

Sediment management in channel networks:  
from measurements to best practices

Sediment transport monitoring and management plans in Italy

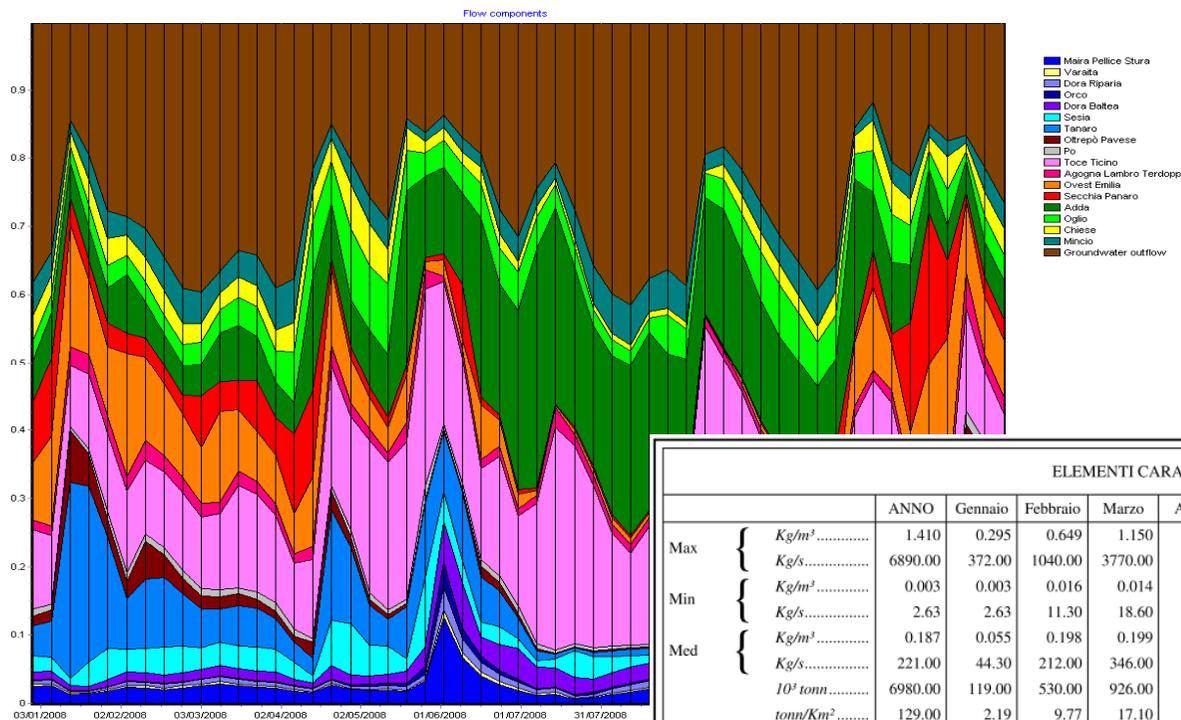


# Monitoraggio del trasporto solido nei bacini appenninici

Mauro Del Longo - ARPAE -  
[mdellongo@arpae.it](mailto:mdellongo@arpae.it)

# Contributo degli affluenti emiliano-romagnoli al trasporto in sospensione dell'asta Po

Gli affluenti appenninici del Fiume Po contribuiscono per circa il 15-20% del suo deflusso liquido (con un apporto è quasi nullo durante il periodo estivo), ma possono fornire al fiume fino all'80% del suo apporto solido che raggiunge il Mare Adriatico essenzialmente con meccanismi di trasporto in sospensione o per saltellamento.



Composizione del deflusso liquido a Pontelagoscuro durante l'anno 2008. (In tonalità rosso-arancio il contributo Emiliano)

**PO A PONTELAGOSCURO**  
**CARATTERISTICHE DELLA STAZIONE:**  
 Bacino di dominio Km<sup>2</sup> 70091 (bacino utile per la torbida Km<sup>2</sup> 54290).  
 Altitudine max 4807 m s.m.  
 Distanza dalla foce in mare km 91.  
 Inizio osservazioni torbiometriche: gennaio 1956.  
 Caratteristiche torbiometriche medie annue nel periodo 1956-1973 e 1975-1984 e 1986-1991 e 2010-2016:  
 portata torbida Kg/s 300;  
 torbidità specifica Kg/mc 0.19; deflusso torbido unitario tonn/kmq 174.

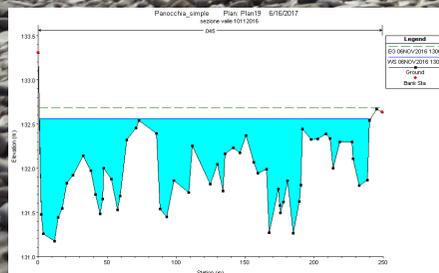
ELEMENTI CARATTERISTICI PER L'ANNO 2016														
	ANNO	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	
Max	Kg/m <sup>3</sup> .....	1.410	0.295	0.649	1.150	0.045	0.211	0.176	0.156	0.160	0.410	0.250	1.410	0.384
	Kg/s .....	6890.00	372.00	1040.00	3770.00	54.80	456.00	381.00	120.00	145.00	385.00	278.00	6890.00	1040.00
Min	Kg/m <sup>3</sup> .....	0.003	0.003	0.016	0.014	0.023	0.045	0.025	0.028	0.061	0.049	0.030	0.026	0.028
	Kg/s .....	2.63	2.63	11.30	18.60	24.50	37.10	34.40	28.00	45.10	39.60	24.80	21.30	30.10
Med	Kg/m <sup>3</sup> .....	0.187	0.055	0.198	0.199	0.034	0.092	0.086	0.088	0.113	0.143	0.118	0.722	0.160
	Kg/s .....	221.00	44.30	212.00	346.00	40.20	126.00	164.00	60.30	91.90	125.00	101.00	1140.00	220.00
	10 <sup>3</sup> tonn .....	6980.00	119.00	530.00	926.00	104.00	338.00	424.00	161.00	246.00	324.00	270.00	2950.00	590.00
	tonn/Km <sup>2</sup> .....	129.00	2.19	9.77	17.10	1.92	6.23	7.81	2.97	4.54	5.97	4.98	54.30	10.90

ELEMENTI CARATTERISTICI PER IL PERIODO 1986 - 1990 e 2010 - 2015														
	ANNO	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	
Max	Kg/m <sup>3</sup> .....	2.110	0.418	1.500	1.380	1.220	1.460	1.340	0.564	1.870	0.410	2.110	2.070	1.700
	Kg/s .....	8510.00	821.00	4220.00	4590.00	4300.00	6750.00	4220.00	922.00	7980.00	519.00	5920.00	8510.00	6580.00
Min	Kg/m <sup>3</sup> .....	0.000	0.000	0.002	0.004	0.006	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
	Kg/s .....	0.00	0.00	2.12	4.04	9.35	0.00	0.00	0.70	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00
Med	Kg/m <sup>3</sup> .....	0.117	0.045	0.111	0.142	0.133	0.121	0.143	0.064	0.097	0.042	0.163	0.166	0.108
	Kg/s .....	176.00	57.90	164.00	220.00	245.00	282.00	233.00	66.50	93.90	45.20	234.00	310.00	161.00
	10 <sup>3</sup> tonn .....	5540.00	155.00	396.00	588.00	634.00	754.00	605.00	178.00	251.00	117.00	628.00	802.00	432.00
	tonn/Km <sup>2</sup> .....	102.00	2.86	7.29	10.80	11.70	13.90	11.10	3.28	4.63	2.16	11.60	14.80	7.95

# Stato del monitoraggio del trasporto solido da parte di ARPAE nel territorio regionale e lungo l'asta del Fiume Po

- Metodologie di misura e di pubblicazione dei dati di trasporto in sospensione sia lungo l'asta Po che nei corsi d'acqua emiliano-romagnoli
- Applicazione sperimentale di una metodologia sostenibile da parte dell'Agenzia per la stima del trasporto solido di fondo nei tratti ghiaiosi dei corsi d'acqua emiliano-romagnoli
- Applicazione di nuove tecniche di regionalizzazione e diffusione del dato



## Misura del trasporto solido in sospensione: metodologia applicata

La procedura in uso prevede di effettuare tre campionamenti lungo una sezione fluviale: un primo prelievo è eseguito in corrispondenza del filone principale della corrente, a circa 1/3 di profondità sotto la superficie dell'acqua, lontano da anse o zone di ristagno mentre due ulteriori prelievi sono effettuati a metà delle porzioni di sezione identificate dal filone centrale campionato.

La torbidità specifica (in  $\text{kg}/\text{m}^3$ ) viene quindi calcolata sull'insieme dei tre prelievi effettuati.

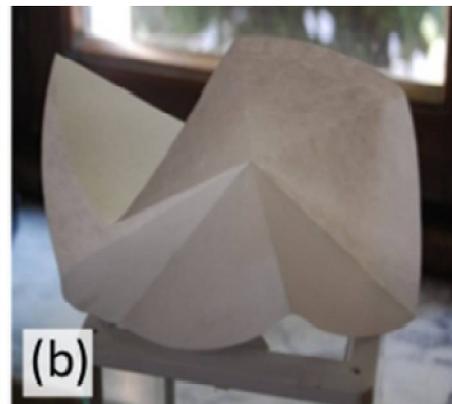
Il campionatore utilizzato (Campionatore Rossetti), detto viene immerso in acqua ed un timone alettato lo mantiene con l'asse orientato nel senso della corrente. Alla profondità desiderata si libera, per mezzo di un cavo ausiliario il tappo a tenuta e la sonda può essere recuperata al termine della raccolta.

I campioni vengono quindi filtrati utilizzando membrane condizionate in nitrato di cellulosa con porosità di 0.45  $\mu\text{m}$ , essiccati in stufa ed essiccatore e successivamente pesati mediante bilancia di precisione.

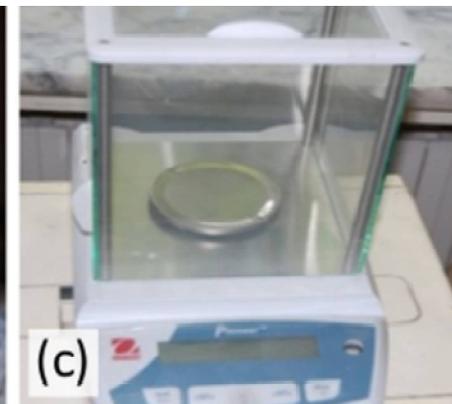
Strumentazione per il campionamento e kit di filtrazione



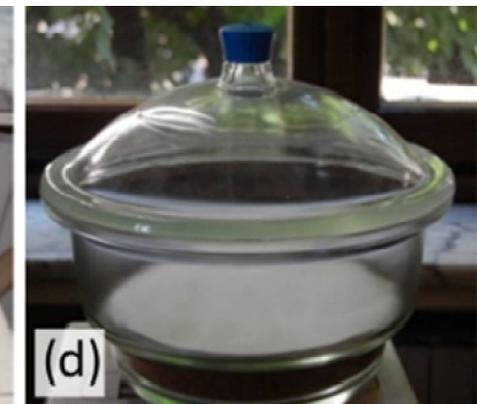
(a) Campionatore Rossetti



(b) membrane in nitrato di cellulosa



(c) bilancia di precisione



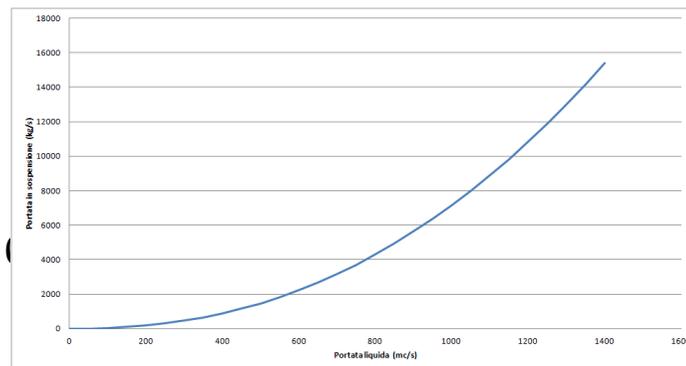
(d) essiccatore.

# Misura del trasporto solido in sospensione: sezioni di campionamento

Stazioni Po: campionamento giornaliero =>  
dato diretto  $\approx$  **1986**

dati non sistematici per alcune sezioni di Po a partire dal 1956

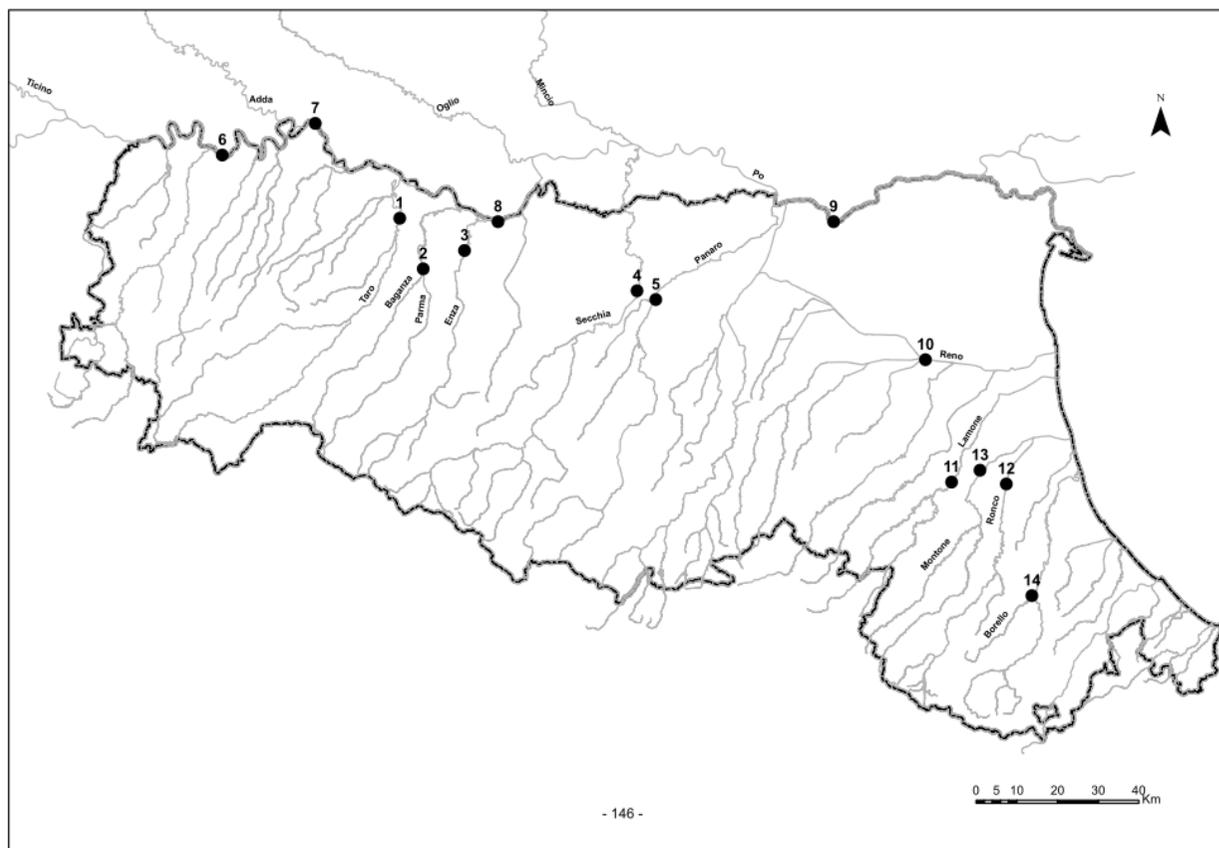
Stazioni Affluenti: campionamento mensile =>  
scala di deflusso  $\approx$  **2010**  
 2013 per l'area Romagna



## SEZIONE E - TRASPORTO TORBIDO

Scala di torbida 2016 Secchia a Ponte Bacchello

- Terminologia - Elenco delle stazioni .....
- Carta delle stazioni torbiometriche .....
- 1.-Taro a S. Secondo .....
  - 2.-Parma a P.te Verdi .....
  - 3.-Enza a Sorbolo .....
  - 4.-Secchia a P.te Bacchello .....
  - 5.-Panaro a Bomporto.....
  - 6.-Po a Piacenza .....
  - 7.-Po a Cremona .....
  - 8.-Po a Boretto.....
  - 9.-Po a Pontelagoscuro .....
  - 10.-Reno a Bastia .....
  - 11.-Lamone a Reda.....
  - 12.-Ronco a Coccolia .....
  - 13.-Montone a Ponteviso.....
  - 14.-Borello a Borello.....



# Sperimentazione per la misura del trasporto solido di fondo: metodologia applicata

VIRTUAL VELOCITY APPROACH metodo ibrido con applicazione di una equazione teorica e raccolta dati di campo (**Wilcock, 1997**)

Attività in collaborazione con il Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova che ha già applicato il metodo a livello scientifico nei fiumi veneto-friulani (**Mao et al 2016**)

Campionamento di 6 eventi (2015-2017) in due sezioni a monte della cassa di espansione di Marano

Posizionamento di circa 30 - 40 sample

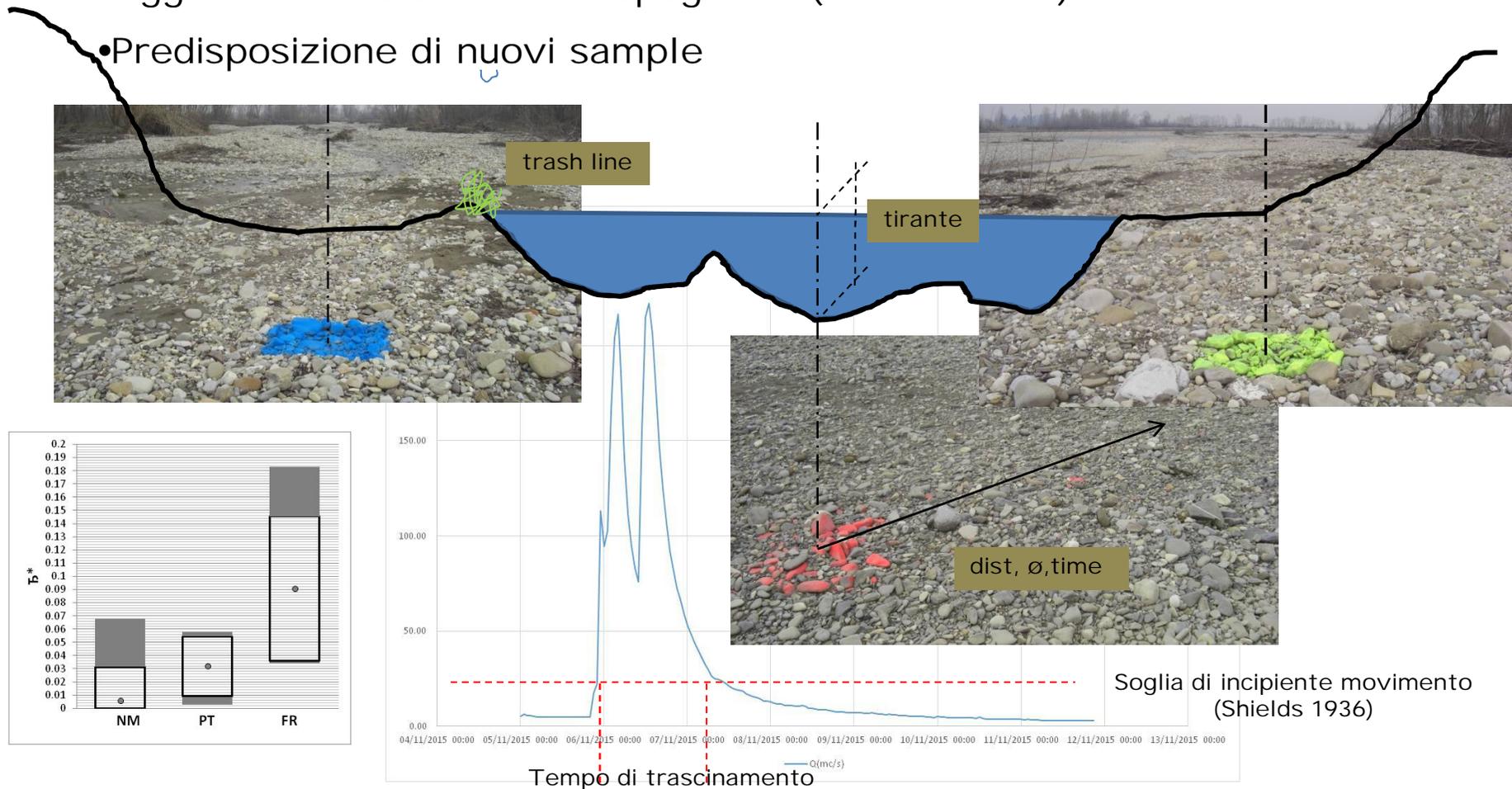


Confronto dei risultati di stima della portata solida con il volume complessivo accumulato in cassa valutato dalle rilievi **lidar** a disposizione

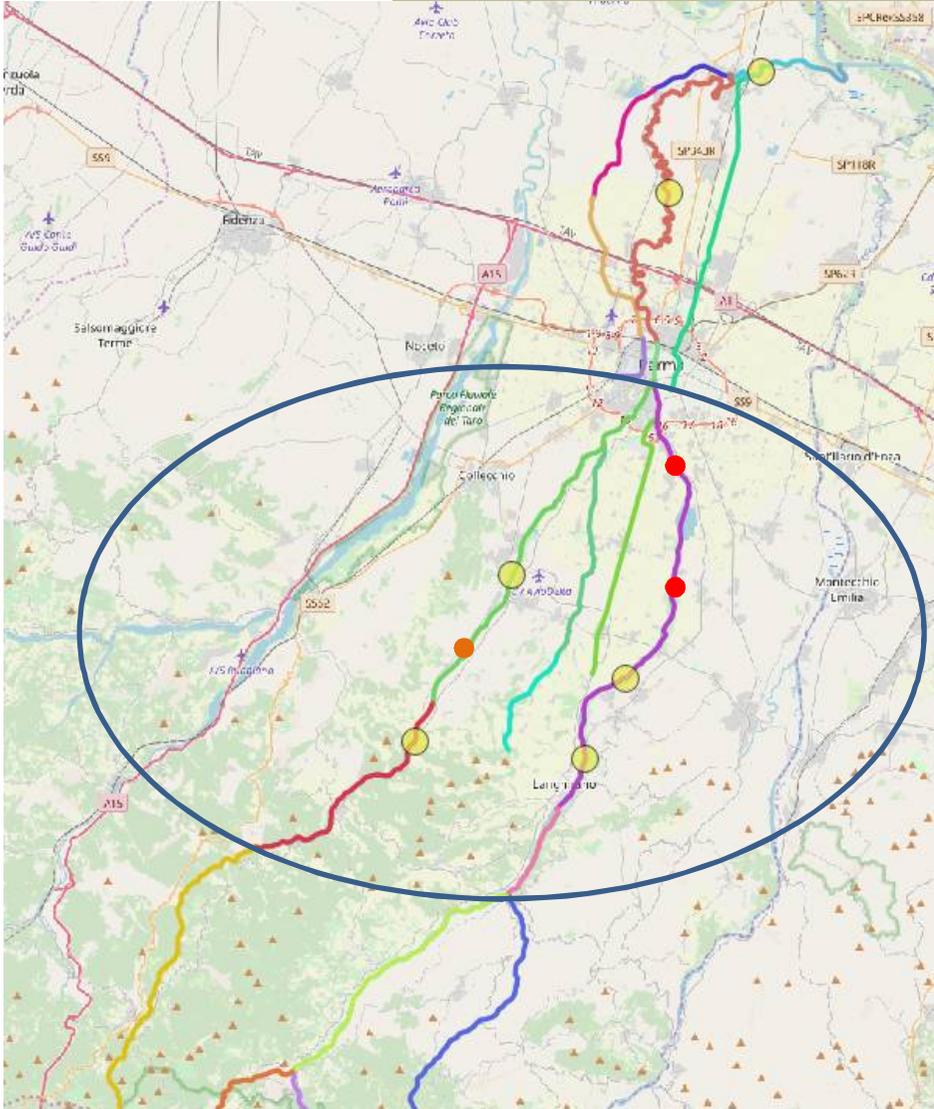


# Attività post-evento di raccolta dati e di verifica delle variazioni morfologiche in corrispondenza delle sezioni

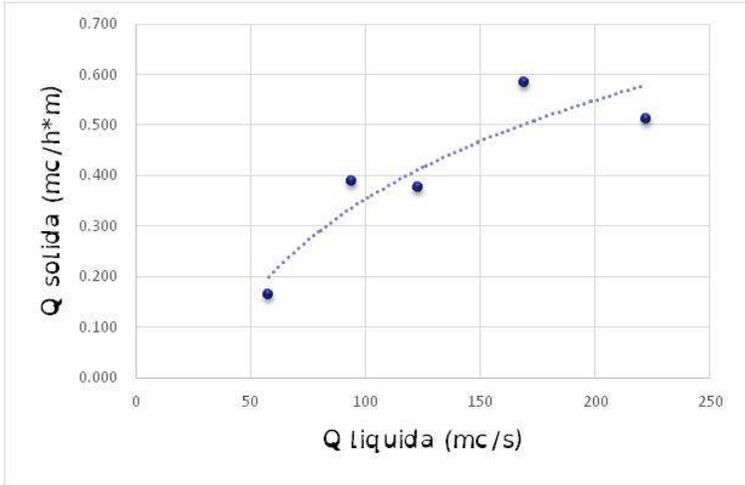
- Raccolta dati di movimento (diametri e distanze di movimento, spessore attivo, percentuale di movimento)
- Aggiornamento dei rilievi topografici (trash line ....)
- Predisposizione di nuovi sample



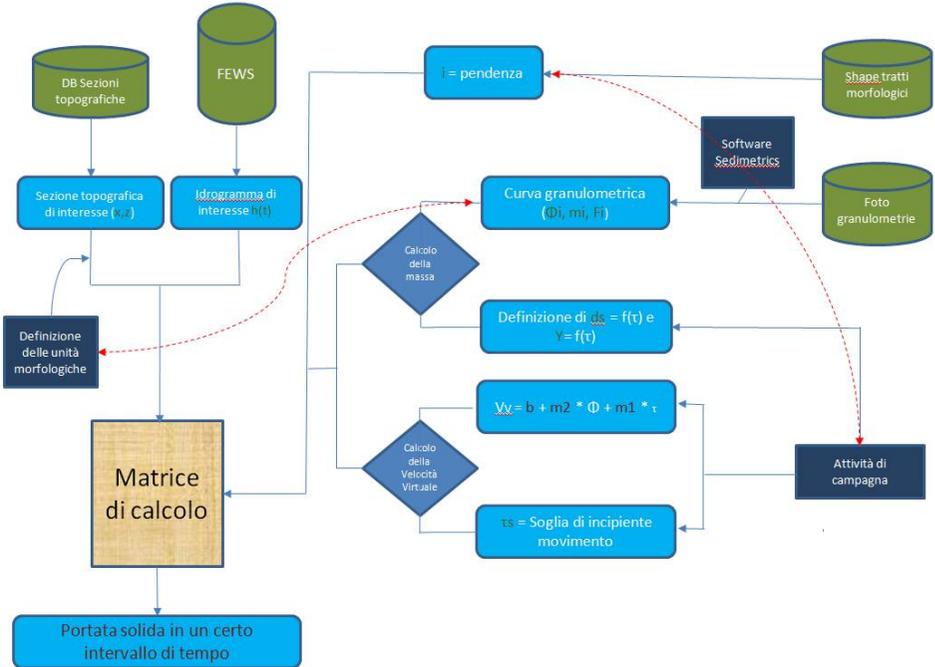
# Estrapolazione e regionalizzazione dei dati



Realizzazione di una scala di trasporto solido



Variabili:  $T^*$ ,  $i$ ,  $ds(T)$ ,  $Y(T)$ ,  $\phi$

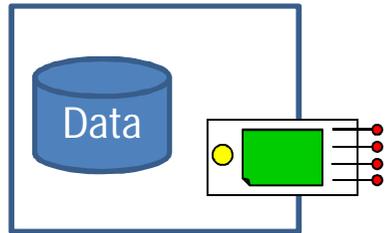


CLARA GRANT AGREEMENT N° 730482

<http://www.clara-project.eu/>



# Diffusione dei dati: pubblicazione web



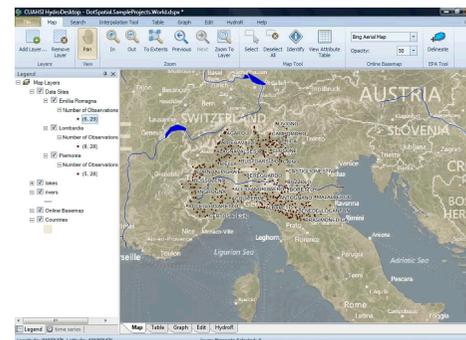
Broker  
Web  
Services



Water ML  
web client



SOS web client



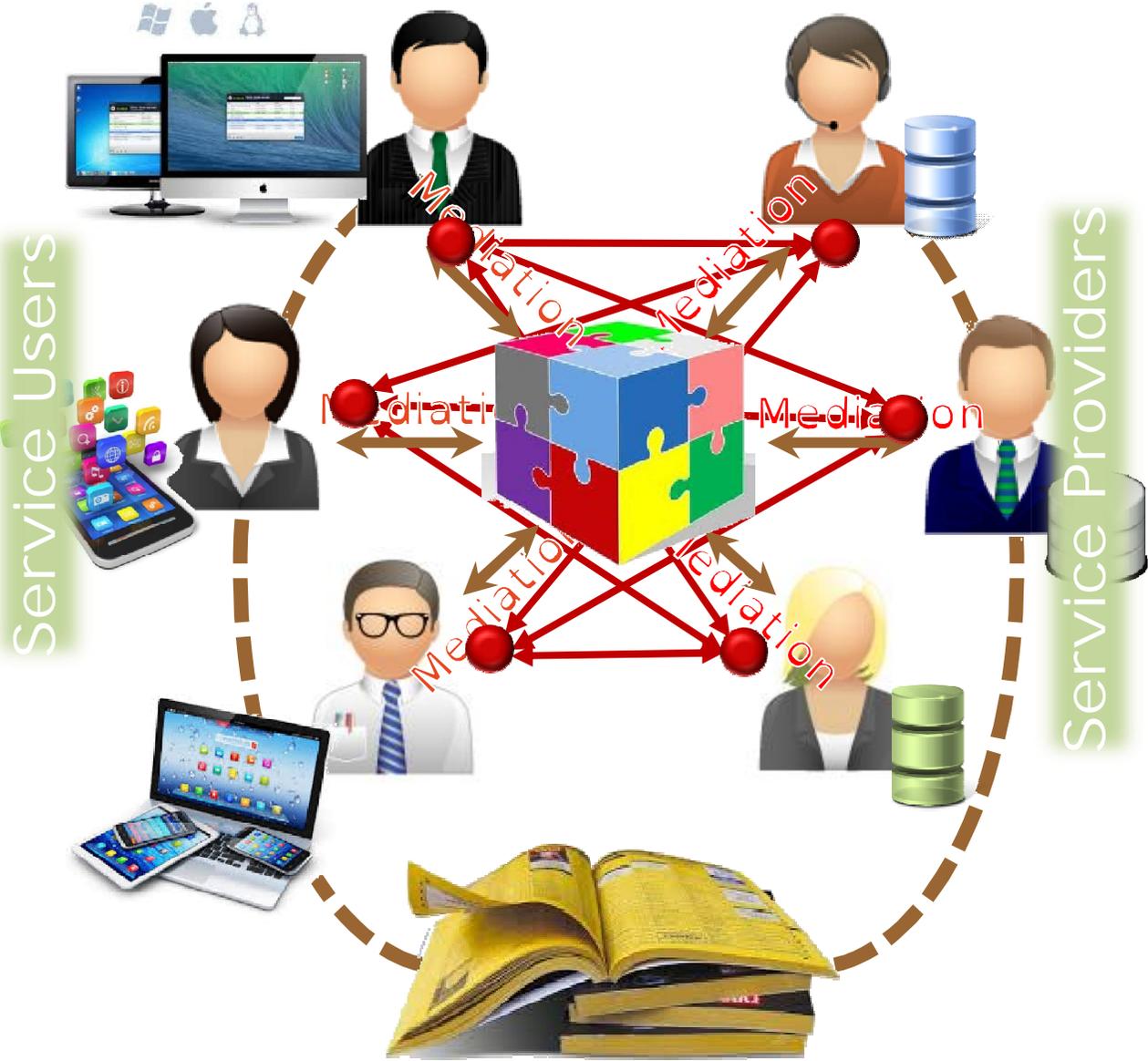
Water ML  
desktop client



... qualsiasi client supportato

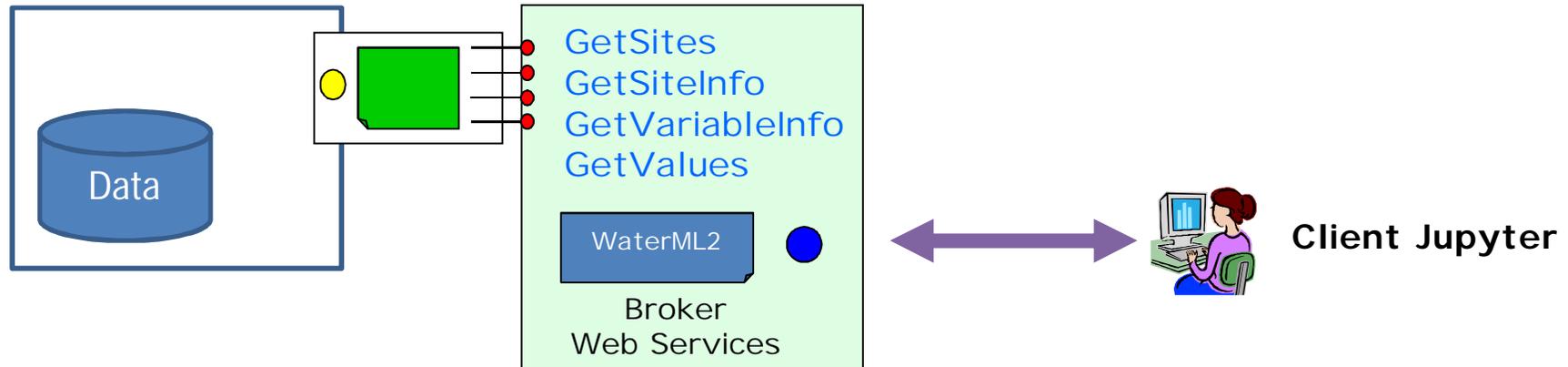
# Broker Approach

Data Applications

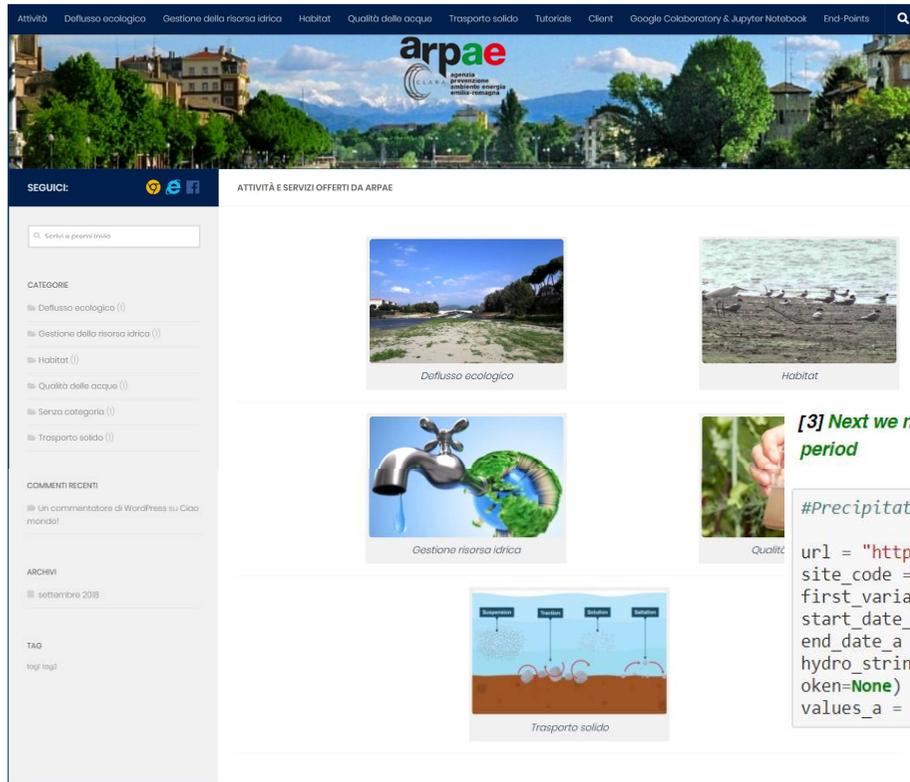


Data Infrastructur

# Diffusione dei dati: pubblicazione web



[http://demanio.ddns.net/jupyter/notebooks/Marco/Trasporto%20solido/Parma\\_Baganza\\_link.ipynb](http://demanio.ddns.net/jupyter/notebooks/Marco/Trasporto%20solido/Parma_Baganza_link.ipynb)



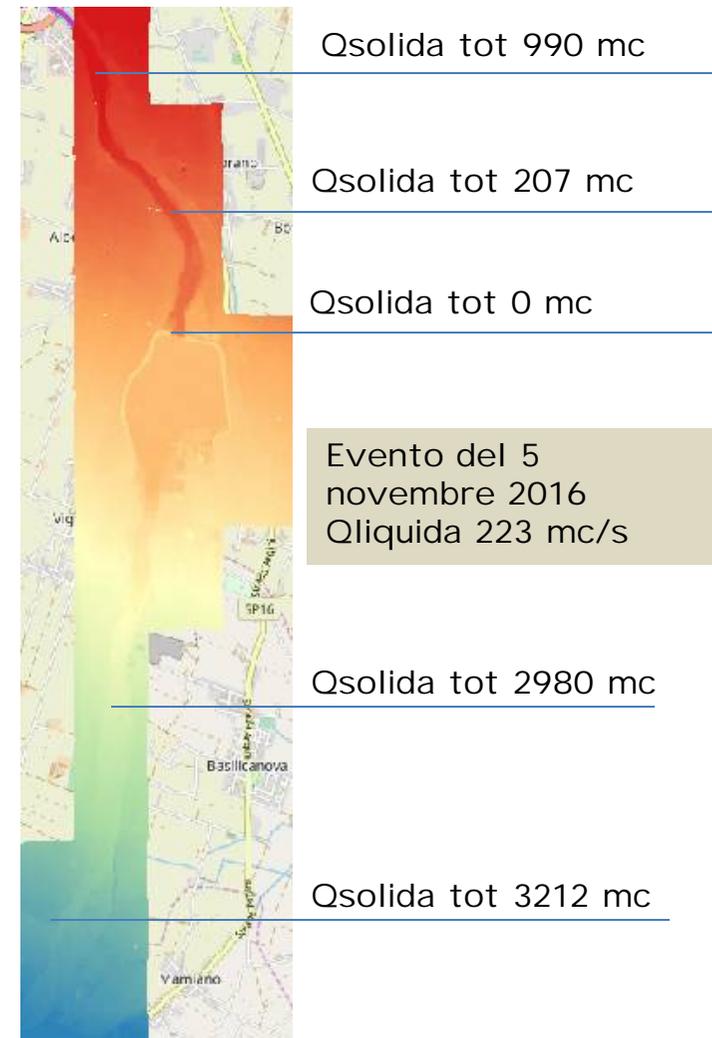
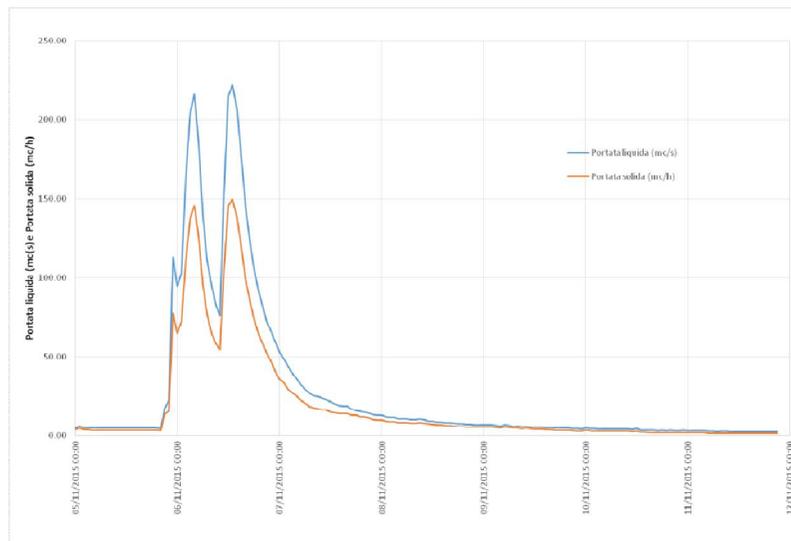
The Jupyter Notebook is an open-source web application that allows you to create and share documents that contain live code, equations, visualizations and narrative text. Uses include: data cleaning and transformation, numerical simulation, statistical modeling, data visualization, machine learning, and much more.

*[3] Next we need to get data. In particular considered parameters are the site, the variable evaluated and the desired period*

```
#Precipitation 2000
url = "http://hydrolite.ddns.net/italia/hsl-emr/index.php/default/services/cuahsi_1_1.asmx?WSDL"
site_code = "hsl-emr:BORETTO"
first_variable_code = "hsl-emr:Precipitation"
start_date_a = "2000-01-01"
end_date_a = "2000-12-31"
hydro_string_a = get_hydroserver(url, site_code, first_variable_code, start_date_a, end_date_a, auth_t
oken=None)
values_a = parse_waterml(hydro_string_a)
```

## Risultati e Conclusioni

- ❑ Sostanziale coerenza nella stima delle variabili tra l'applicazione della metodologia da UNIPD a valle cassa e da ARPAE a monte cassa.
- ❑ L'applicazione della scala di trasporto solido a tutto il periodo 2006-2016 è stato possibile stimare un volume totale di trasporto corrispondente a 405.177 mc, che confrontato con il volume depositato nel tratto attivo della cassa mostra uno scarto del 6%.
- ❑ Il campionamento di 5-7 eventi permette di realizzare una scala delle portate solide valida fino ad una sostanziale variazione delle condizioni morfodinamiche dell'alveo



- ❑ La sempre maggiore disponibilità di DEM e l'utilizzo di droni garantirà l'estendibilità spazio temporale delle informazioni
- ❑ Miglioramento della definizione dei meccanismi di movimento del fondo utilizzando strumenti ADCP

Sediment management in channel networks:  
from measurements to best practices

Sediment transport monitoring and management plans in Italy



Grazie per l'attenzione

Mauro Del Longo - [mdellongo@arpae.it](mailto:mdellongo@arpae.it)