



TE.MA. SNC

Di Castelli Gian Franco e C.

P.zza San Rocco 5, 48018 Faenza (RA) - P.IVA / C.F.: 01113530396

Tel: +39 0546 25397 Fax: +39 0546 667353

E-mail: info@tema.ra.it www.tema.ra.it

Servizio di monitoraggio ambientale della qualità dell'aria, delle acque, dei sedimenti, del clima acustico, di aspetti naturalistici e morfodinamici relative all'attuazione del PRP 2007 – I stralcio".

CIG 77532643DB

Monitoraggio Ante Operam (M4)

MONITORAGGIO DEGLI SCAMBI IDRICI TRA PIALASSE E CANALE CAMPAGNA DI MISURA DEI CAMPI DI VELOCITA' E CORRENTE

Novembre 2021

Prot.	Data	Firma
59	22/11/2021	Dott. Gian Franco Castelli Legale Rappresentante TE.MA. snc
Sistema di Qualità Certificato ISO 9001		

TeMa. snc
DI CASTELLI GIAN FRANCO e C.
P.zza San Rocco 5 - Faenza (RA)
Tel. 0546 25397 Fax 0546 667353
C.F./P.IVA: 01113530396

Indice

1.	INTRODUZIONE.....	3
2.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	3
3.	AREA DI INDAGINE	3
4.	STRATEGIA OPERATIVA	5
5.	PROSPETTO DELLE ATTIVITÀ.....	5
6.	EQUIPMENT	5
6.1	Caratteristiche del correntometro ADCP	6
7.	PERSONALE.....	6
8.	METODOLOGIA OPERATIVA	7
9.	LIVELLI DI MAREA	8
10.	RISULTATI	9
10.1	Sezioni di misura	9
10.2	Valori medi di velocità e direzione della corrente	10
10.3	Grafici di velocità e direzione della corrente	11
10.3.1	Transetto Piombone	12
10.3.2	Transetto Baiona	18

1. INTRODUZIONE

Nell'ambito del contratto *“Servizio di monitoraggio ambientale della qualità dell'aria, delle acque, dei sedimenti, del clima acustico, di aspetti naturalistici e morfodinamici relative all'attuazione del PRP 2007 – i stralcio”*. CIG 77532643DB”, e della prestazione

BM4 – Monitoraggio Ante Operam degli scambi idrici fra le Pialasse e il Canale Candiano

il presente documento fornisce la descrizione delle procedure operative e dei dati raccolti **nella campagna annuale di misura dei campi di velocità e direzione della corrente in due transetti posizionati all'imbocco delle Pialasse Baiona e Piombone.**

2. Documenti di riferimento

Documentazione fornita in fase di gara:

- *“Piano di monitoraggio comparto idrico, biotico e morfodinamico”*. Rif doc GEN.B1 – PdM: comp. Idr. bio. e morf.

3. AREA DI INDAGINE

I transetti di misura sono stati posizionati all'imbocco delle Pialasse Baiona e Piombone, come di seguito rappresentato.



Fig. 1 – Planimetria con l'ubicazione dei transetti di misura della corrente all'imbocco delle Pialasse Baiona e Piombone

4. STRATEGIA OPERATIVA

Il rilievo della direzione e velocità della corrente lungo i transetti all'imbocco delle Pialasse è stato eseguito con l'impiego di strumentazione innovativa a tecnologia ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) Teledyne Rio Grande installata su imbarcazione in movimento. La tecnologia ADCP permette l'acquisizione di valori di corrente lungo tutta la sezione e tutto il profilo verticale di colonna d'acqua, dalla superficie al fondo, fornendo una dettagliata mappatura della velocità, una migliore risoluzione spaziale, e la definizione accurata e precisa dei valori di portata, sia in presenza di valori di corrente sostenuti sia deboli.

L'acquisizione è stata effettuata percorrendo i transetti di misura con una periodicità di circa 2 ore per un intervallo di tempo di circa 8 ore, al fine di coprire interamente un ciclo di marea. Inoltre la campagna è stata eseguita in corrispondenza della fase di luna piena, quando sono più accentuate le oscillazioni di livello indotte dalla componente mareale astronomica (marea sizigiale) e conseguentemente la velocità delle correnti è maggiore, per una migliore validazione del modello idrodinamico.

5. PROSPETTO DELLE ATTIVITÀ

Le fasi operative delle attività sono riportate di seguito:

- Mob- Demob, installazione del cantiere, allestimento dell'imbarcazione
- Rilevamento correntometrico mediante imbarcazione allestita con sistema di posizionamento GNSS, PC dotato di software di navigazione e software di acquisizione dedicato, correntometro di tipo ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler). Il survey è stato eseguito percorrendo n. 2 transetti - ubicati in prossimità dell'imbocco delle Pialasse – periodicamente ogni due ore entro un intervallo di circa 8 ore.
- Post-processing ed elaborazione dei dati acquisiti, quality check dei rawdata, editing dei dati acquisiti, elaborazione ed esportazione dei profili e dei valori di corrente.

6. EQUIPMENT

- Ricevitori GNSS integrati TOPCON HIPER-V, doppia frequenza L1/L2, GPS, GLONASS: Static precision di posizionamento orizzontale: 3 mm + 0.1 ppm, Static precision di posizionamento verticale: 3.5 mm + 0.4 ppm;
- Correntometro ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) TELEDYNE RD INSTRUMENTS Rio Grande 600 kHz, in grado di misurare la velocità e direzione della corrente lungo la colonna d'acqua;
- Software di acquisizione, georeferenziazione in tempo reale e post processing per rilievi idrografici TELEDYNE PDS;

- Software di acquisizione, georeferenziazione in tempo reale e post processing per rilievi di corrente
TELEDYNE RD Winriver II.



Fig. 2 – Imbarcazione equipaggiata con strumentazione ADCP

6.1 Caratteristiche del correntometro ADCP

Il correntometro utilizzato per la determinazione del campo di moto lungo i transetti percorsi è un ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) *TELEDYNE RDI RIO GRANDE* 600 kHz, specificatamente progettato per operare su natanti in movimento. Il sistema è infatti in grado di misurare la velocità della corrente lungo la colonna d'acqua e lungo la rotta di navigazione. Durante il rilievo è possibile visualizzare il profilo della corrente, la profondità del fondale e il percorso dell'imbarcazione con i vettori di corrente sovrapposti.

La testa del trasduttore è costituita da 4 Beams in configurazione convessa aventi un angolo di 20° rispetto alla verticale. L'eco di ritorno prodotto viene suddiviso in funzione del tempo di ricezione in celle, o *bin*, e posizionata ad una certa quota lungo la verticale, o *ensemble*.

Di seguito sono riportate in dettaglio le caratteristiche tecniche:

- Beam angle 20°
- Velocity accuracy $\pm 0.25\%$ of water+boat velocity $\pm \pm 2.5$ cm/s
- Velocity resolution 0.1 cm/s



7. PERSONALE

Di seguito i nominativi delle figure chiave:

Direttore Tecnico	ing. Matteo Castelli
Direttore di cantiere	dott. Gian Franco Castelli
Responsabile Sicurezza	dott. Gian Franco Castelli
Senior Surveyor	geom. Christopher Ciaffaglione

Di seguito l'organizzazione minima della attività in campo:

	PERSONALE TECNICO IN CAMPO	Unità
	Numero di squadre operative in sito	1
	Componenti per ogni squadra:	
	Capi squadra	1
	Senior Surveyor	1

Di seguito sono descritte le competenze delle principali figure coinvolte sopra-descritte:

Dott. Gian Franco Castelli, dal 1989 è Legale Rappresentante di Te.Ma. snc, laureato in Scienze Geo-Topo-Cartografiche Estimative, Territoriali ed Edilizie ed iscritto all'Albo dei Geometri della Provincia di Ravenna, con oltre 20 anni di esperienza nel settore dei rilevamenti topografici e batimetrici è esperto in rilievi topografici con metodologie tradizionali, livellazioni di alta ed altissima precisione, rilievi geodetici, rilievi con sistemi GPS, nella progettazione, realizzazione e calcolo compensativo delle reti, nei rilievi fotogrammetrici e nelle indagini marine. Ha inoltre conseguito l'**abilitazione internazionale al ruolo di Idrografo** e il certificato FIG/IHO/ICA Hydrographic Surveyor **Category B** presso l'Istituto Idrografico della Marina.

8. METODOLOGIA OPERATIVA

Le attività di survey sono state condotte il giorno 20 ottobre 2021 in condizioni meteo buone e mare calmo ed in occasione della fase di plenilunio (marea sizigiale).

In fase di acquisizione è stata impiegata una imbarcazione allestita con sistema di posizionamento GNSS TOPCON HIPER-V, correntometro ADCP TELEDYNE Rio Grande 600 kHz, software di navigazione TELEDYNE PDS, software di acquisizione dedicato TELEDYNE RD Winriver II. Il PC di navigazione, dotato del software TELEDYNE RD WINRIVER II ha coordinato l'acquisizione dei vari strumenti ad esso interfacciati, consentendo la pianificazione del survey e la realizzazione del controllo qualità sui dati acquisiti.

Il survey correntometrico è stato condotto percorrendo i n. 2 transetti di progetto, ubicati all'entrata delle pialasse Baiona e Piombone, e registrando i valori di corrente (direzione ed intensità) lungo tutto il profilo verticale ed orizzontale della sezione di misura, secondo la seguente strategia:

- le sezioni di misura sono state acquisite sia da sponda destra idrografica a sponda sinistra idrografica sia viceversa, per ottenere una sezione media;

- le acquisizioni della sezione media sono state ripetute con una periodicità di circa 2 ore entro un intervallo temporale di circa 8 ore, tra le 7.30 e le 16.00, al fine di coprire interamente un ciclo di marea.

L'elenco delle sezioni di misura acquisite, gli orari ed i valori di corrente sono riportati nella tabella seguente.

Tab. 1 – Elenco delle sezioni di misura ed orario di acquisizione

# Sezione	TRANSETTO PIOMBONE [hh:mm]	# Sezione	TRANSETTO BAIONA [hh:mm]
SEZIONE#1-P	07:53	SEZIONE#1-B	08:24
SEZIONE#2-P	09:55	SEZIONE#2-B	10:14
SEZIONE#3-P	12:14	SEZIONE#3-B	12:38
SEZIONE#4-P	14:04	SEZIONE#4-B	14:28
SEZIONE#5-P	14:54	SEZIONE#5-B	15:14
SEZIONE#6-P	15:54	SEZIONE#6-B	15:33

Il dataset proveniente dal correntometro ADCP è stato quindi processato con il software dedicato TELEDYNE WINRIVER II che permette sia l'acquisizione sia il playback dei dati acquisiti e l'esportazione della rappresentazione grafica.

9. LIVELLI DI MAREA

Durante tutta la giornata operativa sono state acquisite le osservazioni dei livelli idrometrici registrati dalla Stazione Mareografica di Ravenna appartenente alla Rete Mareografica Nazionale. Di seguito si riporta il grafico del livello idrometrico misurato dalla Rete Mareografica Nazionale - Stazione di Ravenna nella giornata del 20 ottobre 2021.

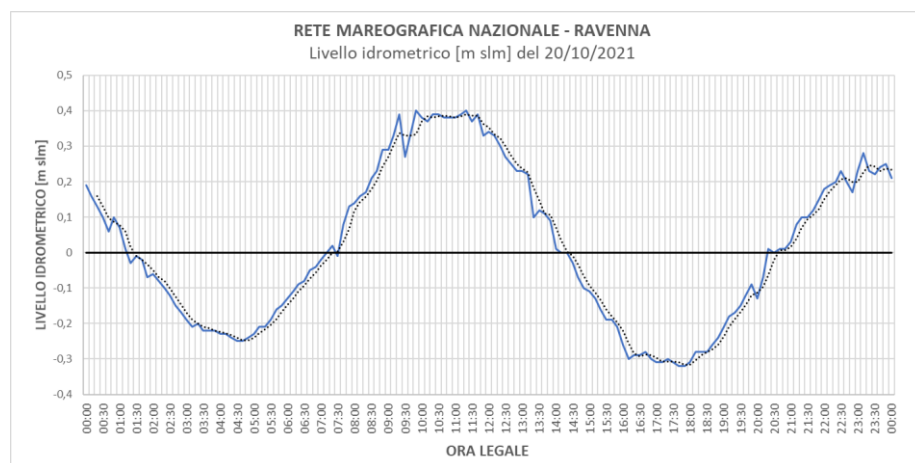


Fig. 3 – Livello idrometrico registrato il giorno 20/10/21 dalla Stazione Mareografica di Ravenna

10. RISULTATI

10.1 Sezioni di misura

Di seguito è riportata la tabella con le sezioni di misura e gli orari di acquisizione, suddivise per i transetti Piombone e Baiona, e la direzione della corrente in funzione della marea.

Tab. 2 - Elenco delle sezioni di misura ed orario di acquisizione

# Sezione	TRANSETTO PIOMBONE [hh:mm]	# Sezione	TRANSETTO BAIONA [hh:mm]	CORRENTE
SEZIONE#1-P	07:53	SEZIONE#1-B	08:24	ENTRANTE
SEZIONE#2-P	09:55	SEZIONE#2-B	10:14	ENTRANTE
SEZIONE#3-P	12:14	SEZIONE#3-B	12:38	USCENTE
SEZIONE#4-P	14:04	SEZIONE#4-B	14:28	USCENTE
SEZIONE#5-P	14:54	SEZIONE#5-B	15:14	USCENTE
SEZIONE#6-P	15:54	SEZIONE#6-B	15:33	USCENTE

Nei grafici seguenti sono rappresentati gli intervalli orari delle misure sovrapposti alla marea osservata dal mareografo della Rete Mareografica Nazionale di Ravenna.

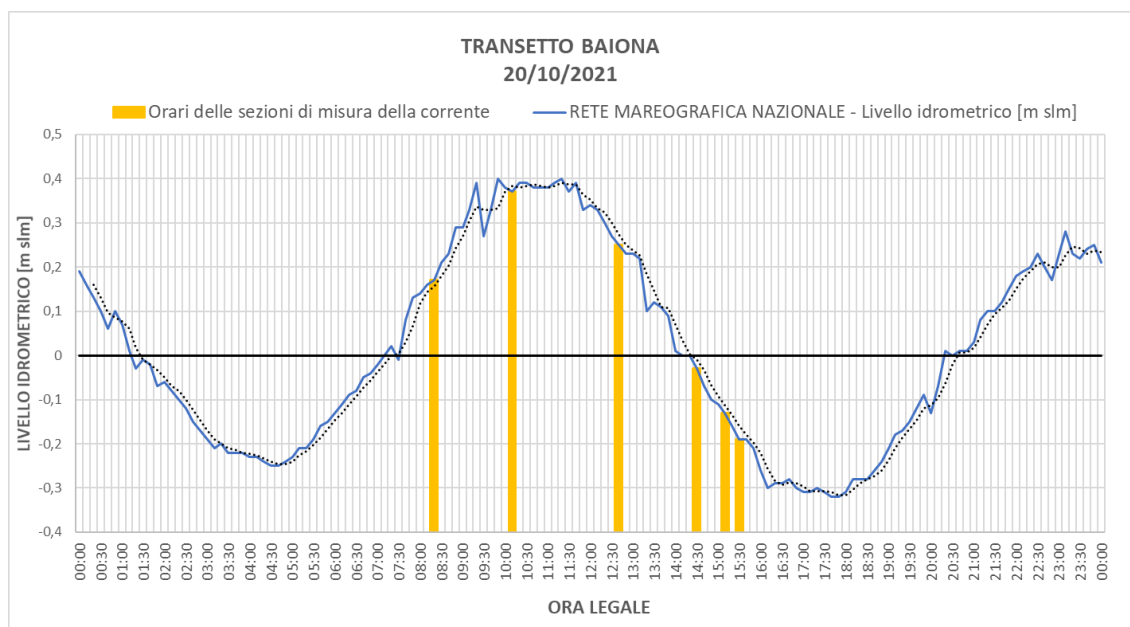


Fig. 4 – Intervalli orari delle misure di corrente del transetto Baiona sovrapposti alla marea osservata

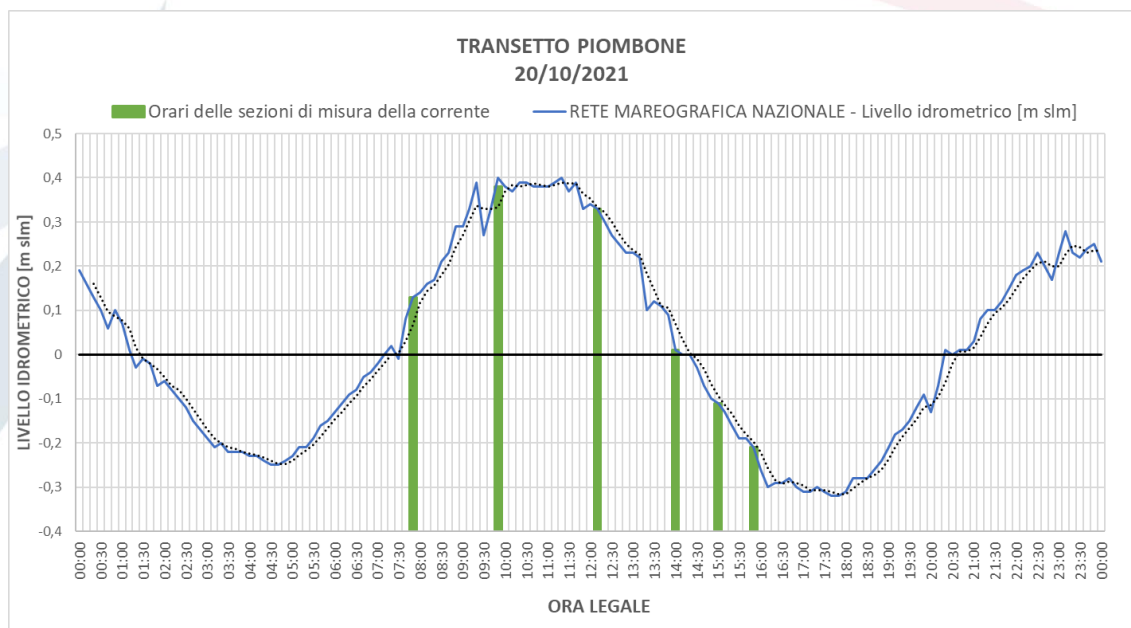


Fig. 5 - Intervalli orari delle misure di corrente del transetto Piombone sovrapposti alla marea osservata

10.2 Valori medi di velocità e direzione della corrente

Per ogni sezione di misura sono stati calcolati i valori medi di velocità della corrente (m/s), direzione della corrente ($^{\circ}$), e portata (m^3/s), come riportati nella tabella seguente.

Valori di portata negativi indicano il flusso in uscita dal canale verso l'imboccatura del Porto.

Tab. 3 – Valori di velocità della corrente (m/s), direzione della corrente ($^{\circ}$), e portata (m^3/s) lungo le sezioni di misura.

TRANSETTO PIOMBONE	20 ottobre 2021			
	Orario [hh:mm]	Velocità [m/s]	Direzione [$^{\circ}$]	Portata Q [m^3/s]
SEZIONE#1-P	07:53	0,144	165,8	139,1
SEZIONE#2-P	09:55	0,073	148,6	68,9
SEZIONE#3-P	12:14	0,098	339,4	-100,2
SEZIONE#4-P	14:04	0,120	339,8	-116,8
SEZIONE#5-P	14:54	0,114	341,1	-107,5
SEZIONE#6-P	15:54	0,065	358,8	-78,7

TRANSETTO BAIONA	20 ottobre 2021			
	Orario [hh:mm]	Velocità [m/s]	Direzione [°]	Portata Q [m³/s]
SEZIONE#1-B	08:24	0,246	270,0	261,7
SEZIONE#2-B	10:14	0,189	266,9	205,4
SEZIONE#3-B	12:38	0,193	90,2	-212,5
SEZIONE#4-B	14:28	0,262	91,7	-286,6
SEZIONE#5-B	15:14	0,265	91,5	-273,7
SEZIONE#6-B	15:33	0,253	88,6	-261,9

10.3 Grafici di velocità e direzione della corrente

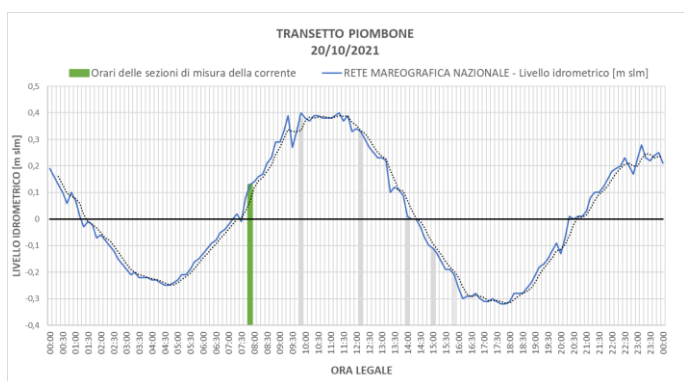
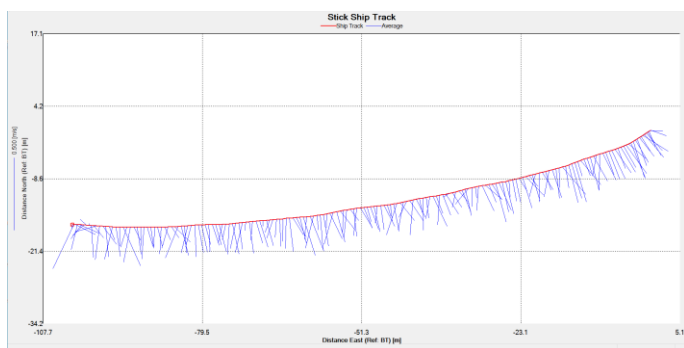
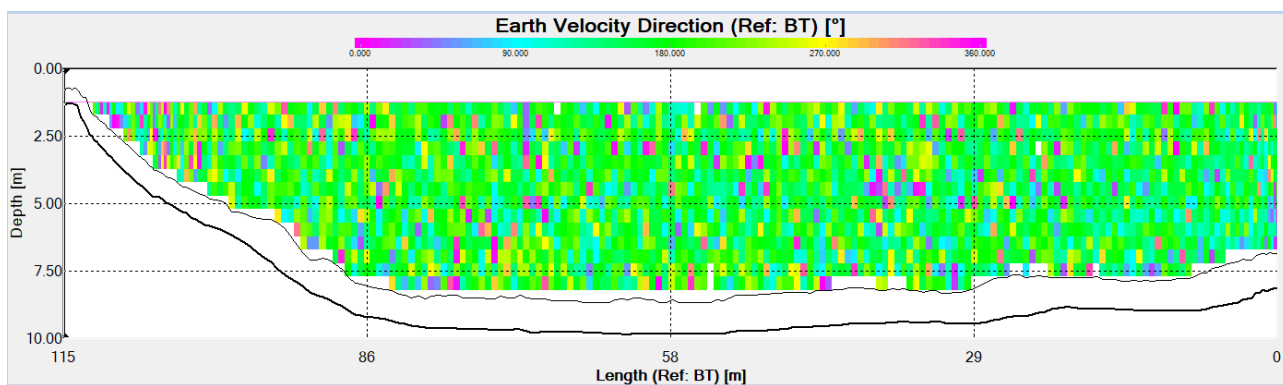
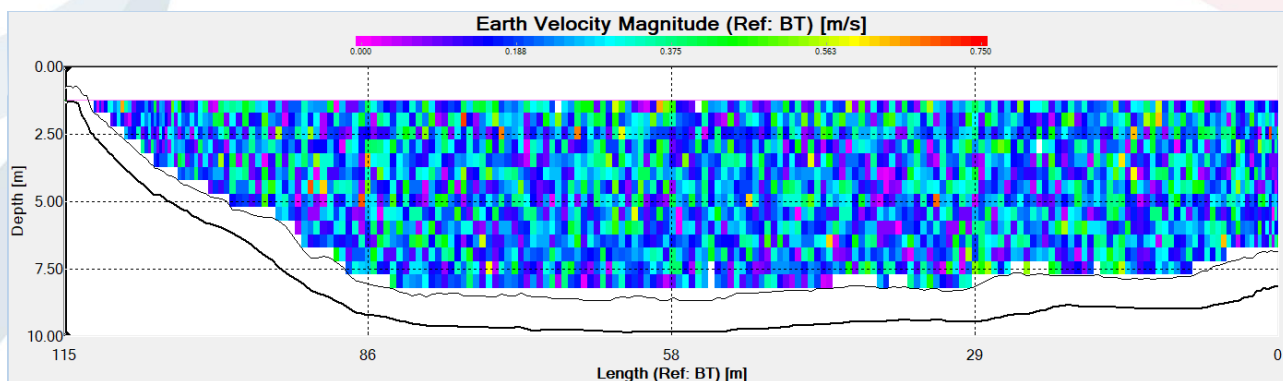
I valori di corrente lungo le sezioni di misura sono rappresentati graficamente nelle seguenti tipologie:

- *Velocity Magnitude/ Velocity Direction*: rappresentazione bidimensionale dei valori di velocità, espressa in m/s, e direzione, espressa in gradi (°), delle celle (*bin*) in cui è suddiviso il profilo verticale, lungo tutta la sezione di misura;
- *Stick Ship Track*: rappresenta i valori di corrente medi lungo il profilo verticale, dalla superficie al fondale, rappresentati in forma vettoriale lungo la sezione di misura.

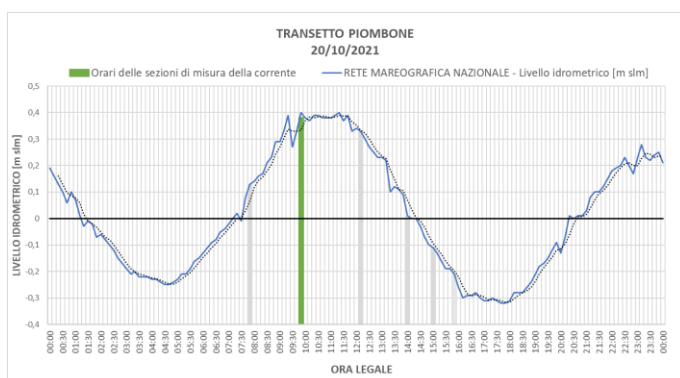
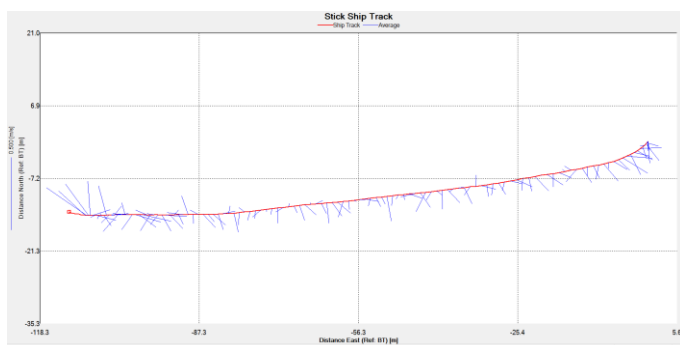
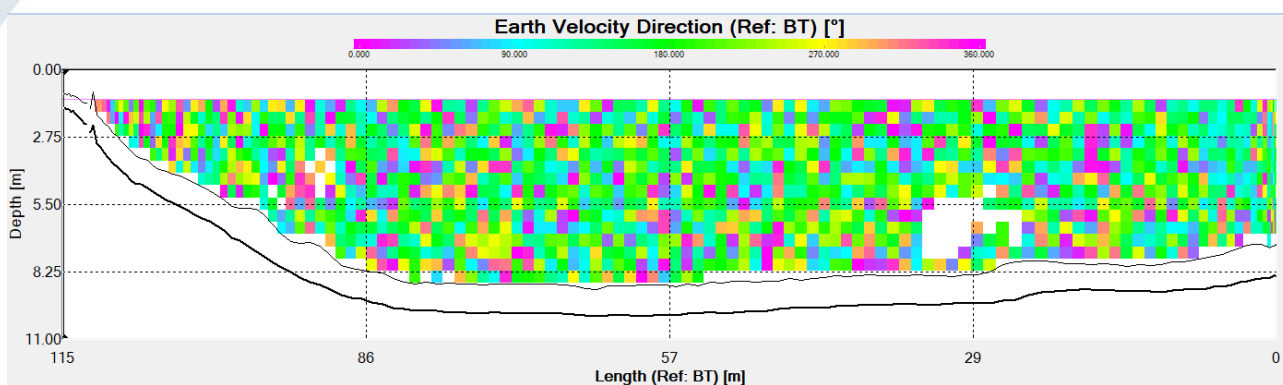
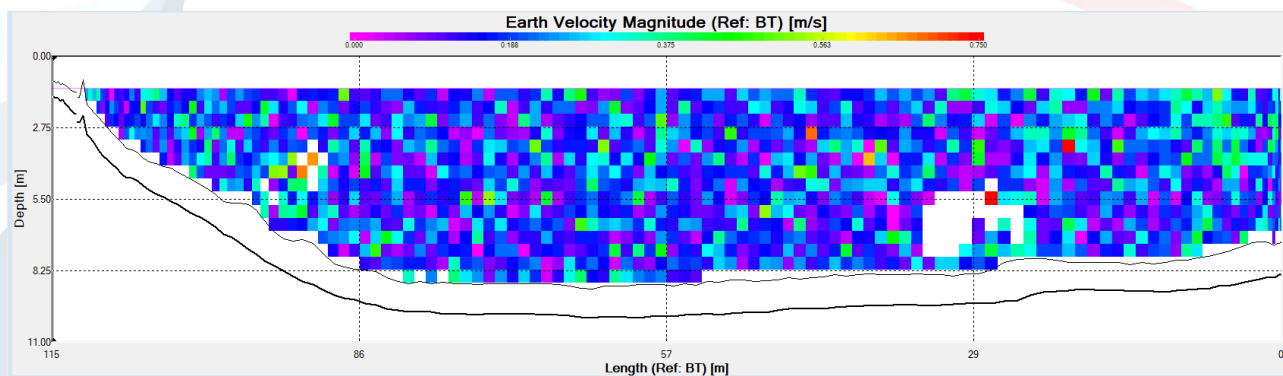
I grafici di velocità e direzione della corrente per le sezioni significative acquisite lungo i transetti di misura Baiona e Piombone sono riportati nelle figure seguenti.

10.3.1 Transetto Piombone

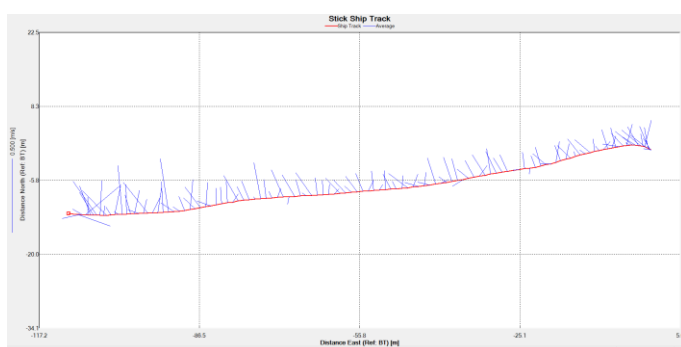
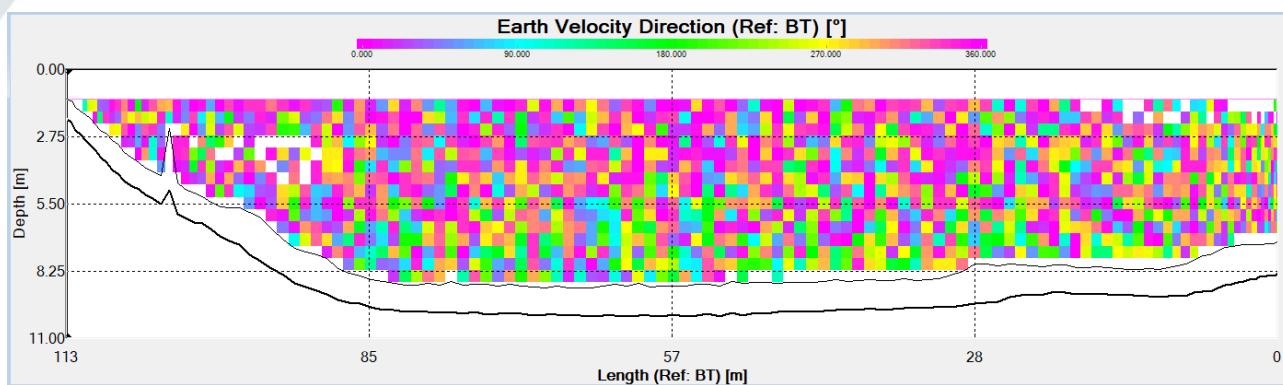
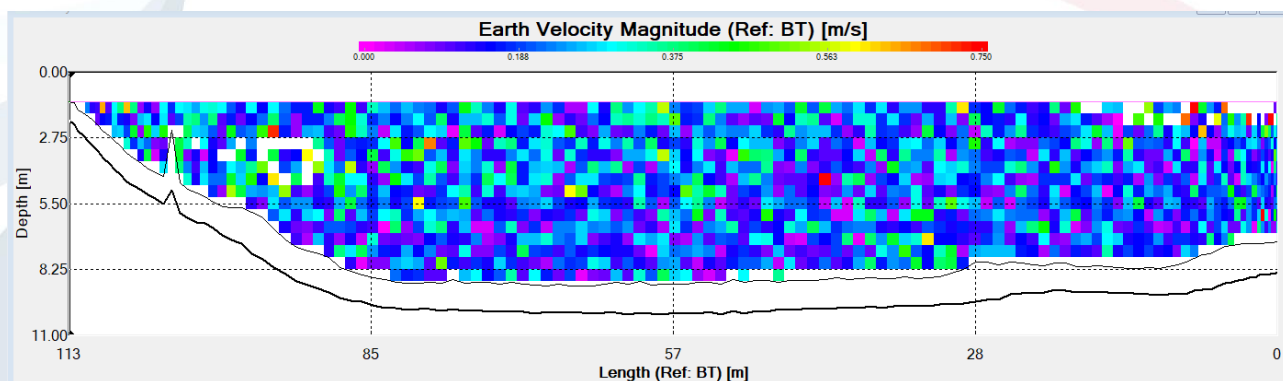
SEZIONE#1-P (h 7:53)



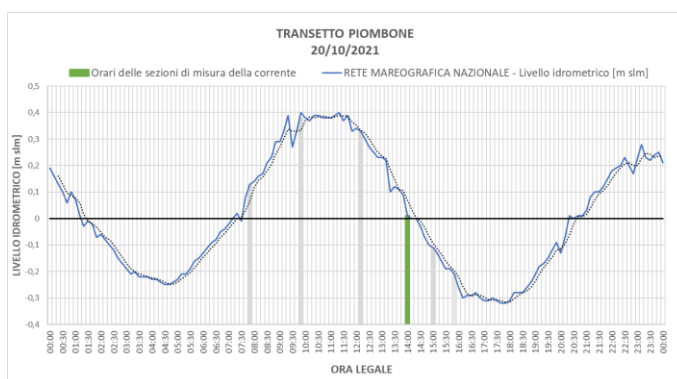
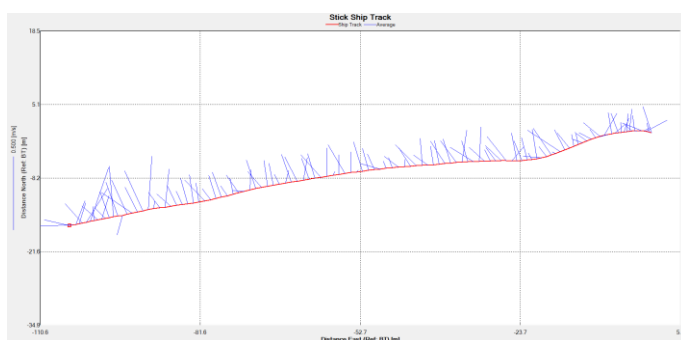
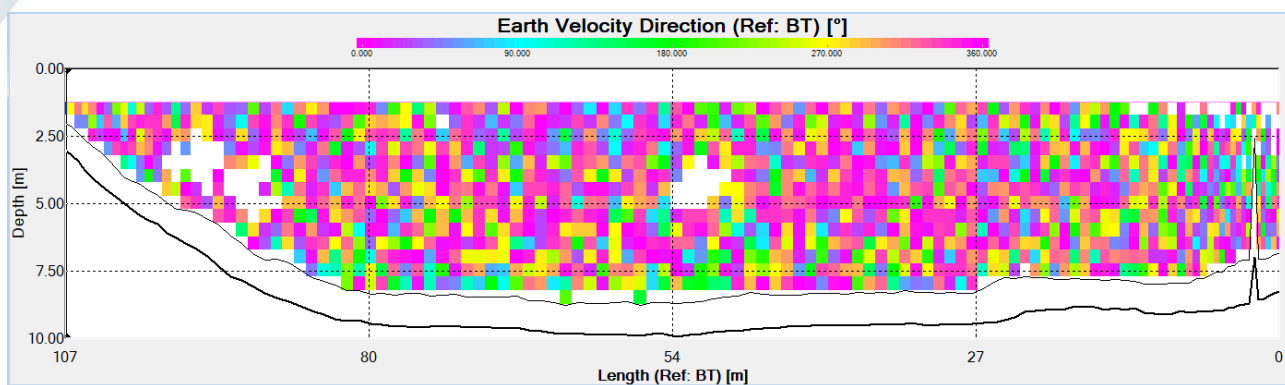
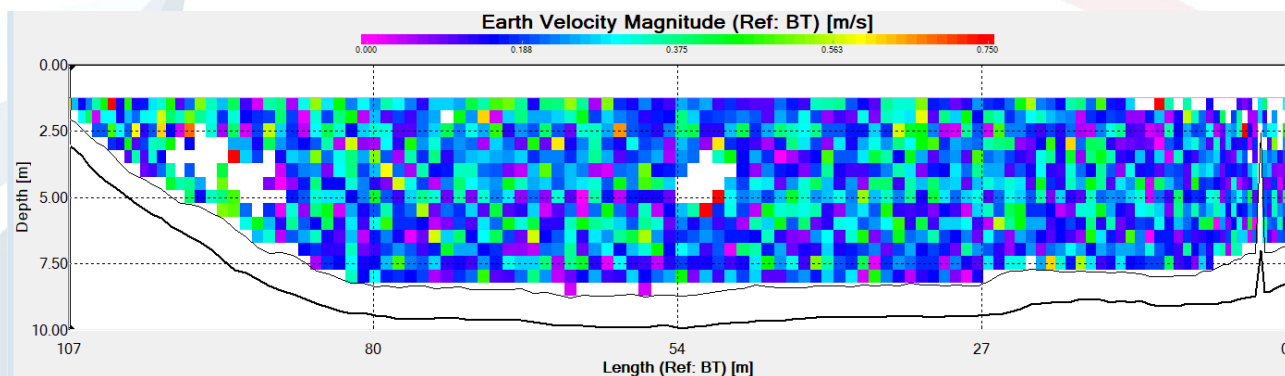
SEZIONE#2-P (h 9:53)



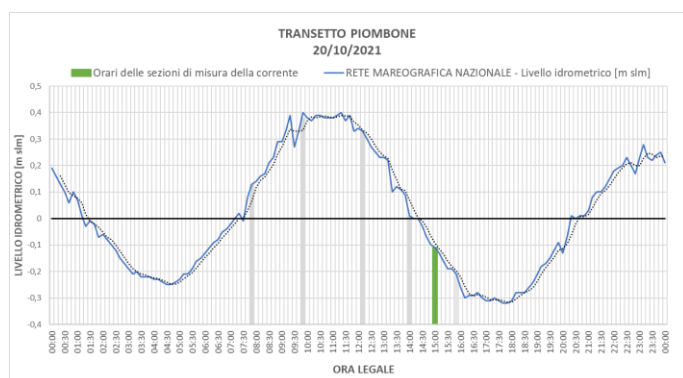
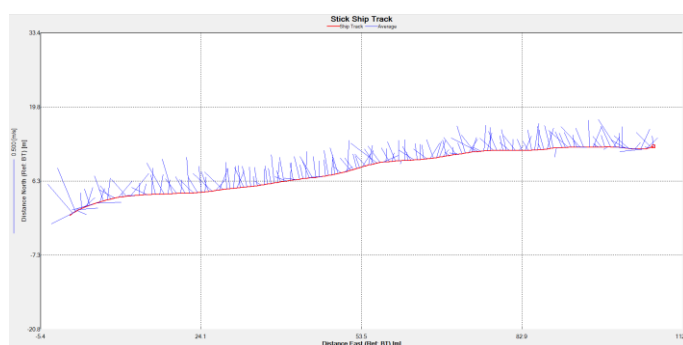
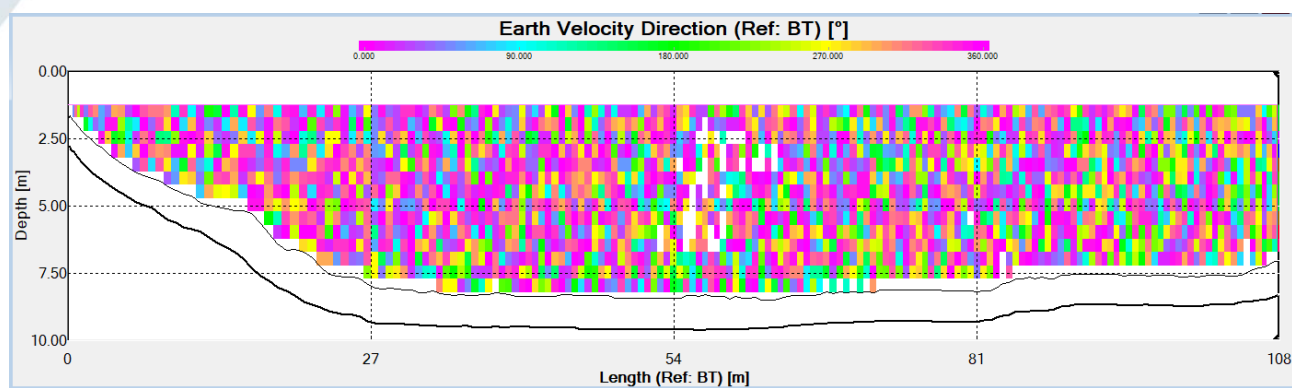
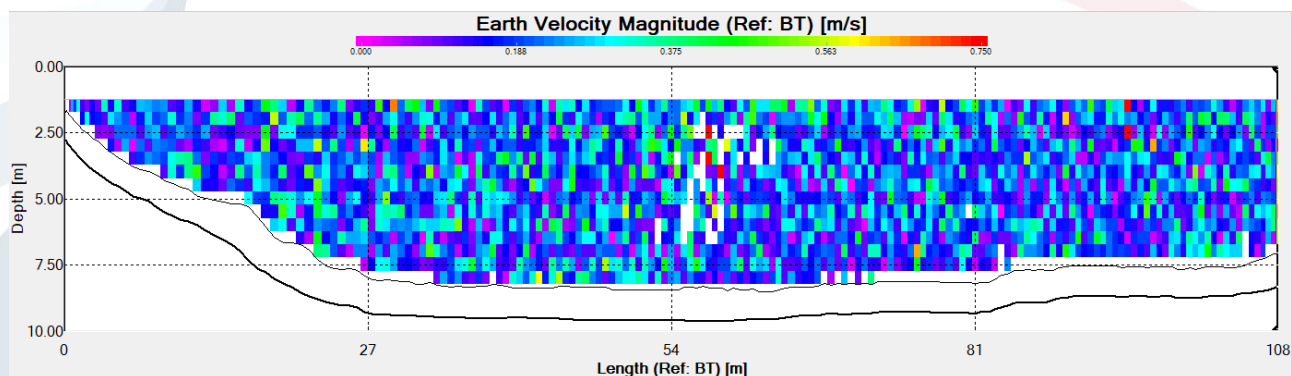
SEZIONE#3-P (h 12:12)



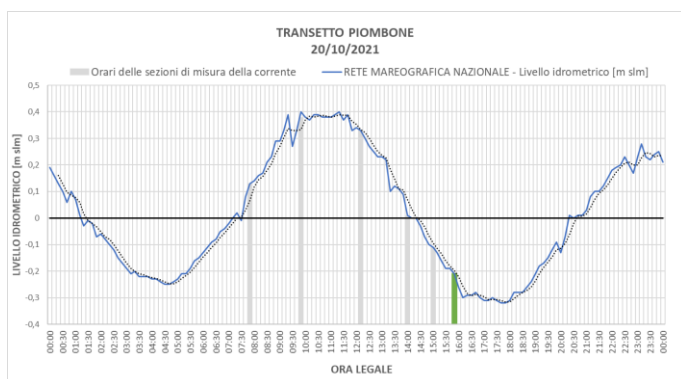
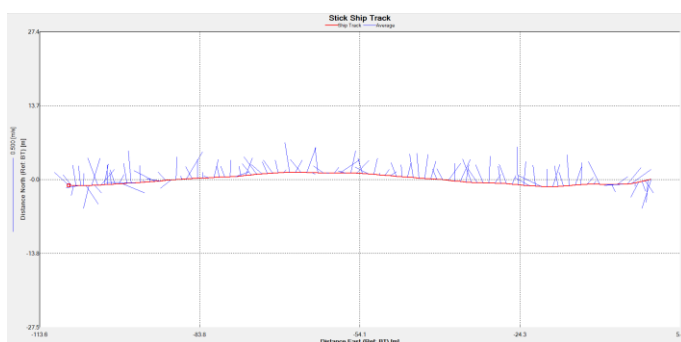
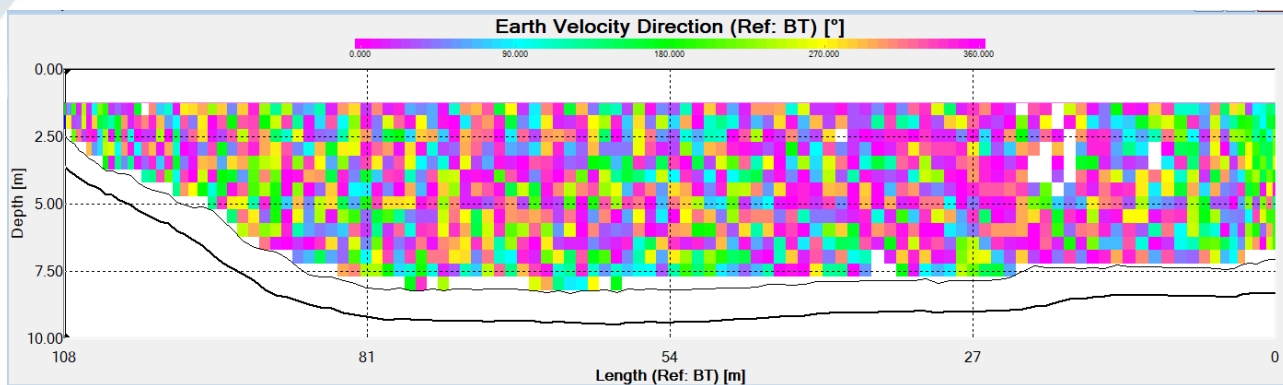
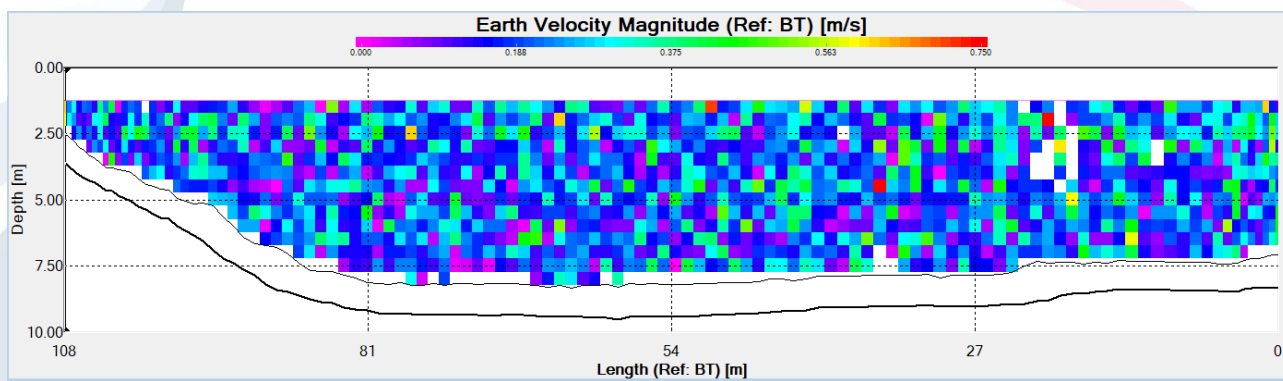
SEZIONE#4-P (h 14:00)



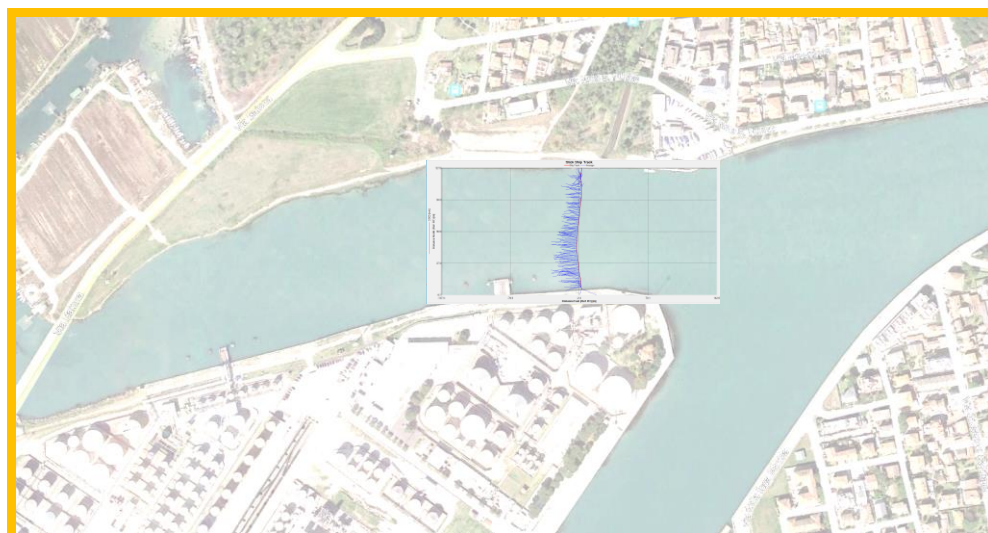
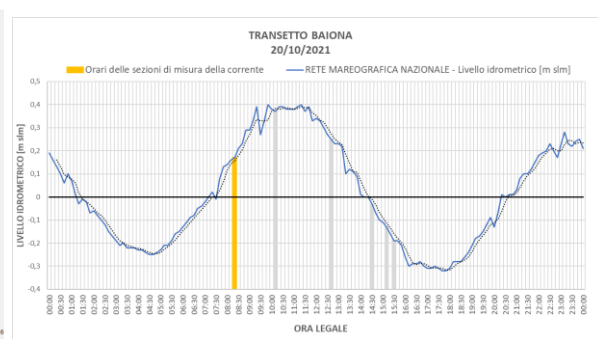
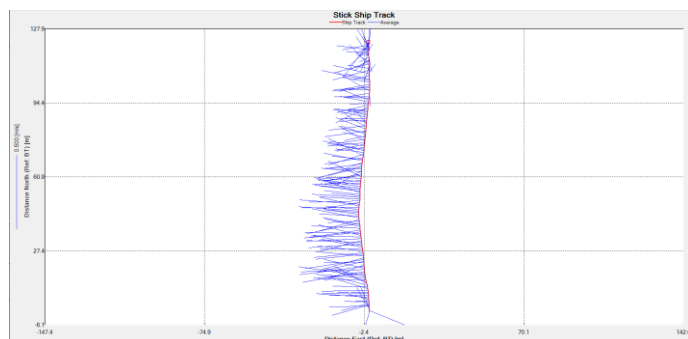
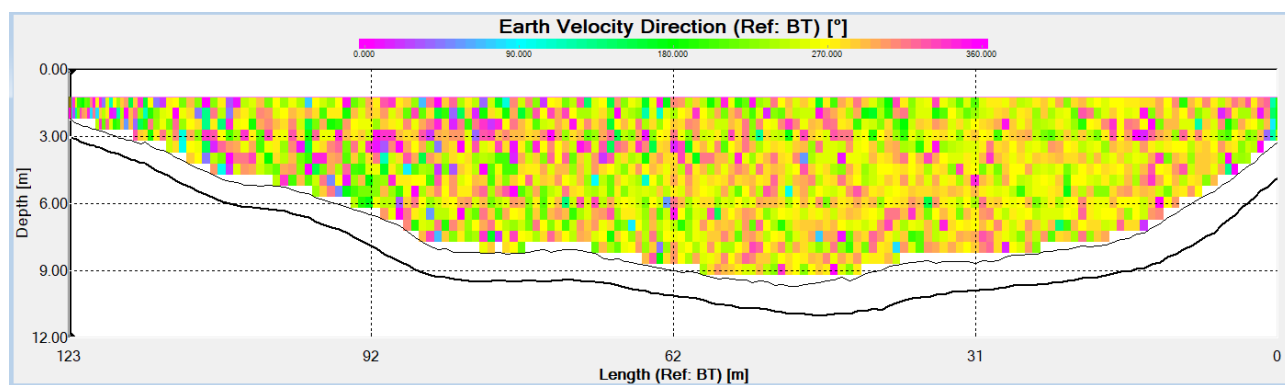
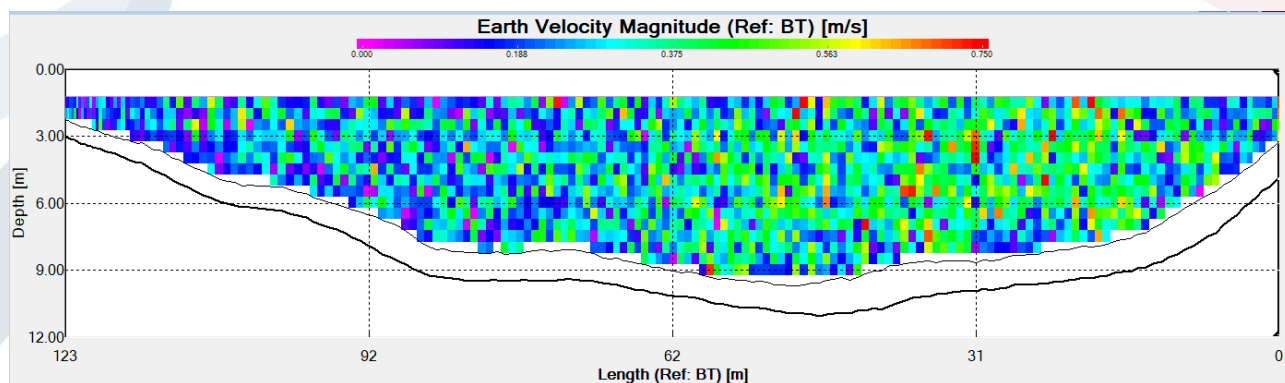
SEZIONE#5-P (h14:54)



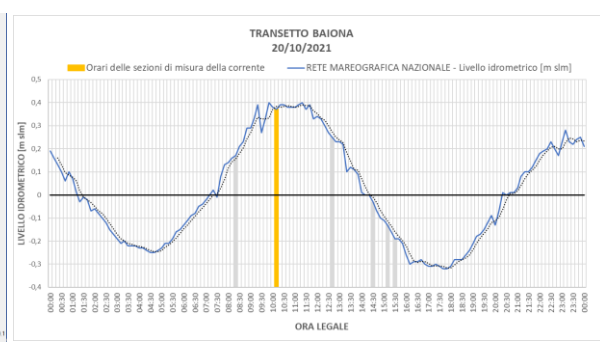
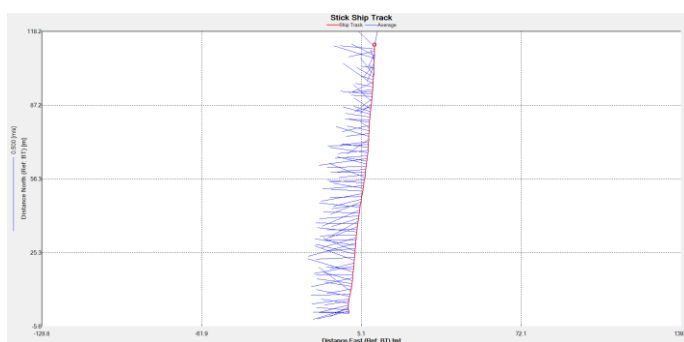
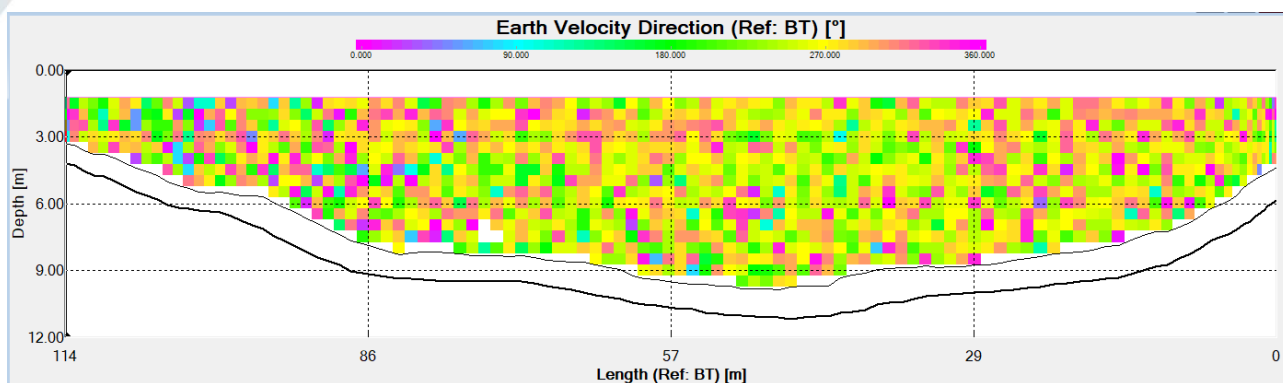
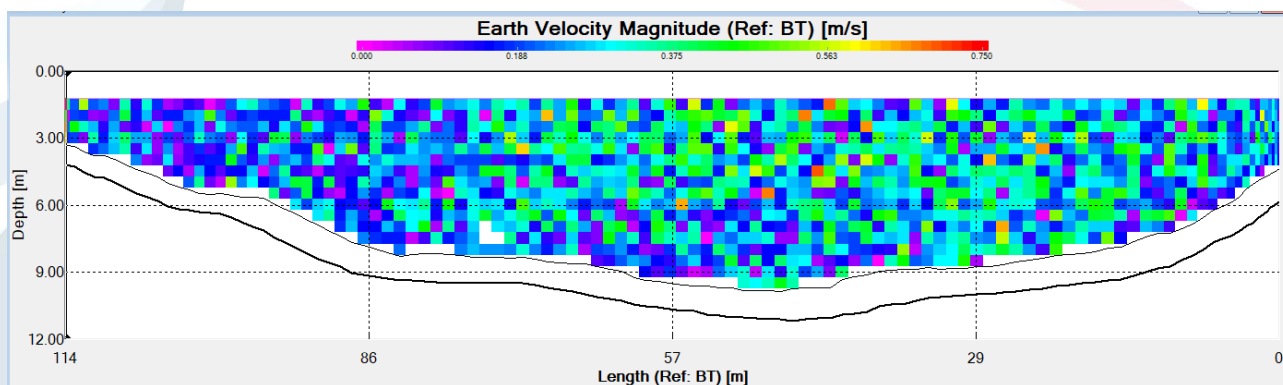
SEZIONE#5-P (h 15:53)



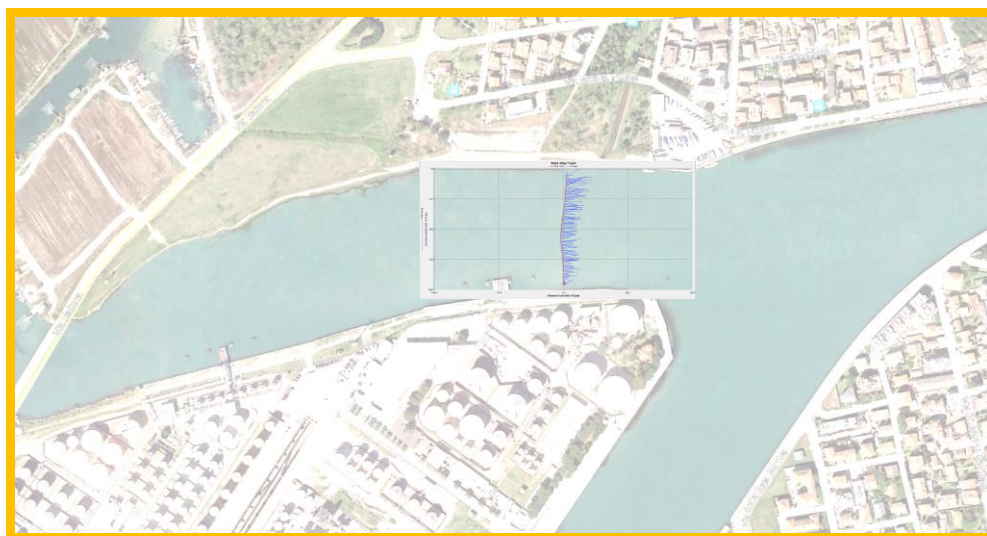
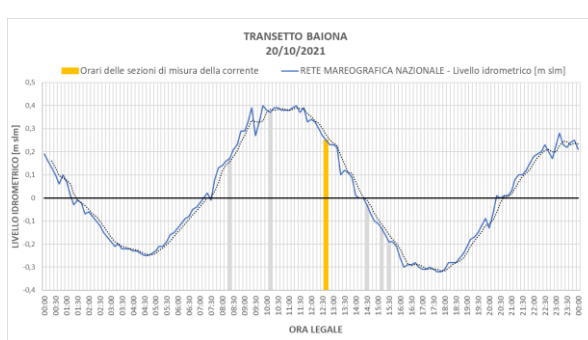
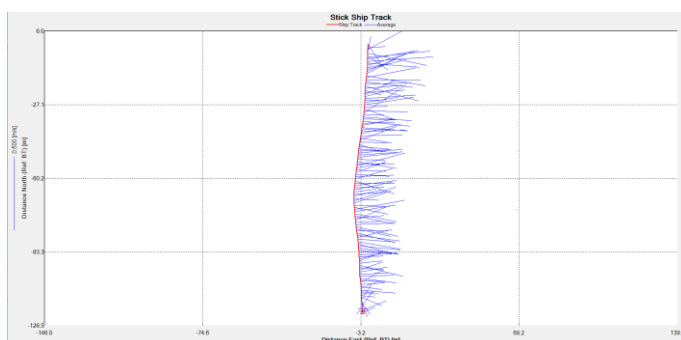
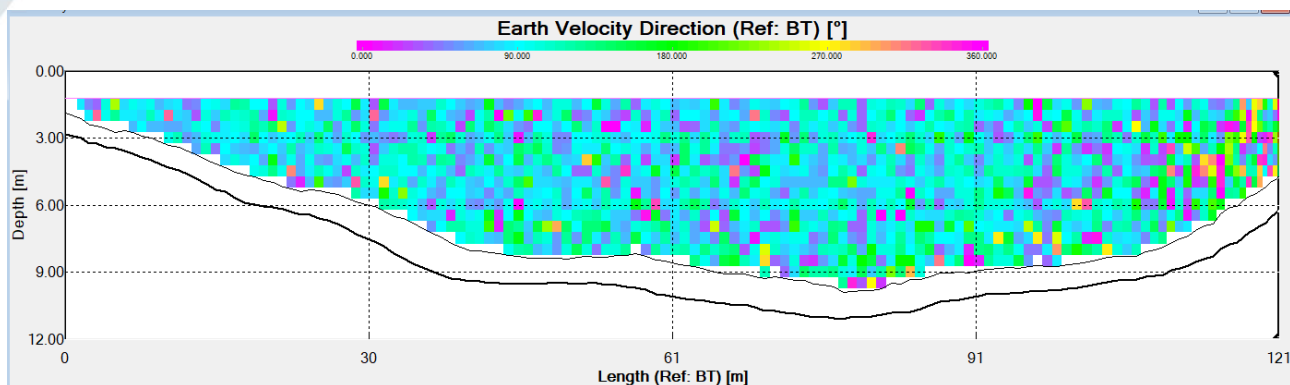
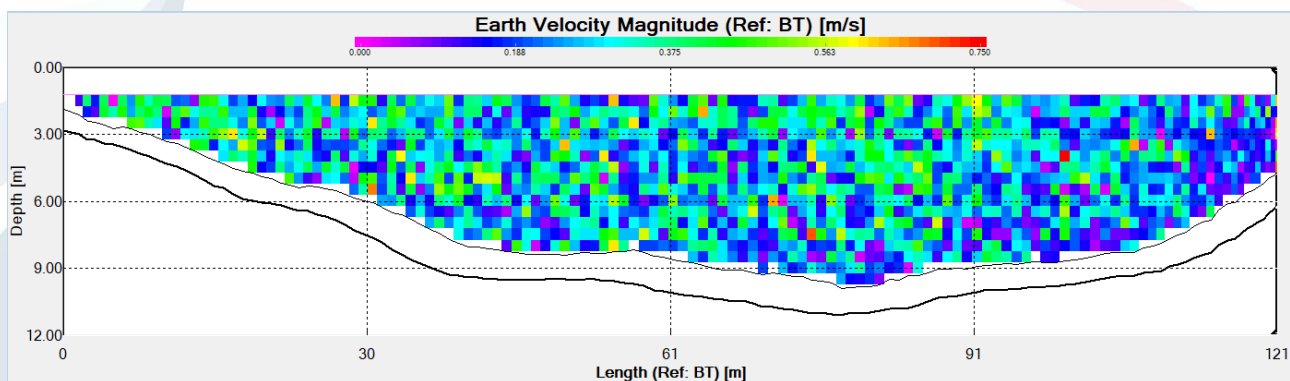
SEZIONE#1-B (h 8:17)



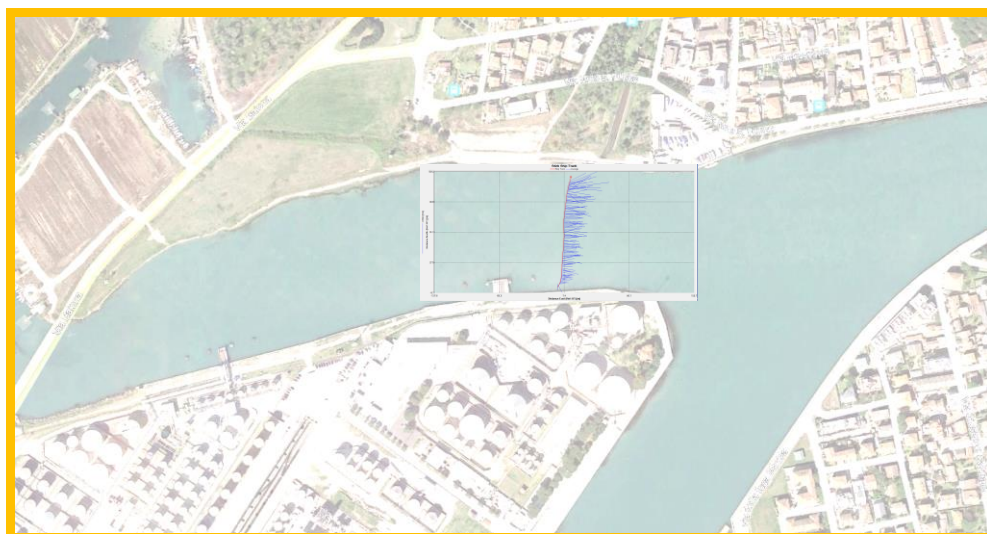
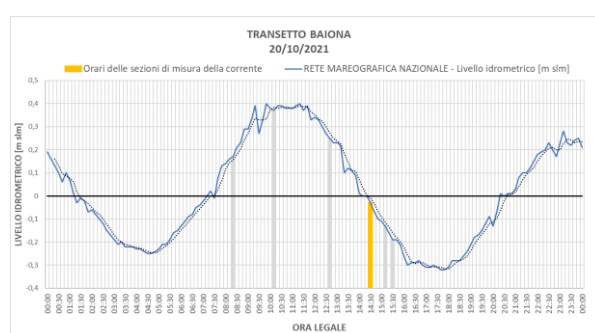
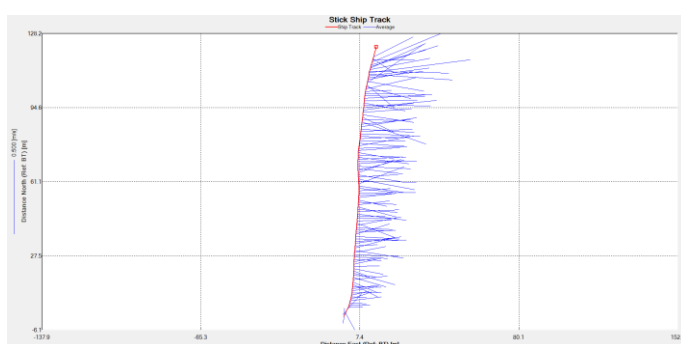
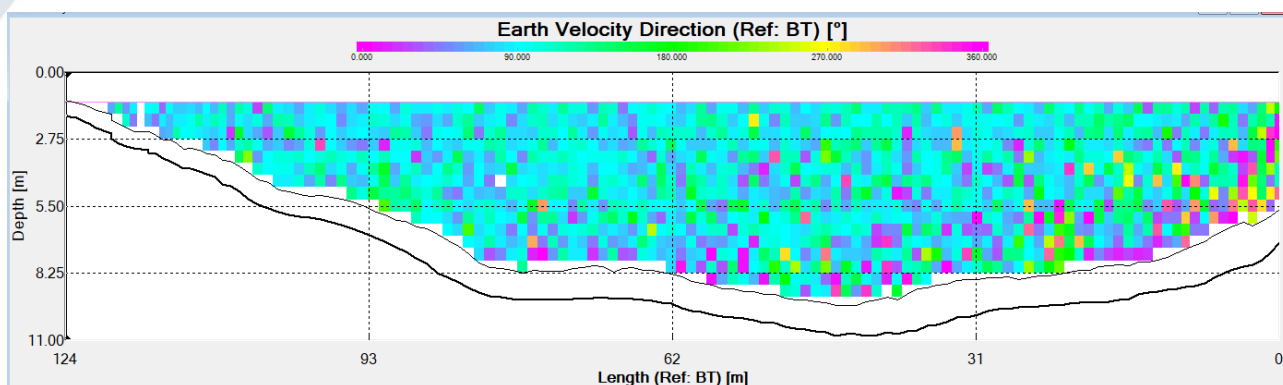
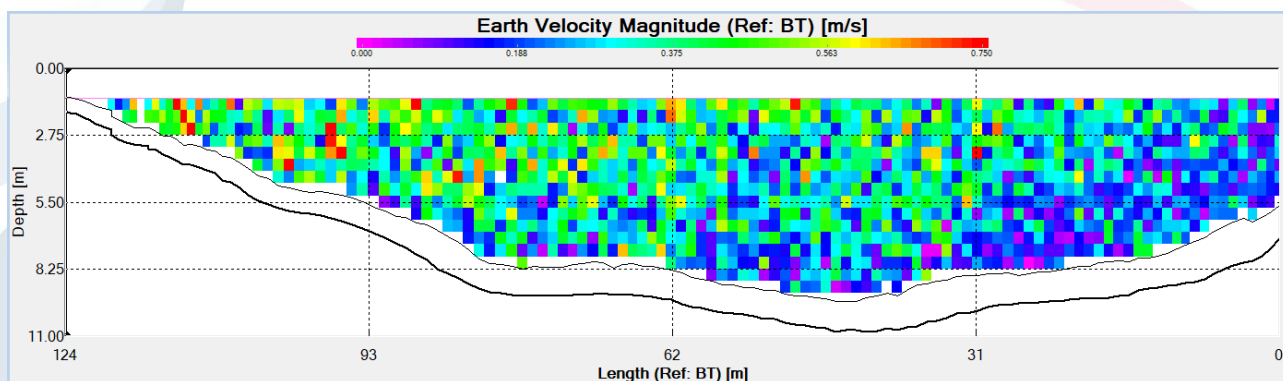
SEZIONE#2-B (h 10:12)



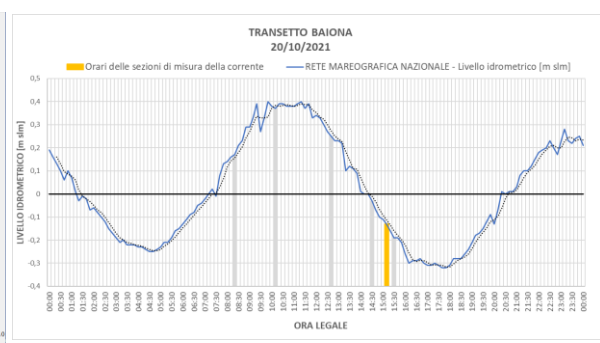
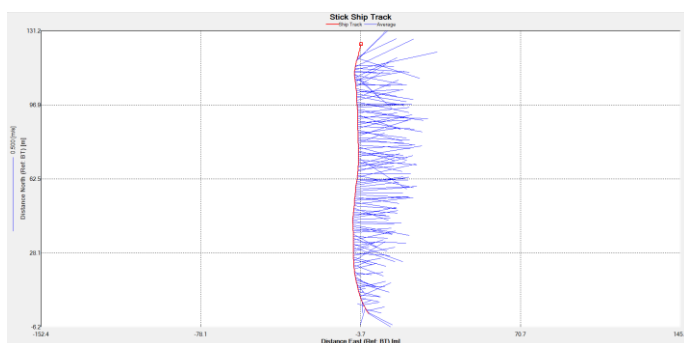
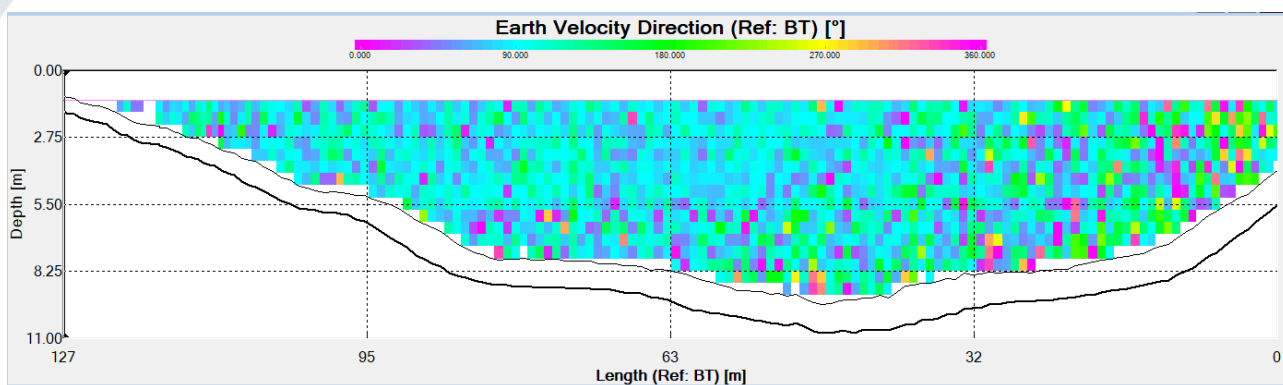
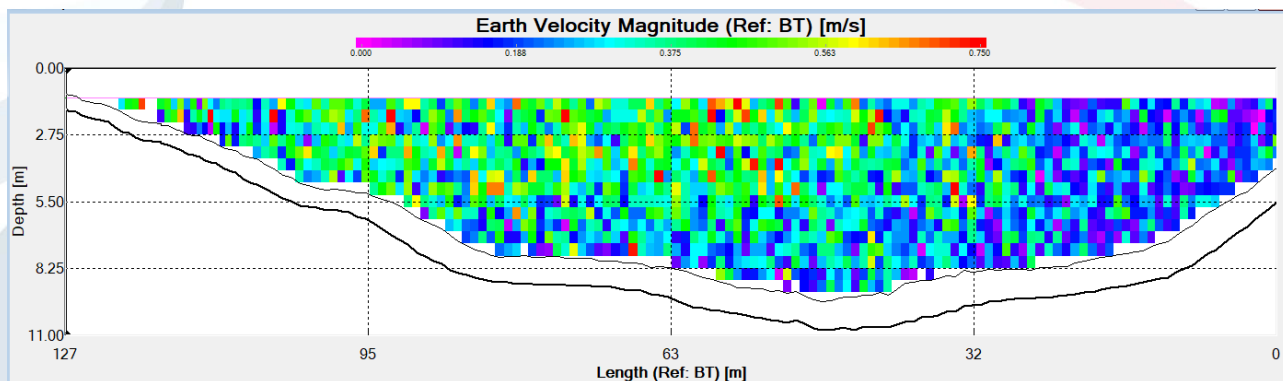
SEZIONE#3-B (h12:38)



SEZIONE#4-B (h 14:27)



SEZIONE#5-B (h 15:12)



SEZIONE#6-B (h 15:30)

