettorie fondamentale per attribuire una stima di incertezza
- Applicabilità alle diverse condizioni di magra, morbida e piena
- Attualmente non sono stati riscontrati fallimenti con sufficienti quantità di luce ambientale
- Tempi computazionali notevolmente bassi
- FAST come miglior compromesso fra traiettorie identificate e tempi di calcolo (10+ FPS su PC)

Criticità

- Scarsa luminosità

2018-01-24 08:07:54



Criticità

- Assenza di feature distintive (per ora problema mai riscontrato)

2018-03-14 16:46:34

A large, blurry, light gray image with a question mark in the center. The image appears to be a scan of a document or a photograph that is out of focus. The question mark is centered and is the only distinct feature in the image.

?

Criticità

- Bruschi cambi di illuminazione durante il tracciamento di una determinata feature (alcune vengono perse)



Bibliografia

- Tauro F., Piscopia R., Grimaldi S.: “Streamflow observations from cameras: large scale particle image velocimetry or particle tracking velocimetry?”, *Water Resources Research*, 53(12), 10374–10394, 2017.
- Tauro F., Grimaldi S.: “Ice dices for monitoring stream surface velocity”, *Journal of Hydro-environment Research*, 14, 143–149, 2017.
- Tauro F., Petroselli A., Porfiri M., Giandomenico L., Bernardi G., Mele F., Spina D., Grimaldi S.: “A novel permanent gauge-cam station for surface flow observations on the Tiber river”, *Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems*, 5(1), 241–251, 2016.