

Tecniche di elaborazione dei dati telerilevati ed interpretazione dei risultati

Raimondo Gallo^a, Alex Bojeri^b

^a Libera Università di Bolzano

^b MAVTech Srl

SOMMARIO

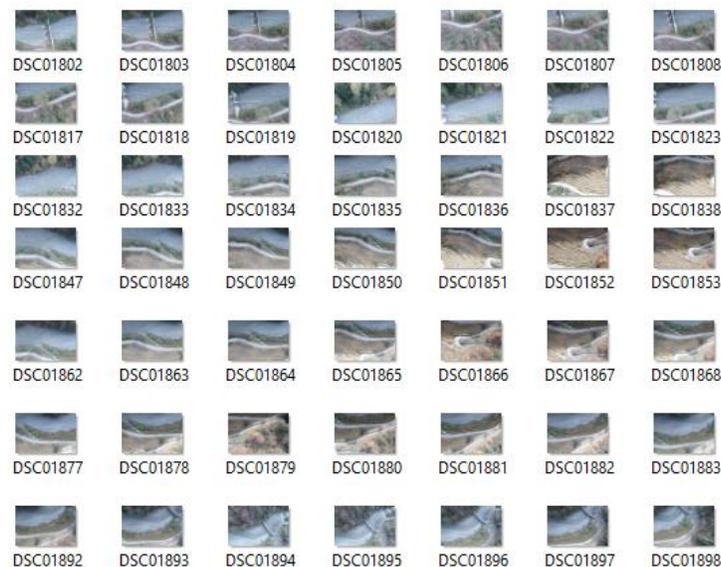
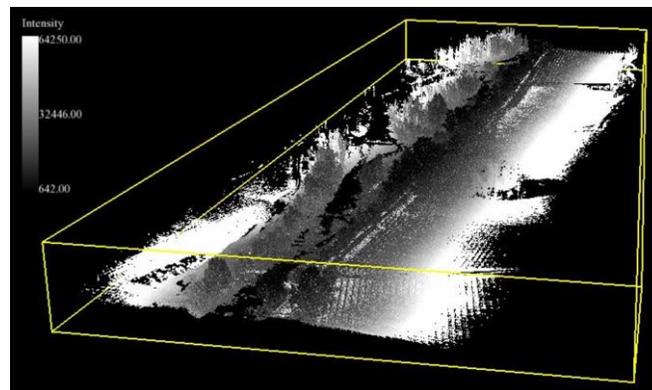
1. Modello concettuale
2. Acquisizione del dato
3. Post-processing del dato grezzo
4. Analisi del dato e validazione algoritmo
 - a. Classificazione uso del suolo
 - b. Classificazione vegetazione ripariale
 - c. Stima carbon sequestration
5. Conclusioni

1. Modello concettuale

Sistemi Informativi per monitoraggio ambientale

- Un **SI** realizza la trasformazione **Dati Grezzi → Informazioni**
- Insieme di strumenti che mettono il **decisore** in grado di:
 - ❖ **Raccogliere i dati** a livello di ciascun dominio di interesse;
 - ❖ **Elaborare ed archiviare** i dati raccolti, mediante modelli e database progettati in funzione della natura delle informazioni e decisioni che si dovranno intraprendere;
 - ❖ **Interpretare** i dati precedentemente elaborati, completando la loro trasformazione in informazione nell'ambito di un ben preciso **processo decisionale**
 - ❖ Mettere a disposizione le informazioni in **qualsunque momento** il decisore lo richieda (**sempre on line**)

2. Acquisizione dato grezzo



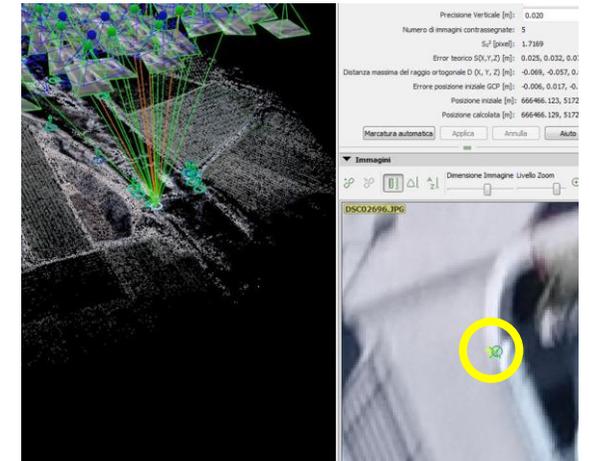
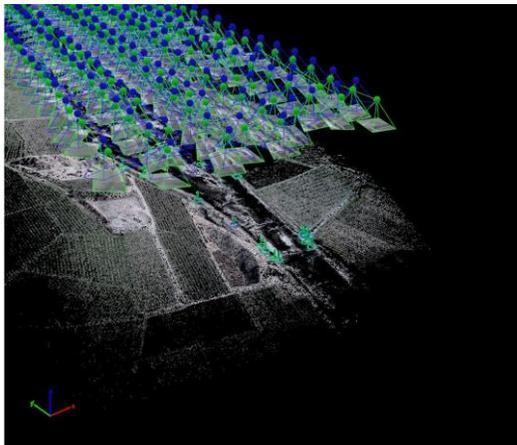
- Nuvole di punti da LiDAR
- Immagini RGB, e multispettrali
- ❖ **Sony RX100**
- ❖ **Micasense RedEdge - M**
- Riprese video fullHD
- **Ground points**
operazioni di ortorettifica
GNSS - RTK

3. Post-processing dati telerilevati

- Mosaicatura delle immagini per la creazione di ortofoto
 - ❖ **Ortofoto RGB e Multispettrali**
- Immagini alto dettaglio con risoluzioni
- Immagini georiferite con precisioni centimetriche grazie ai ground points

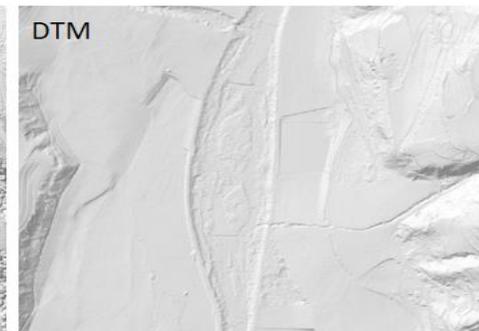
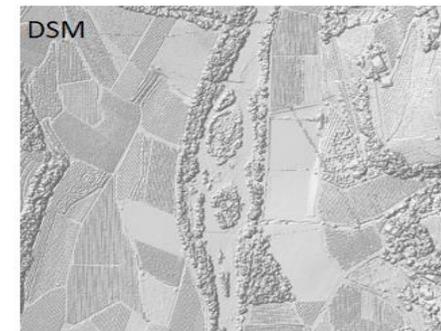
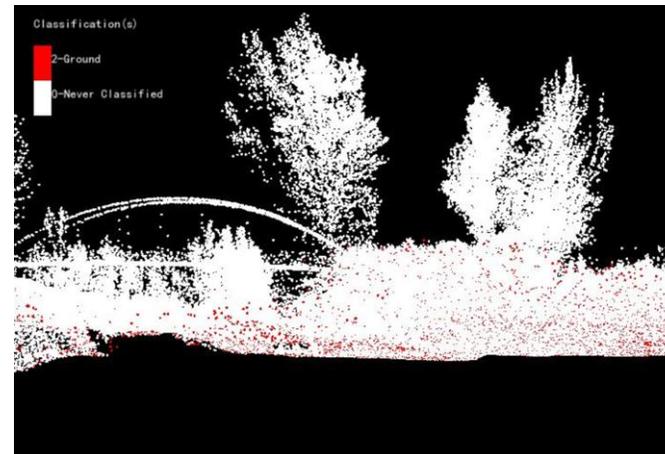
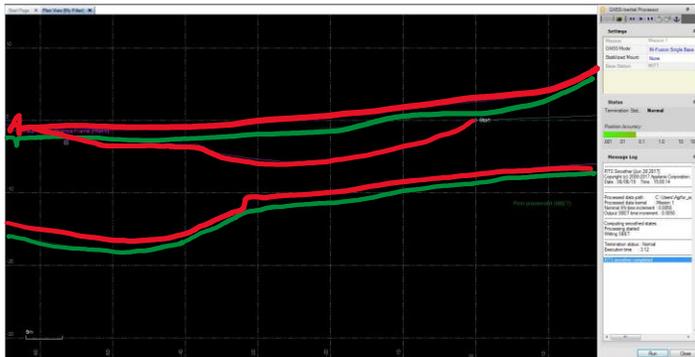


Pix4Dmapper



3. Post-processing dati telerilevati

- Procedure di correzione point cloud LiDAR
 - ❖ **IMU; on-board GNSS; Rinex da master**
- Procedure di rimozione outliers e rumore
- Identificazione dei punti del terreno
- DTM, DSM e CHM risoluzione 0.5m



3. Post-processing dati telerilevati



Considerando i dati a disposizione e le voci di valutazione dell'indice WEQUI, i criteri che lo compongono sono stati classificati in:

**VALUTABILI MEDIANTE PROCESSO
AUTOMATIZZATO**

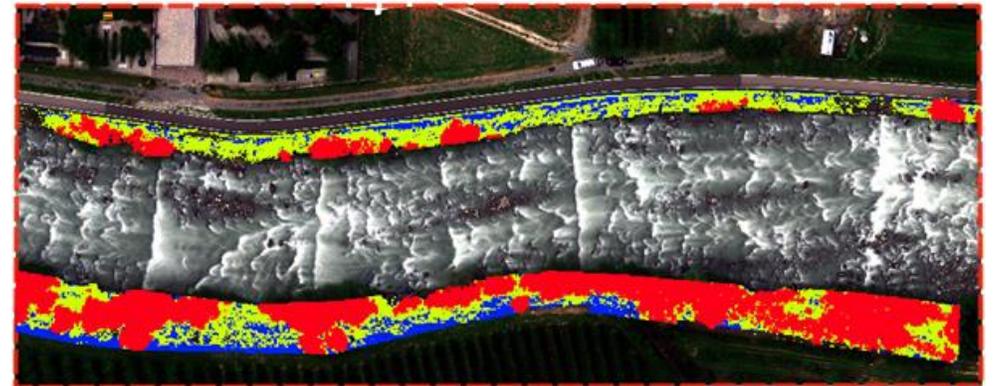
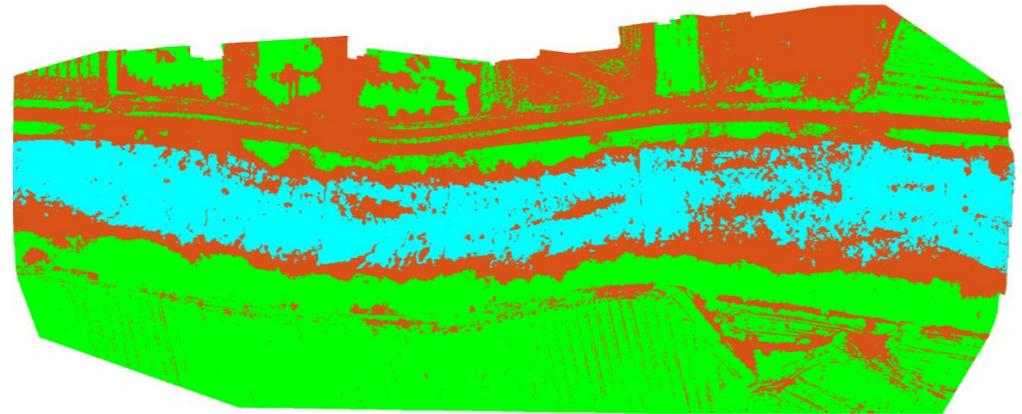
**VALUTABILE MEDIANTE ALTRO
PROCESSO**

4. Analisi ed interpretazione dei dati

- Sviluppo di algoritmi interpretativi per l'estrazione di informazioni qualitative inerenti ai criteri previsti dalla procedura WEQUI

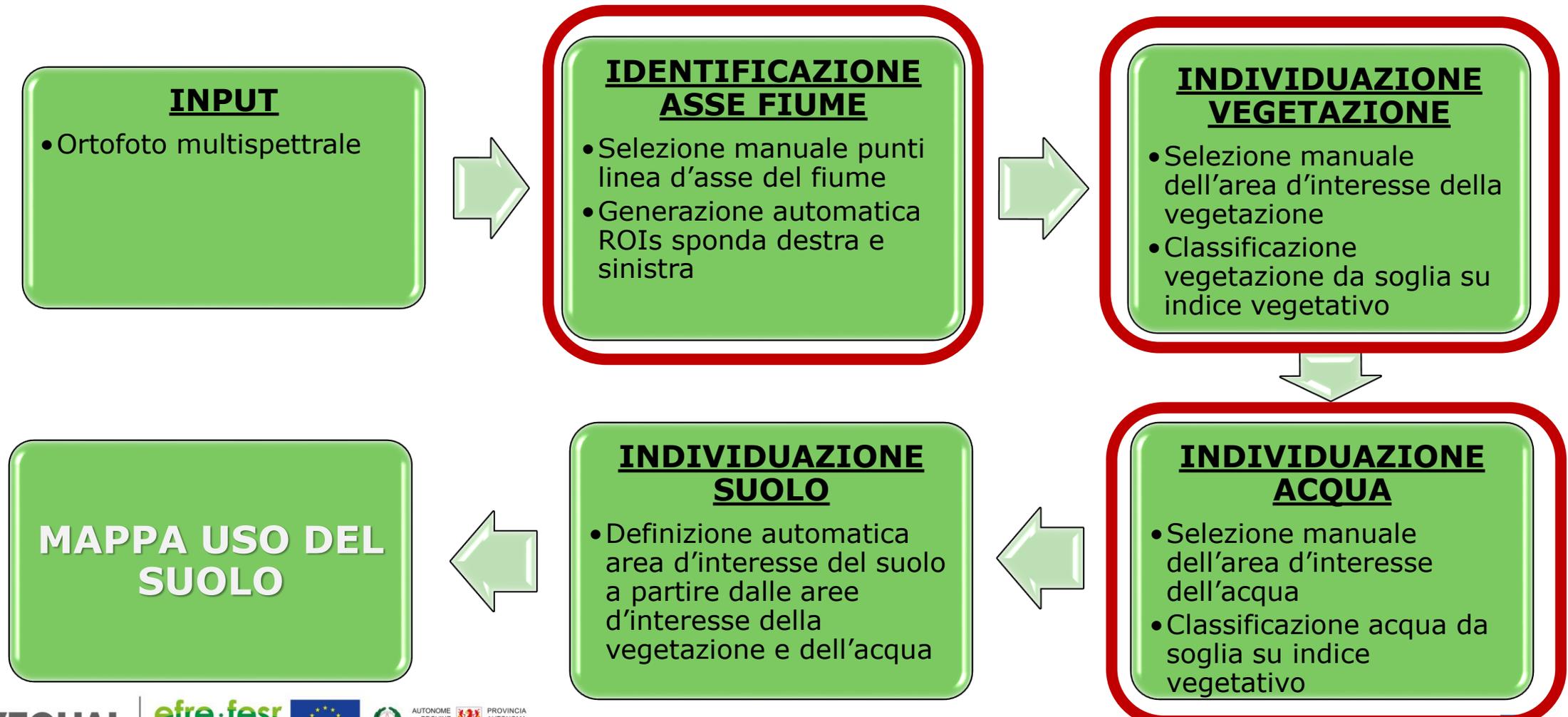
❖ **MATLAB**

❖ **Python**



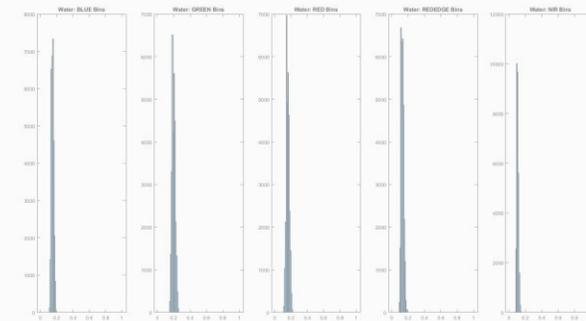
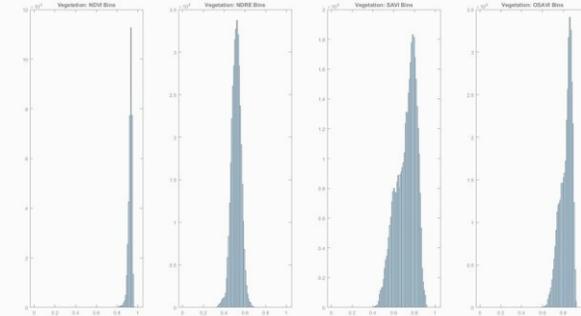
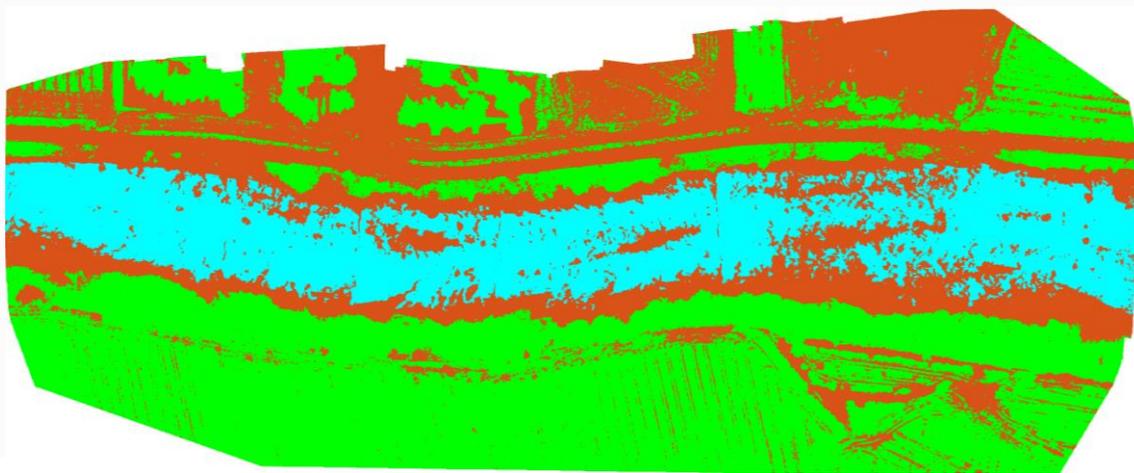
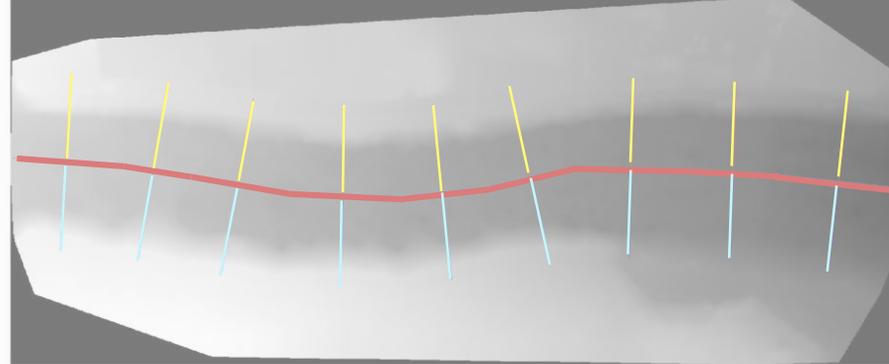
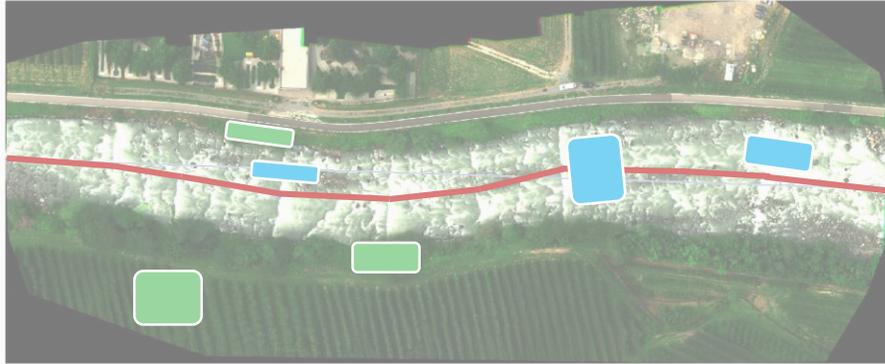
4. Analisi ed interpretazione dei dati

Classificazione uso del suolo – modello analitico



4. Analisi ed interpretazione dei dati

Classificazione uso del suolo – procedura analitica



4. Analisi ed interpretazione dei dati

Classificazione uso del suolo - output

Risultati ottenuti il 05-Jun-2019 13:09:54

FULL IMAGE RESULTS:

Area HERBACEOUS [m²]: 72702.54

Volume HERBACEOUS [m³]: 18175.63

Area SHRUBS [m²]: 8164.32

Volume SHRUBS [m³]: 22451.87

Area ARBOREAL [m²]: 1150.64

Volume ARBOREAL [m³]: 25889.50

Vegetation overlay percentage: 57.53%

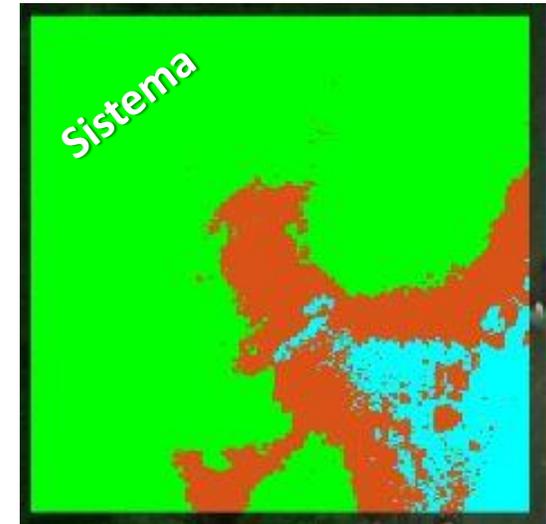
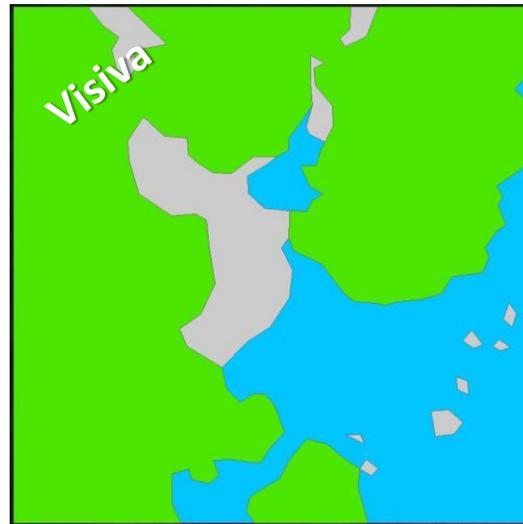
Water overlay percentage: 15.62%

Soil overlay percentage: 27.53%

4. Analisi ed interpretazione dei dati

Classificazione uso del suolo – validazione

- Su 21 aree di saggio di dimensione 25x25 m, scelte casualmente
- Procedura eseguita tramite riconoscimento da ortofoto usando applicativo GIS



4. Analisi ed interpretazione dei dati

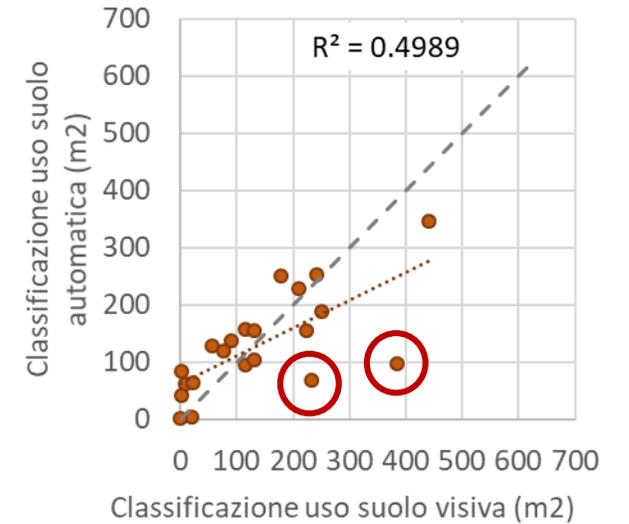
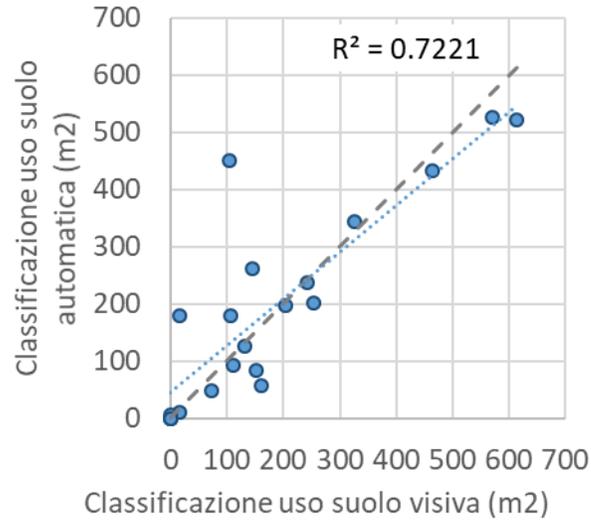
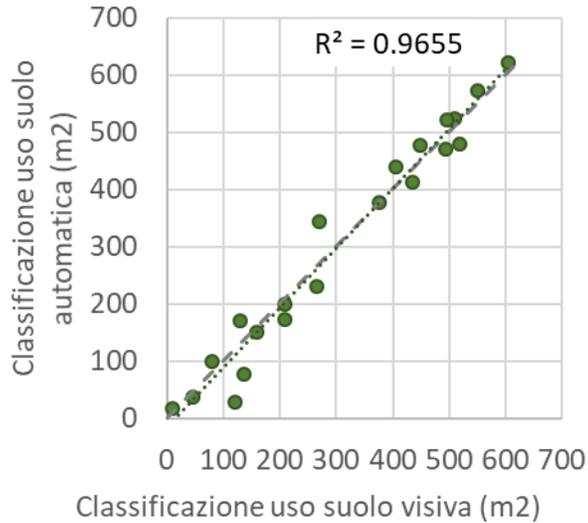
Classificazione uso del suolo – validazione

Località rilievo	AdS	Uso vegetazione		Uso acqua		Uso suolo	
		Vis m ²	Aut m ²	Vis m ²	Aut m ²	Vis m ²	Aut m ²
LAGUNDO	1	605.6	621.6	0.0	0.0	19.4	3.4
	2	159.9	151.7	464.2	431.8	0.9	41.5
	3	266.2	230.9	242.6	236.8	116.3	157.3
	4	493.2	470.6	0.0	0.0	131.8	154.4
	5	120.3	29.3	325.8	344.3	178.9	251.4
	6	208.9	199.1	204.9	197.6	211.2	228.4
PASSIRIO	1	209.8	173.9	145.5	261.9	249.8	189.2
	2	551.4	573.9	73.6	49.0	0.0	2.1
	3	406.6	440.4	161.8	56.5	56.6	128.1
	4	136.3	77.3	104.2	450.8	384.5	96.9
	5	435.6	413.3	111.6	93.0	77.8	118.7
	6	78.8	100.3	106.0	179.1	440.2	345.6

Località rilievo	AdS	Uso vegetazione		Uso acqua		Uso suolo	
		Vis m ²	Aut m ²	Vis m ²	Aut m ²	Vis m ²	Aut m ²
CHIUSA	1	518.5	478.6	16.0	10.0	90.5	136.3
	2	45.3	36.8	570.6	525.2	9.1	63.0
	3	10.5	17.9	613.3	522.5	1.1	84.6
RIO TELL	1	449.4	477.1	152.9	83.4	22.7	64.4
	2	269.0	344.4	131.2	125.7	224.8	154.9
	3	508.9	524.7	0.0	5.6	116.1	94.7
RIO TIN	1	375.3	377.0	16.2	179.6	233.5	68.4
	2	495.1	520.6	0.0	0.0	129.9	104.3
	3	129.7	170.6	252.9	201.8	242.4	252.6

4. Analisi ed interpretazione dei dati

Classificazione uso del suolo – validazione

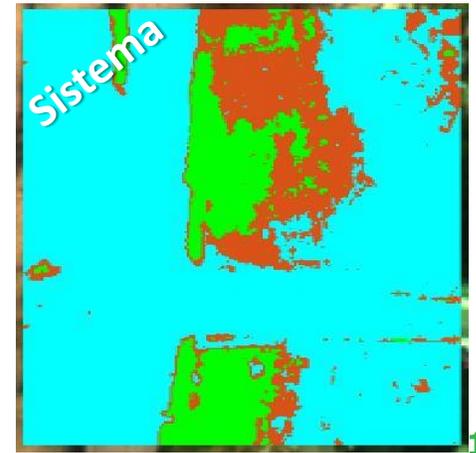
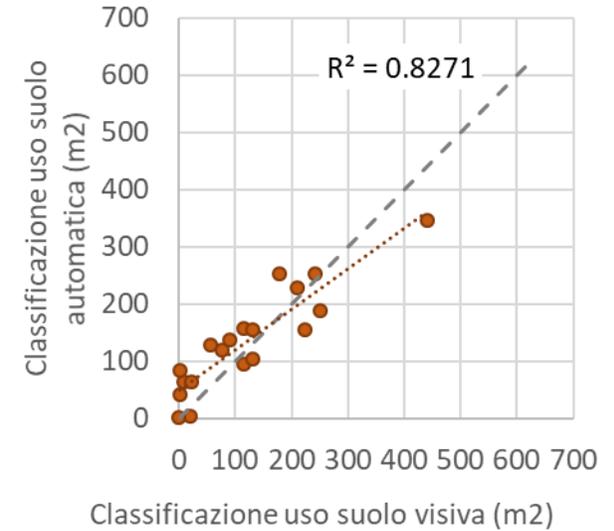
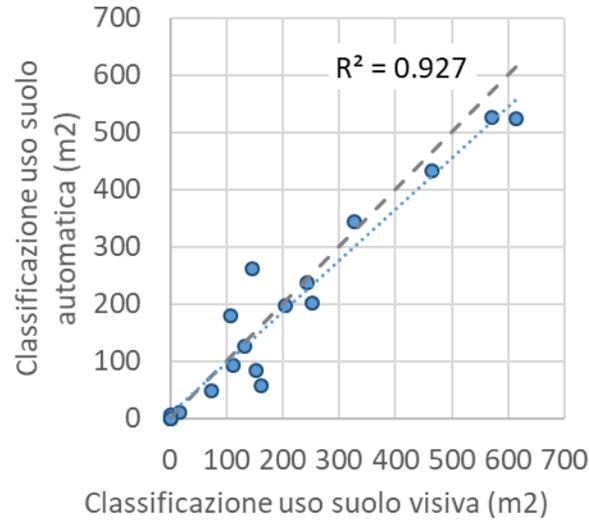
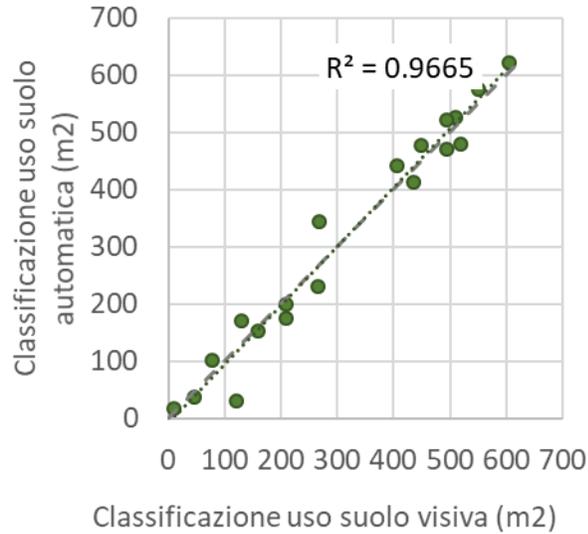


- Zone suolo → identificate come acqua
- Strati sottili di acqua → riconosciuti suolo



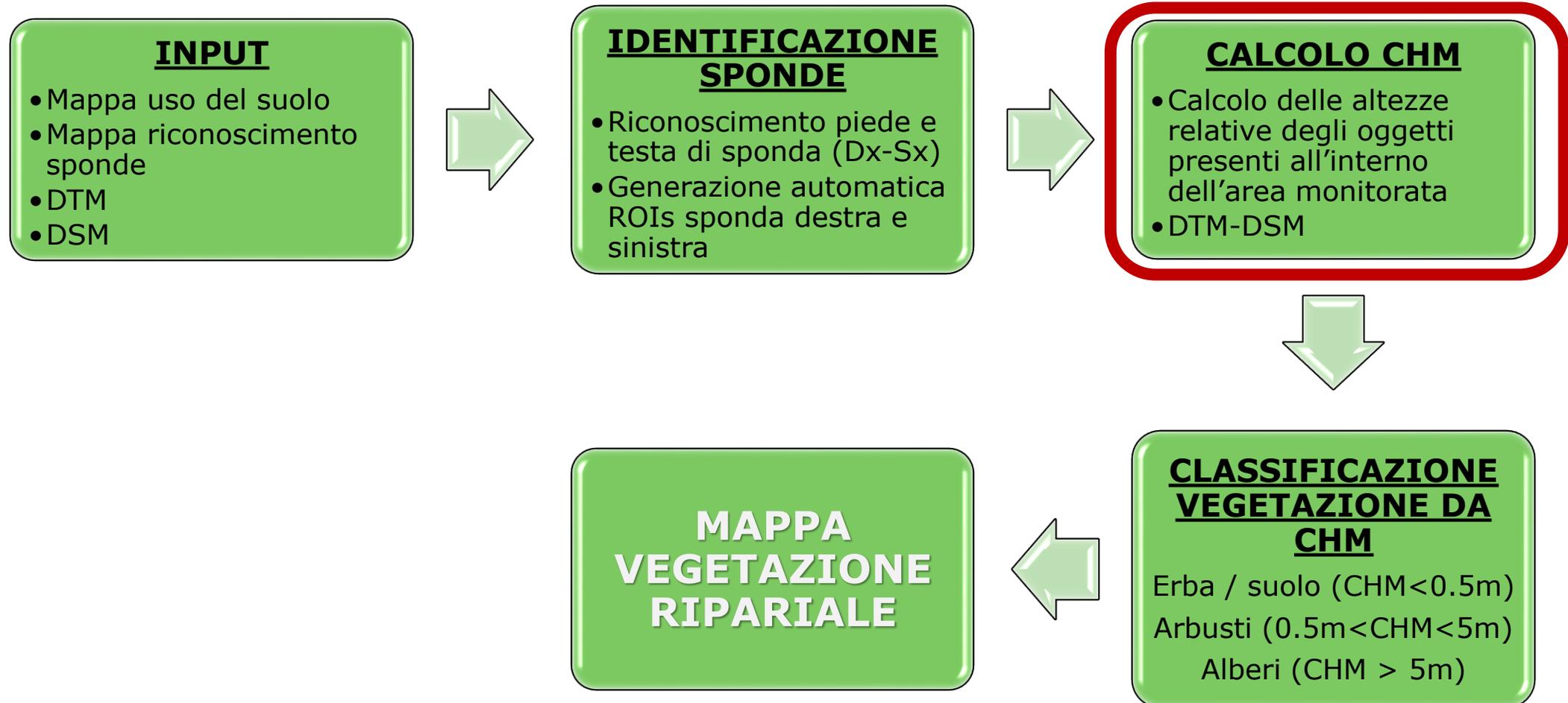
4. Analisi ed interpretazione dei dati

Classificazione uso del suolo – validazione



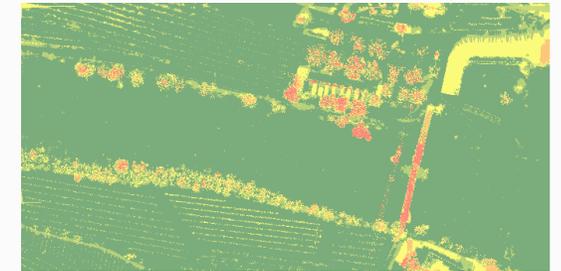
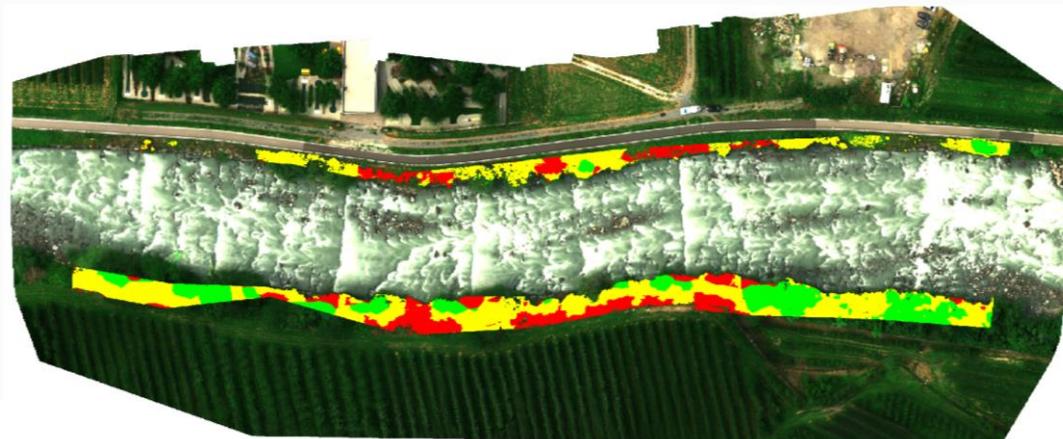
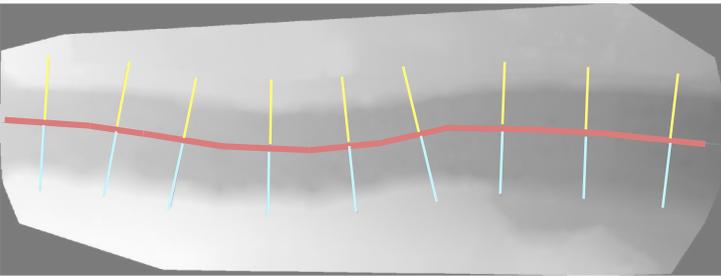
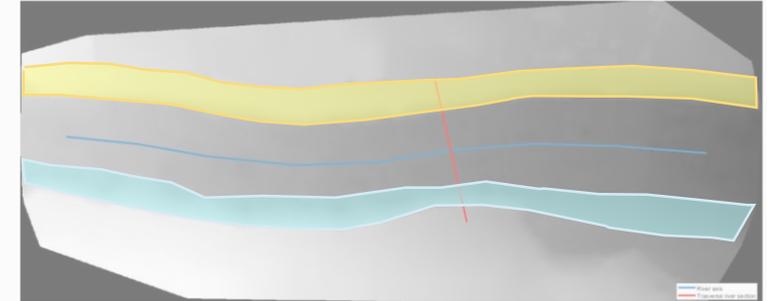
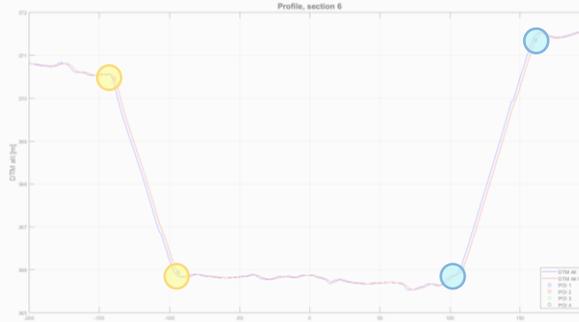
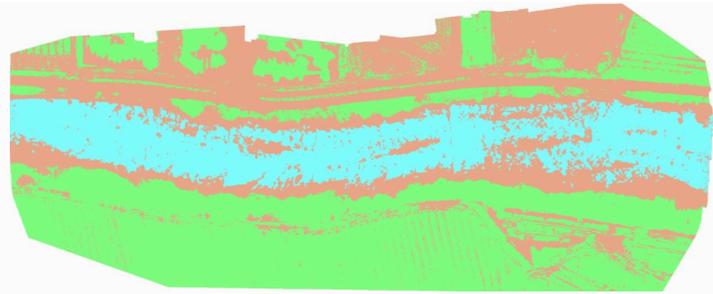
4. Analisi ed interpretazione dei dati

Classificazione vegetazione ripariale – modello analitico



4. Analisi ed interpretazione dei dati

Classificazione vegetazione ripariale – procedura analitica



4. Analisi ed interpretazione dei dati

Classificazione uso del suolo - output

Risultati ottenuti il 05-Jun-2019 13:09:54

RIGHT AND LEFT BANK RESULTS:

Right bank vegetation overlay percentage: 54.22%

Right bank vegetation area [m²]: 4268.10

Left bank vegetation overlay percentage: 43.37%

Left bank vegetation area [m²]: 3451.12

Right bank HERBACEOUS overlay percentage: 37.94%

Right bank HERBACEOUS area [m²]: 1619.33

Right bank SHRUBS overlay percentage: 41.84%

Right bank SHRUBS area [m²]: 1785.57

Right bank ARBOREAL overlay percentage: 9.93%

Right bank ARBOREAL area [m²]: 423.76

Left bank HERBACEOUS overlay percentage: 58.19%

Left bank HERBACEOUS area [m²]: 2008.22

Left bank SHRUBS overlay percentage: 21.23%

Left bank SHRUBS area [m²]: 732.72

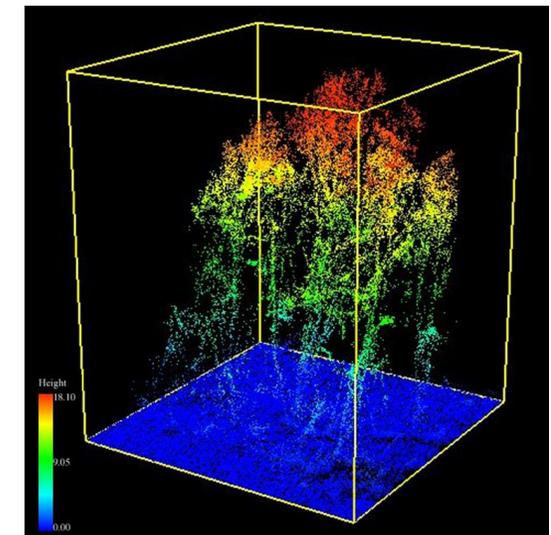
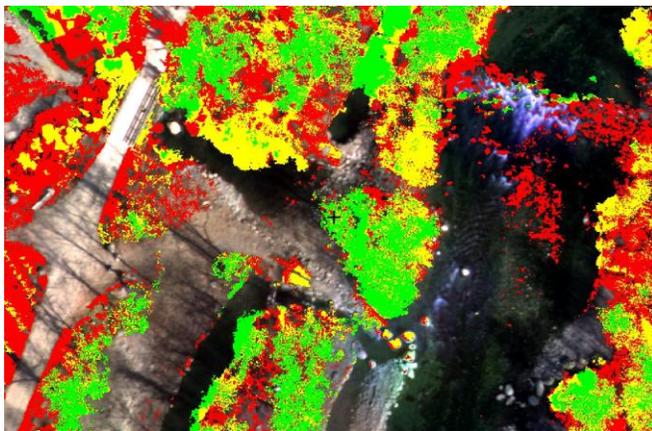
Left bank ARBOREAL overlay percentage: 3.13%

Left bank ARBOREAL area [m²]: 108.12

4. Analisi ed interpretazione dei dati

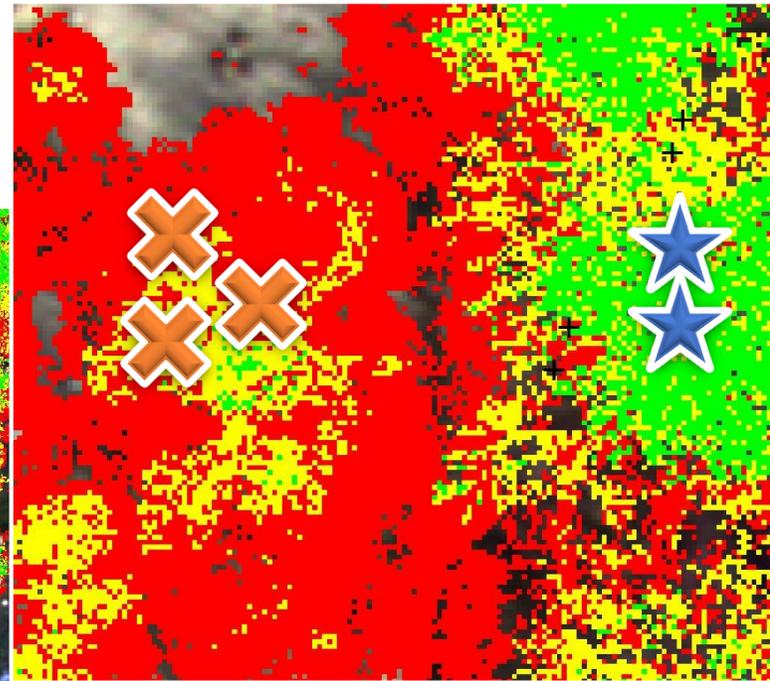
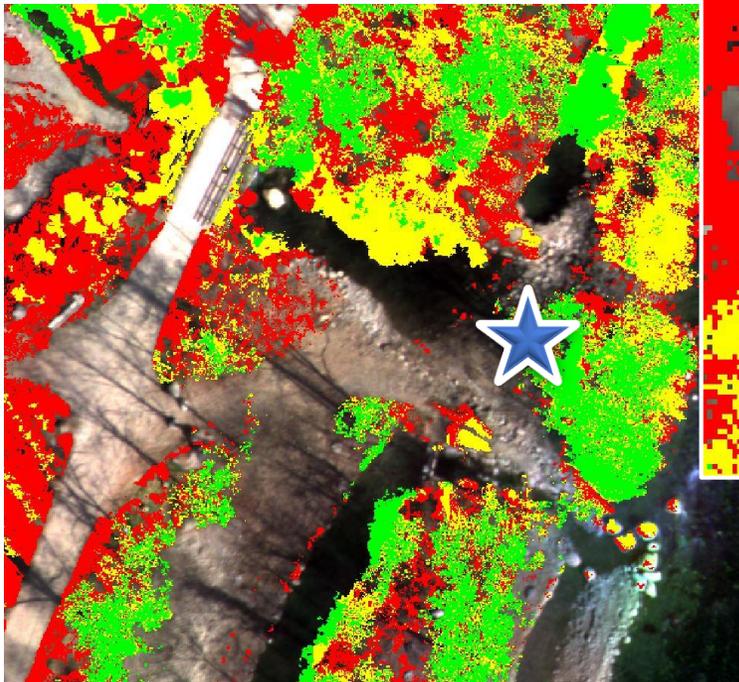
Classificazione vegetazione ripariale – validazione

- Procedura eseguita tramite sovrapposizione di strati informativi usando GIS
- Selezionate 30 aree di saggio di dimensione 15x15 m, scelte casualmente, all'interno delle quali si sono raccolte informazioni di altezza e localizzazione di ogni singola pianta (Vertex - GNSS)
- Per le 201 piante censite, si é confrontata la corrispondenza tra altezza rilevata manualmente e la rispettiva classificazione

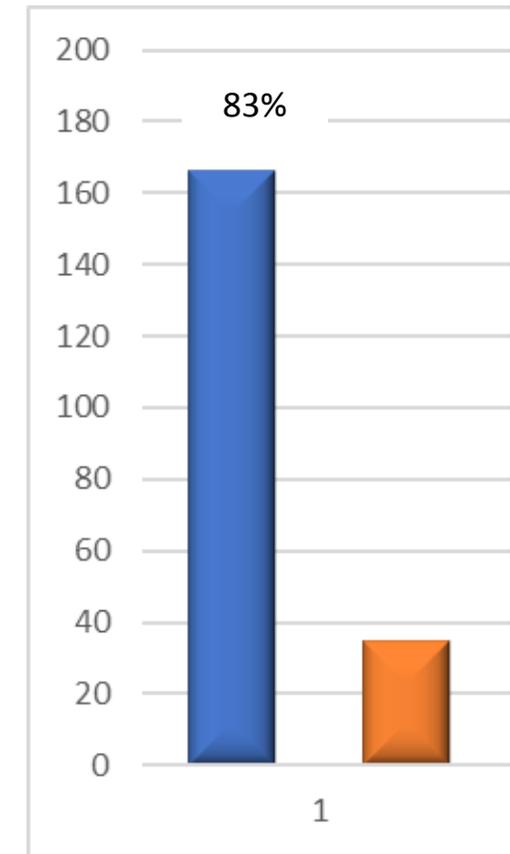


4. Analisi ed interpretazione dei dati

Classificazione vegetazione ripariale – validazione



-  Strato erbaceo
-  Strato arbustivo
-  Strato arboreo



-  Classificazione corretta
-  Classificazione errata

4. Analisi ed interpretazione dei dati

Carbon sequestration – modello analitico



4. Analisi ed interpretazione dei dati

Carbon sequestration – procedura analitica

- Calcolo del tasso medio di **assorbimento annuo di CO₂** per superficie (x_{CO_2})

$$x_{CO_2} = \frac{S_{CO_2} \cdot 10^{-3}}{A \cdot t} \left[\frac{\text{Ton}}{\text{ha anno}} \right]$$

- Calcolo quantità di **CO₂ assorbita** (S_{CO_2})

$$S_{CO_2} = q_{CO_2} P_s \text{ [kg]}$$

- Calcolo **peso secco** (P_s) e **fresco** (P_f) della vegetazione

$$P_s = (1 - \alpha) P_f \text{ [kg]}$$

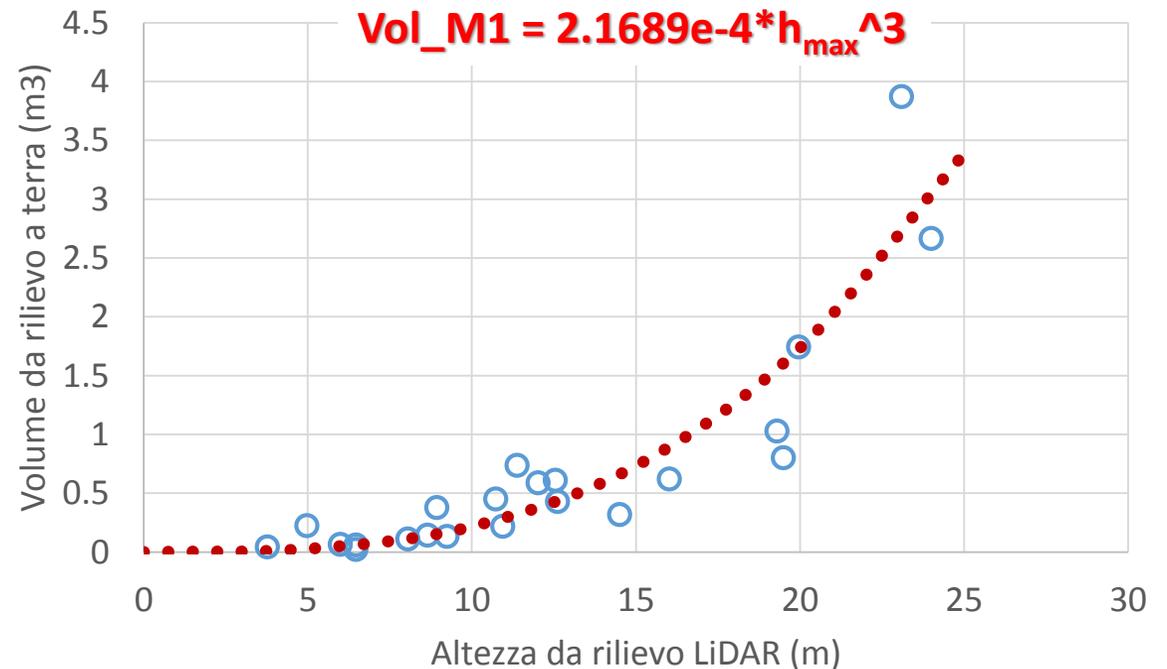
$$P_f = \rho V \text{ [kg]}$$

4. Analisi ed interpretazione dei dati

Carbon sequestration – modello estimativo

- Selezione casuale di 35 aree di saggio di 225 m² all'interno delle quali si è effettuato un cavallettamento totale del soprassuolo (Altezza e volume)
- Estrazione delle metriche forestali mediante analisi della nuvola di punti per sviluppo modello matematico di stima

- ❖ Altezza massima
- ❖ Altezza media
- ❖ Deviazione standard
- ❖ Varianza
- ❖ Altezza al 95° percentile



4. Analisi ed interpretazione dei dati

Carbon sequestration - output

Area di saggio	Volume (m3)	Peso Fresco kg	Peso secco kg	CO2 assorbita kg	Tasso assorbimento annuo di CO2 kg/ha/anno
5	0.24	208.27	129.44	199.30	0.52
6	0.36	308.94	192.01	295.64	0.73
13	0.44	379.78	236.03	363.42	0.85
7	3.50	3045.33	1892.67	2914.18	3.70
18	3.66	3185.78	1979.97	3048.59	3.47
3	0.82	715.83	444.89	685.00	1.69
22	1.29	1120.90	696.64	1072.63	1.91
30	0.10	87.52	54.39	83.75	0.31
7	0.25	215.65	134.02	206.36	0.54
14	0.20	177.44	110.28	169.80	0.47

min	max	Livello Indice di Resilienza vegetazione	
6,912	8,64*	Elevato	I
5,184	6,912	Buono	II
3,456	5,184	Sufficiente	III
1,728	3,456	Scarso	IV
0	1,728	Minimo/ Nullo	V

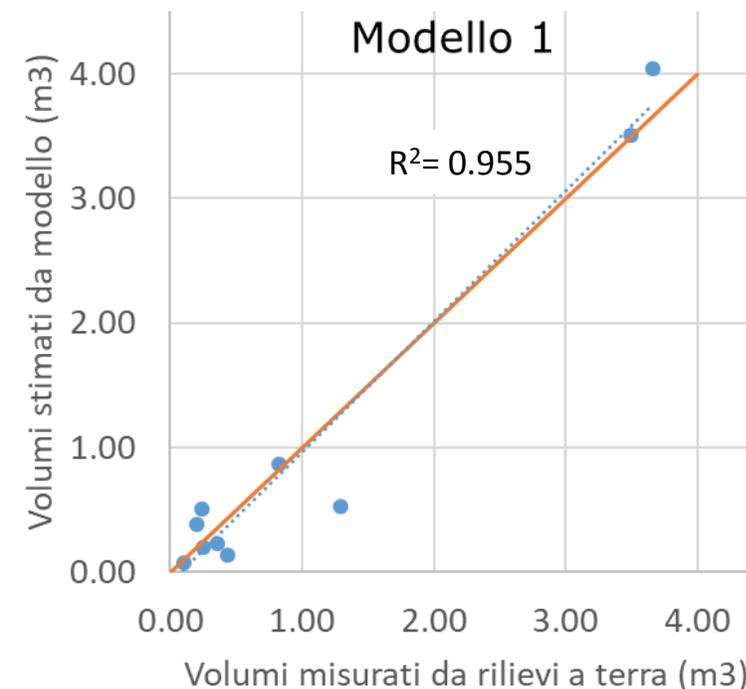
4. Analisi ed interpretazione dei dati

Carbon sequestration – validazione



La procedura ha analizzato la differenza tra volume stimato mediante uso del modello matematico e durante rilievi dendrometrici di campo

Area di saggio	Valori misurati a terra		Valori misurati da LiDAR	Valori stimati da modello	Differenze
	Volume (m ³)	Alt. max (m)	Alt. max (m)	Volume M1 (m ³)	Volume M1 (m ³)
5	0.24	11.4	13.24	0.50	0.26
6	0.36	13	10.15	0.23	0.13
13	0.44	13.8	8.59	0.14	0.30
7	3.50	22	25.28	3.50	0.00
18	3.66	28.5	26.51	4.04	0.38
3	0.82	12.8	15.86	0.87	0.04
22	1.29	14.9	13.43	0.53	0.76
30	0.10	6.3	7	0.07	0.03
7	0.25	8.3	9.63	0.19	0.05
14	0.20	10	12.1	0.38	0.18
Media	1.09			1.05	0.21



5. Conclusioni

- È necessario **migliorare la capacità di identificazione** dell'uso suolo limitando il riconoscimento dell'acqua solamente all'interno del letto del fiume → testing
- È necessario considerare se la **metodologia di validazione** dell'algoritmo per la classificazione della vegetazione ripariale sia la più adatta:
 - ❖ Errata classificazione a causa di errori strumentali, difficoltà di accesso
 - ❖ Le informazioni inerenti alla misura dell'altezza tramite LiDAR sono da considerarsi corrette
- Ottima capacità estimativa del **modello matematico** per la stima del volume di biomassa
- Il livello di **soggettività** nelle procedure di valutazione visiva potrebbe essere fonte di errore

5. Conclusioni

- Nonostante il grado di accuratezza degli output non sia stato definito, dai risultati ottenuti si può concludere che:
 - ❖ I livelli di errore ottenuti possono considerarsi **accettabili** per un sistema che deve fornire un supporto di valutazione qualitativa
 - ❖ Gli algoritmi sono in grado di eseguire una **corretta valutazione semiautomatica** dei parametri necessari alla determinazione dell'indice WEQUI
 - ❖ Richiedono una **minima interazione** con l'utente per l'avvio di poche e semplici procedure di post-processing



**Grazie per
l'attenzione**