



INDAGINI E MODELLAZIONE NUMERICA A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE

Bruno Matticchio

A cura di:



Ipros Ingegneria Ambientale
Padova – www.ipros.it



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente



MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
PROVVEDITORATO INTERREGIONALE OO.PP.
VENETO TRENTINO ALTO-ADIGE
FRIULI VENEZIA GIULIA

La modellazione numerica (azione A.2.5) come strumento di supporto alla progettazione PER:

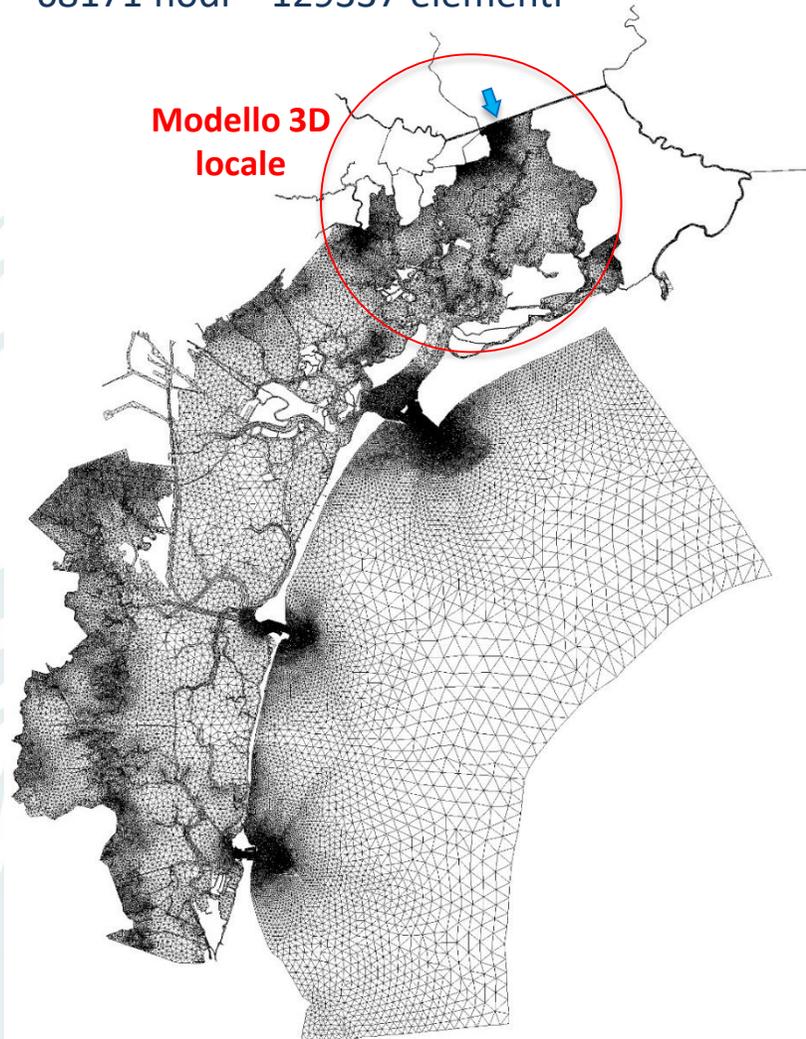
- Indirizzare le scelte progettuali (azioni A.3 e A.4) e stimare i benefici delle azioni concrete previste (azioni C.1, C.2, C.3 e C.4)
- Supportare la gestione delle portate (azione C.1.2), simulando diversi scenari di esercizio
- Supportare le attività di monitoraggio (azione D.1)
- Verificare i possibili impatti del progetto LR sul F. Sile (quote idrometriche, portate, intrusione del cuneo salino) nell'ambito del SIA

MODELLO
2D - 3D
DELLA LAGUNA

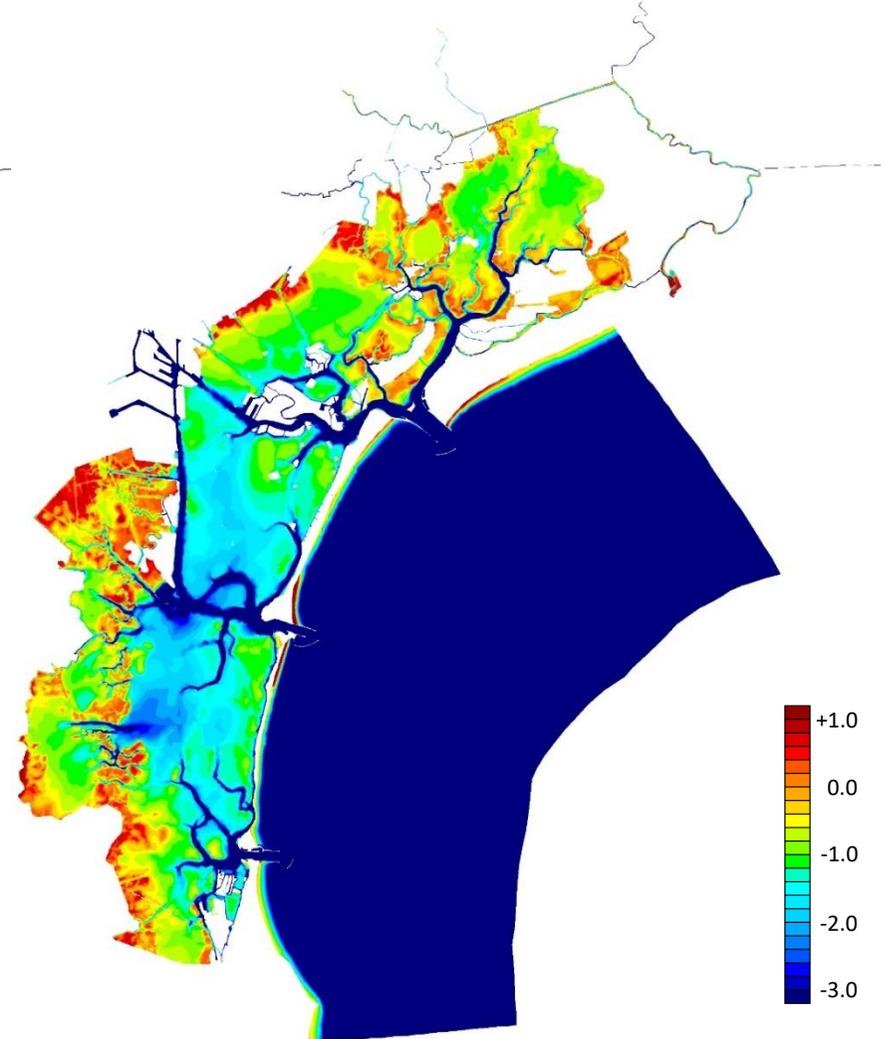
MODELLO
2D - 3D
DEL F. SILE

Mesh di tutta la laguna

68171 nodi – 129337 elementi

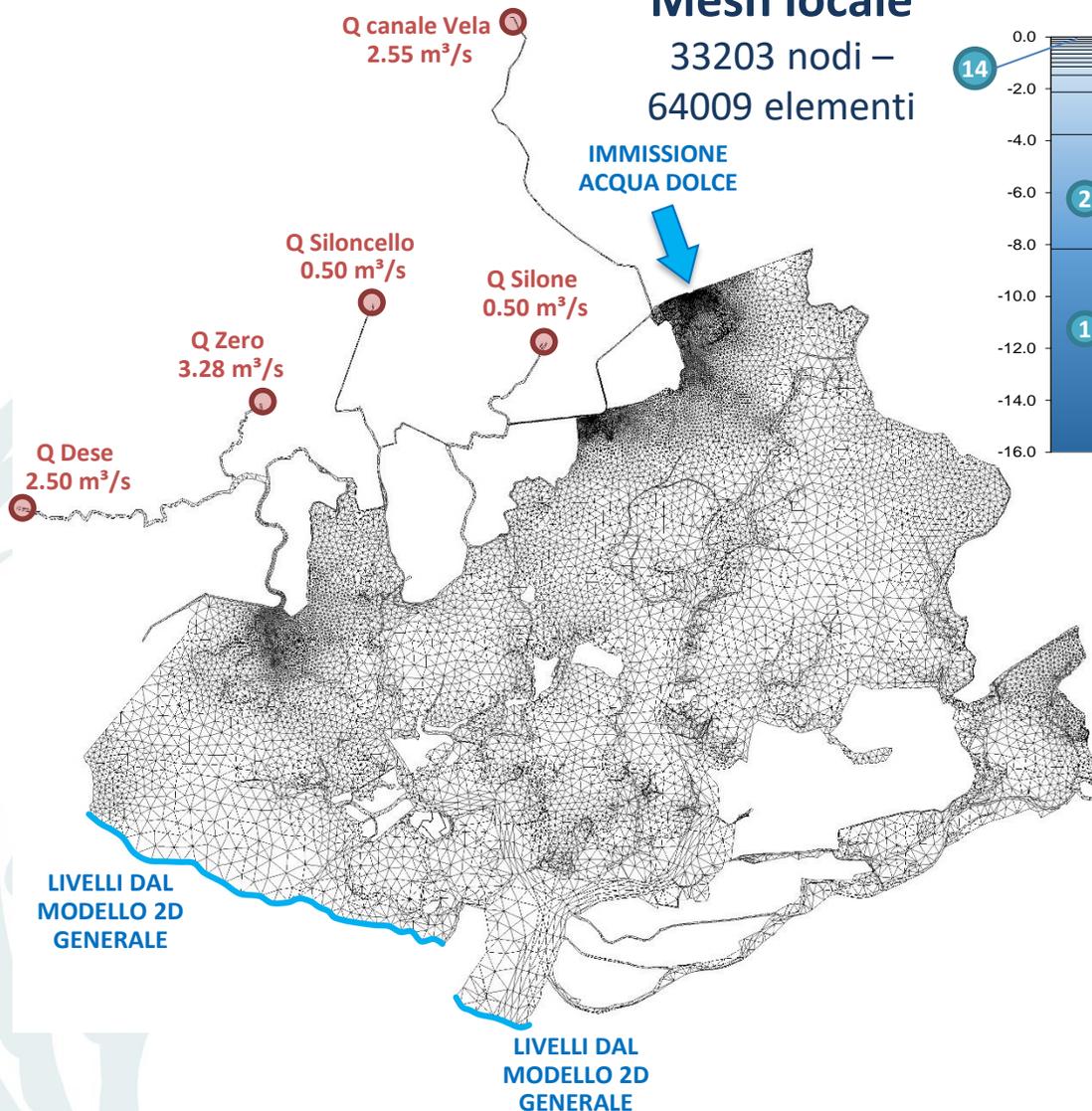


Batimetria (m s.l.m.)



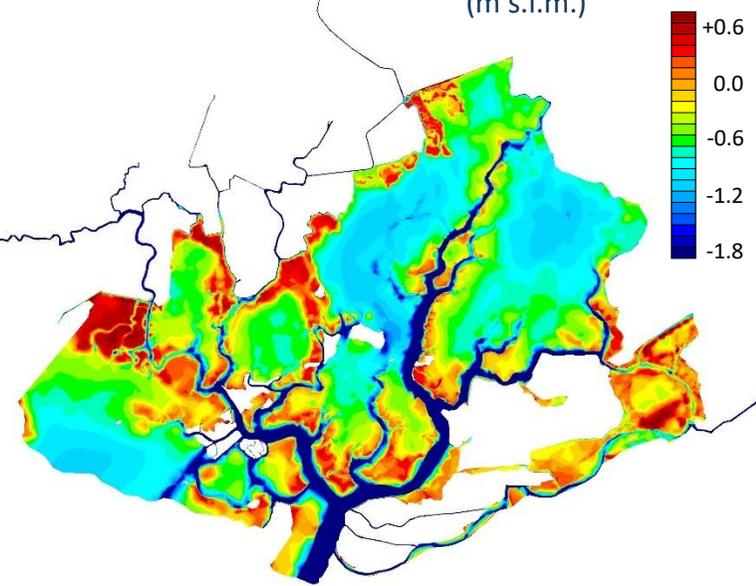
Mesh locale

33203 nodi –
64009 elementi

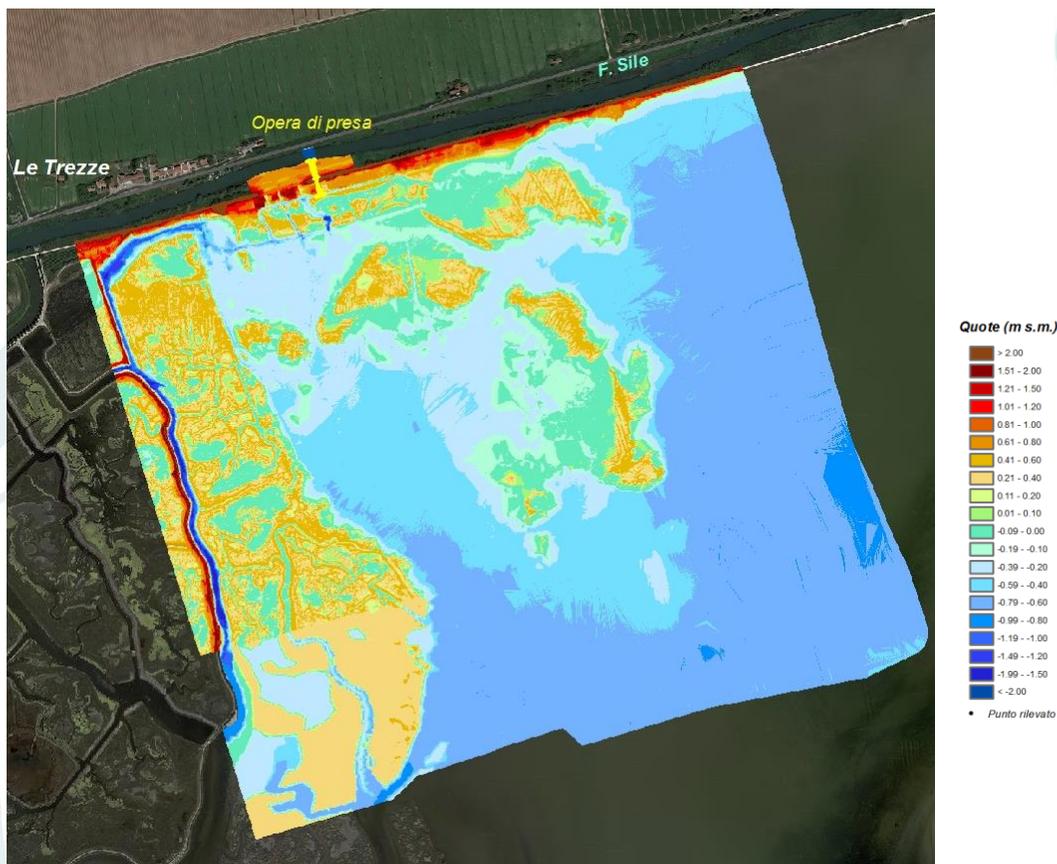


Strato n.	Ampiezza (m)	da (m)	a (m)	Prof. media (m)
14	0.08	0.00	0.08	0.04
13	0.08	0.08	0.16	0.12
12	0.08	0.16	0.25	0.20
11	0.12	0.25	0.37	0.31
10	0.12	0.37	0.49	0.43
9	0.16	0.49	0.65	0.57
8	0.16	0.65	0.82	0.74
7	0.16	0.82	0.98	0.90
6	0.16	0.98	1.14	1.06
5	0.33	1.14	1.47	1.31
4	0.65	1.47	2.12	1.80
3	1.63	2.12	3.76	2.94
2	4.41	3.76	8.17	5.96
1	8.17	8.17	16.34	12.26

Batimetria (m s.l.m.)



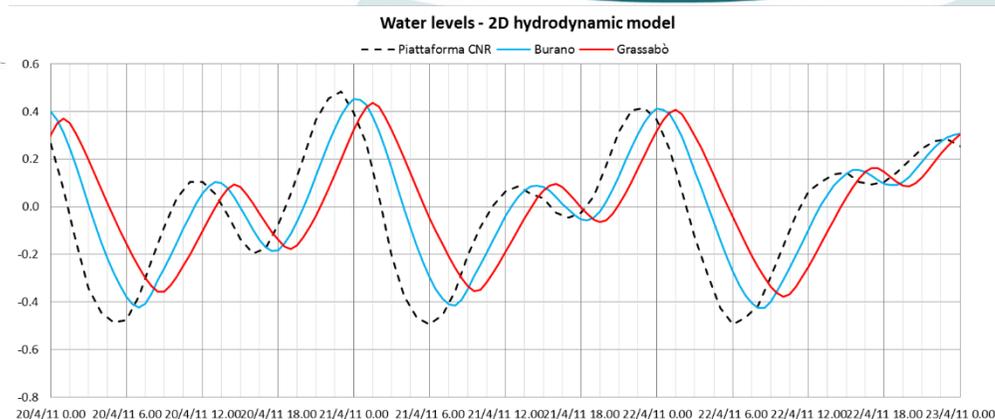
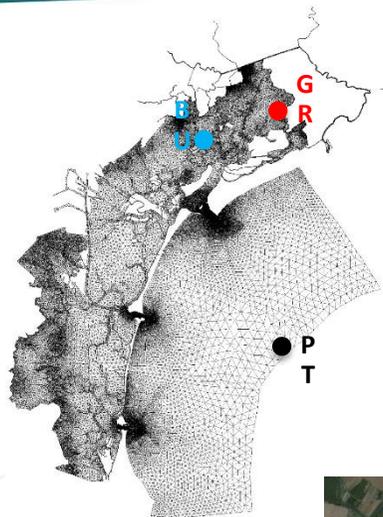
Rilievi batimetrici ottobre-dicembre 2017



- Rilievo batimetrico con trimarano ed eco-scandaglio single beam: circa 72.000 punti
- Rilievo topografico con palina GPS: circa 1.200 punti
- Rilievo aerofotogrammetrico da drone UAV: area 1 km², risoluzione 1 punto/m²
- Ortofoto da drone UAV: area 1 km², risoluzione al suolo 1 punto/20 cm²
- Elaborazione su modello digitale DEM: area 2 km², risoluzione 1 punto/m²

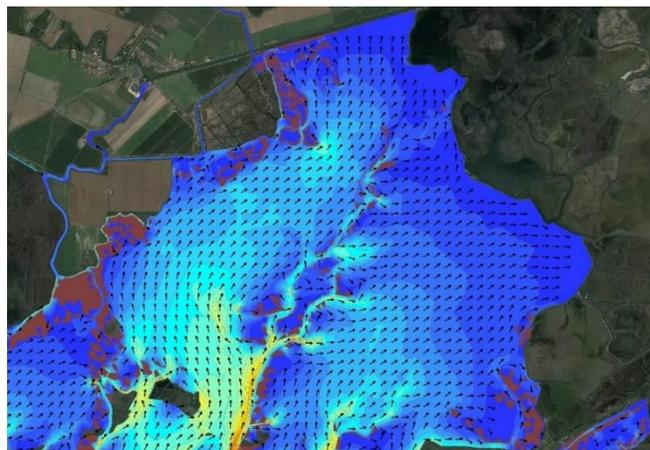


LIVELLO IDROMETRICO Modelli 2D e 3D



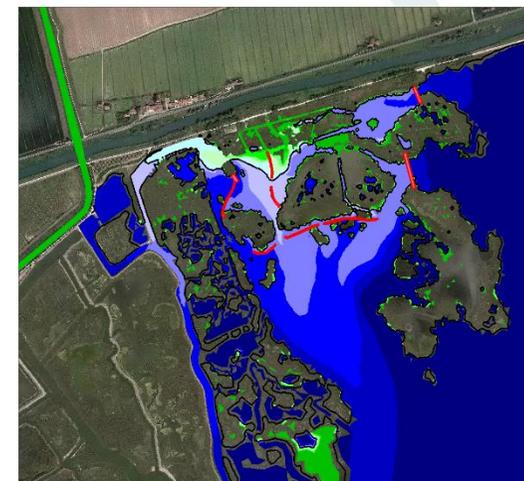
VELOCITA' DELLA CORRENTE

- Modello 2D: V media sulla verticale
- Modello 3D: V media/di strato



SALINITA'

Modello 3D: Sal. media/di strato



Applicazioni dei modelli nell'ambito del Progetto Lagoon Refresh:

- **VALUTAZIONI PRELIMINARI** per verificare gli obiettivi di progetto e per caratterizzare la dinamica della diffusione delle acque dolci in laguna
- **CALIBRAZIONE/VALIDAZIONE** sia preliminare che nel corso della messa in opera degli interventi
- **SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE** delle azioni concrete (opera idraulica e opere morfologiche)

Obiettivo:

Riduzione della salinità nell'area di progetto/creazione del gradiente salino

Verifica:

Previsione/analisi della variabilità spazio-temporale della salinità come funzione di:

- Portata immessa
- Configurazione delle opere

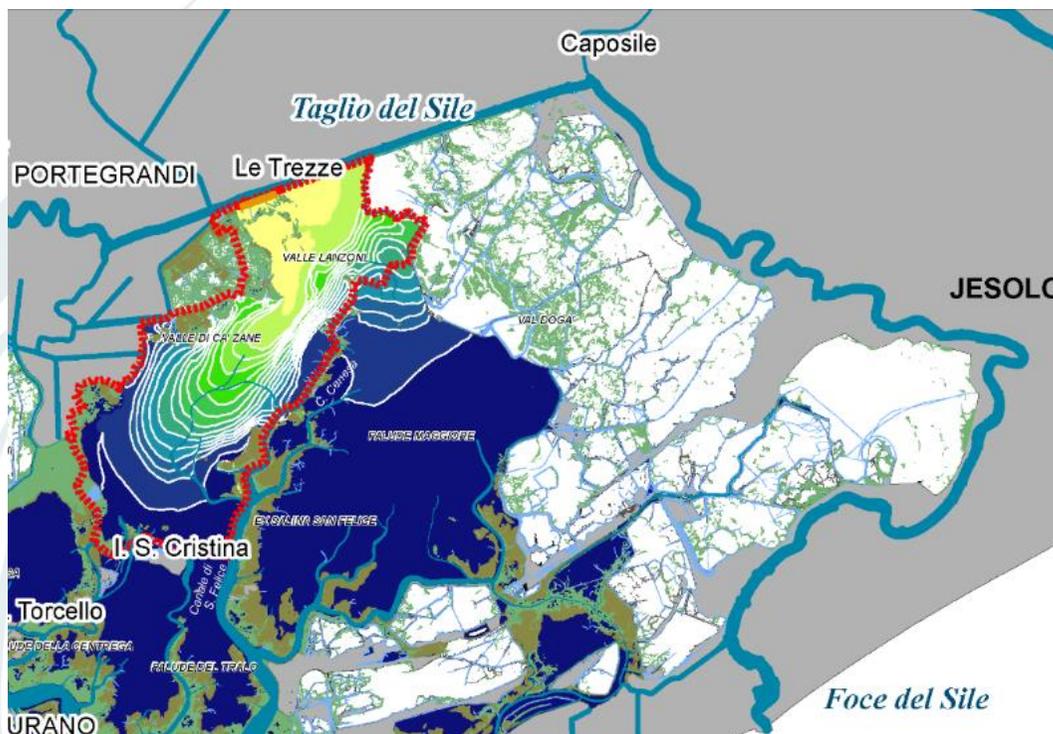
I risultati preliminari hanno consentito di identificare l'ipotesi progettuale più efficace

Da una condizione iniziale di salinità >30 (media annua) a condizioni di progetto pari a:

- ✓ $S < 5$ in 5 ha;
- ✓ $S < 15$ in 25 ha;
- ✓ $S < 25$ in 70 ha;



DURANTE GLI EVENTI DI PIENA DEL SILE, DALLO SFIORATORE ALLE TREZZE ENTRANO IN LAGUNA CONSISTENTI VOLUMI DI ACQUA DOLCE CARICHI DI NUTRIENTI IN MODO INCONTROLLATO



	media	max
$Q_{\text{max, event}} \text{ (m}^3\text{/s)}$	9,6	71,6
$Q_{\text{mean, event}} \text{ (m}^3\text{/s)}$	4,9	23,0
$V_{\text{event}} \text{ (m}^3\text{)}$	0,45 Mm ³	6,33 Mm ³

Il Progetto è stato implementato al fine di migliorare la sostenibilità ambientale delle opere di difesa dalle piene (Dir. 2007/60/CE).

In particolare, il ripristino dell'habitat a Phragmites incrementerà le capacità auto-depurative riducendo i rischi di eutrofizzazione

I risultati preliminari hanno consentito di identificare l'area su cui il Progetto LR avrà effetto positivo

Simulazione della diffusione dell'acqua dolce immessa dal fiume Sile nelle diverse configurazioni di progetto

Forzanti

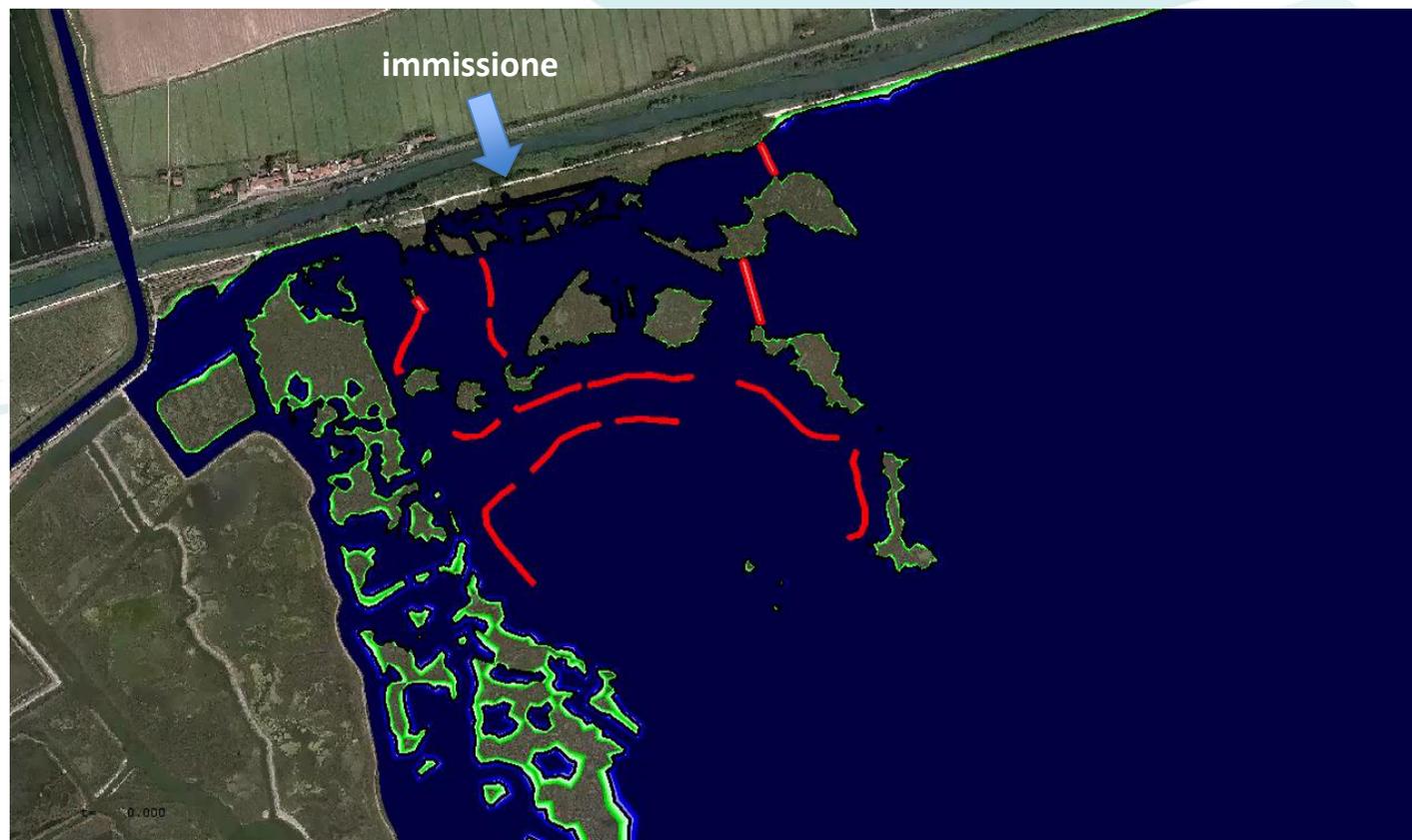
- ✓ Marea in laguna;
- ✓ Vento;
- ✓ Immissione di portata;

Condizioni iniziali

- ✓ Salinità media misurata in laguna;
- ✓ Start up idrodinamico

Evento simulato

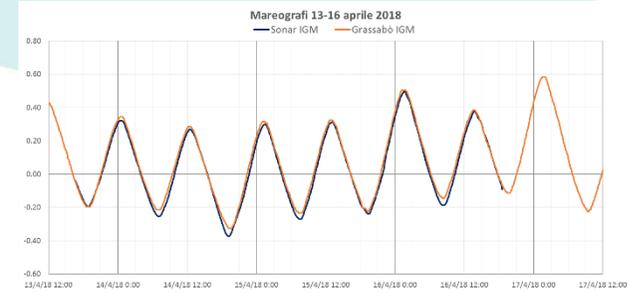
- ✓ Periodo reale di 15 giorni (varie situazioni di marea, vento, Sile)



CALIBRAZIONE/VERIFICA DEL MODELLO 3D PER CONFRONTO CON I DATI RACCOLTI NEL CORSO DELLE CAMPAGNE DI MISURE (AZIONI A2 E D1)

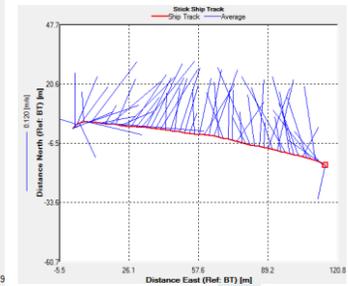
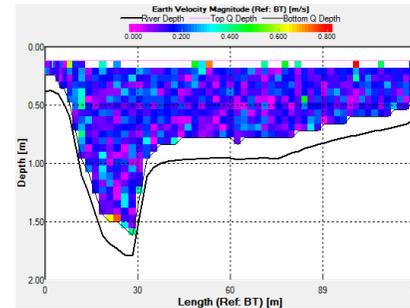
LIVELLO

STAZIONI
MAREOGRAFICHE



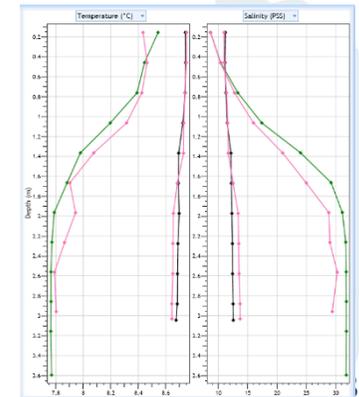
VELOCITA'
PORTATA

MISURE ADCP



SALINITA'

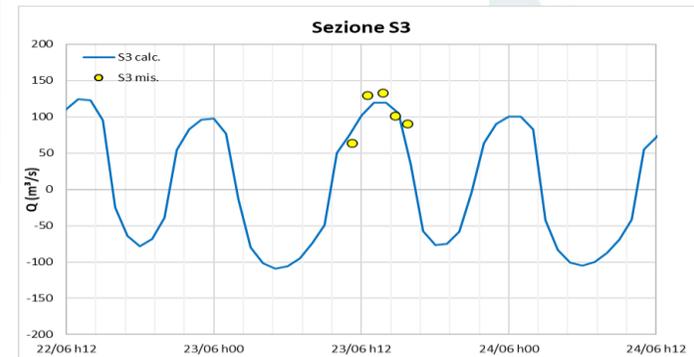
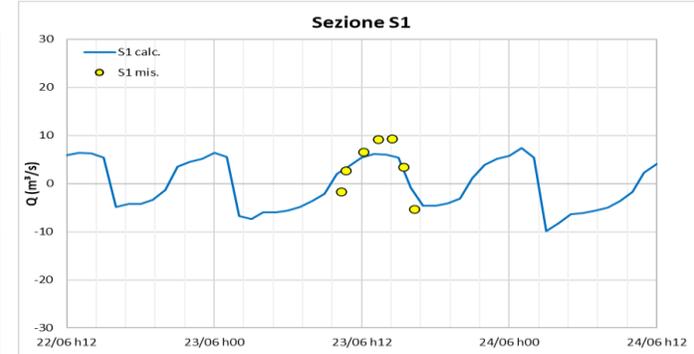
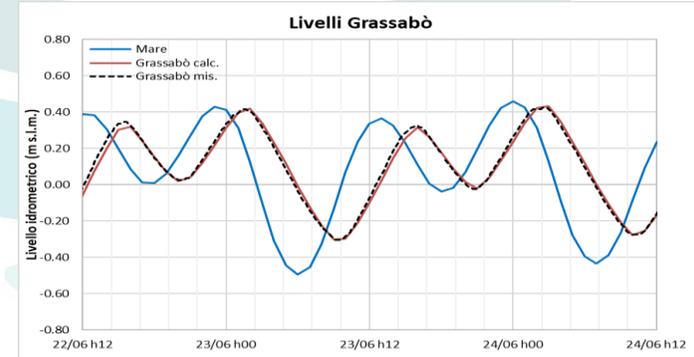
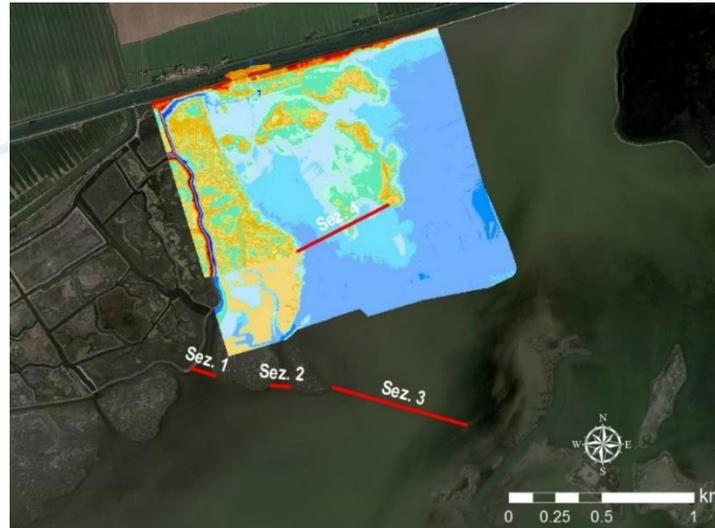
SONDE FISSE
CAMPAGNE CTD



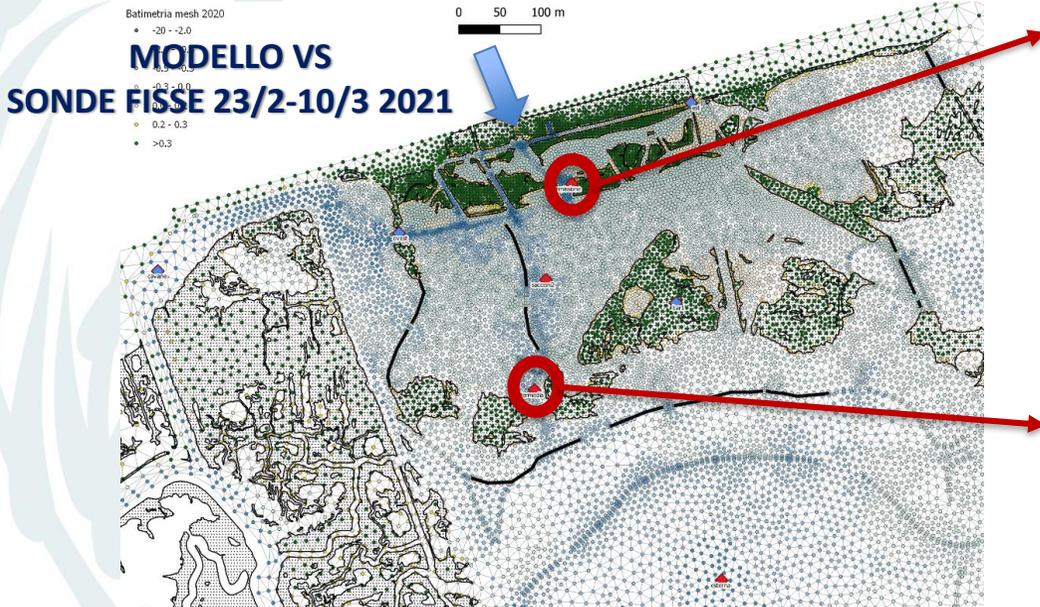
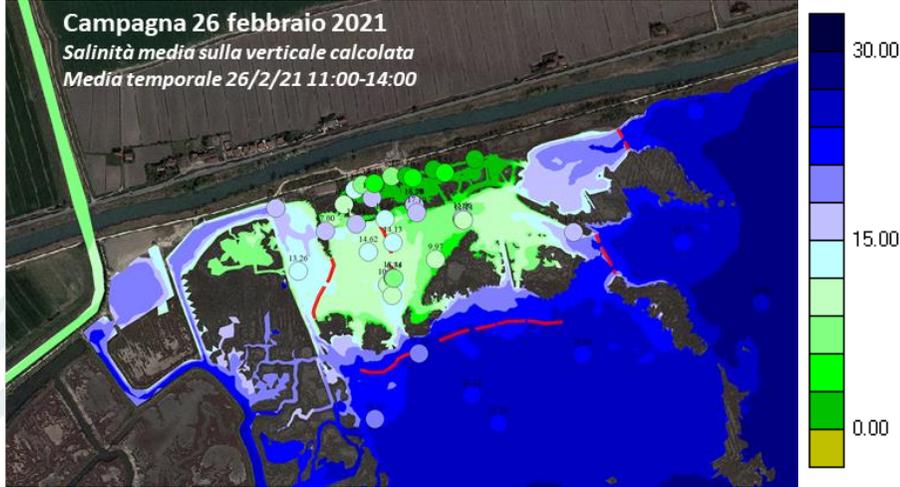
CALIBRAZIONE/VERIFICA DEI MODELLI PER CONFRONTO CON I DATI RACCOLTI NEL CORSO DELLE CAMPAGNE DI MISURE (AZIONI A2 E D1)

Data	Tipo	Luogo
15/02/2018	CTD	Foce sile
16/04/2018	ADCP	Laguna nord
16/04/2018	CTD	Laguna nord
30/05/2018	ADCP	Sile nodi idraulici
18/09/2018	CTD	Laguna nord dettaglio
31/10/2018	CTD	Laguna nord area vasta
18/04/2019	ADCP	Laguna nord
30/08/2019	CTD	Foce sile
23/06/2020	CTD	Laguna nord dettaglio
23/06/2020	ADCP	Laguna nord
21/09/2020	CTD	Foce sile
28/01/2021	ADCP	Laguna nord
28/01/2021	CTD	Laguna nord dettaglio
26/02/2021	CTD	Laguna nord dettaglio
10/06/2021	CTD	Laguna nord
08/09/2021	CTD	Foce sile

Campagna ADCP del 23/6/2020 Misure mareografiche e correntometriche



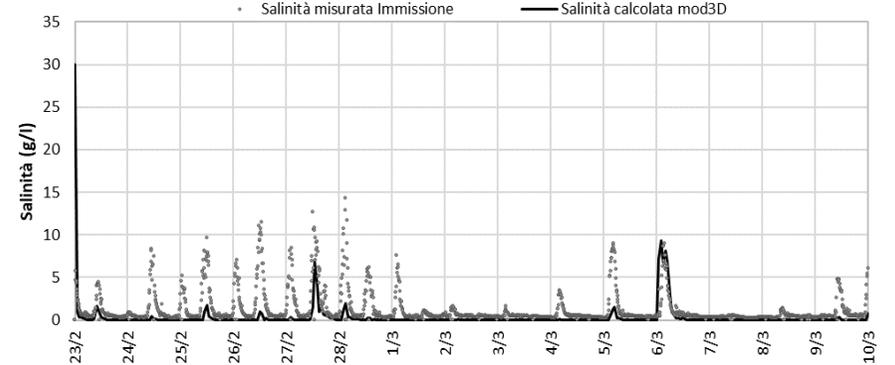
MODELLO VS MISURE CTD 26/02/2021



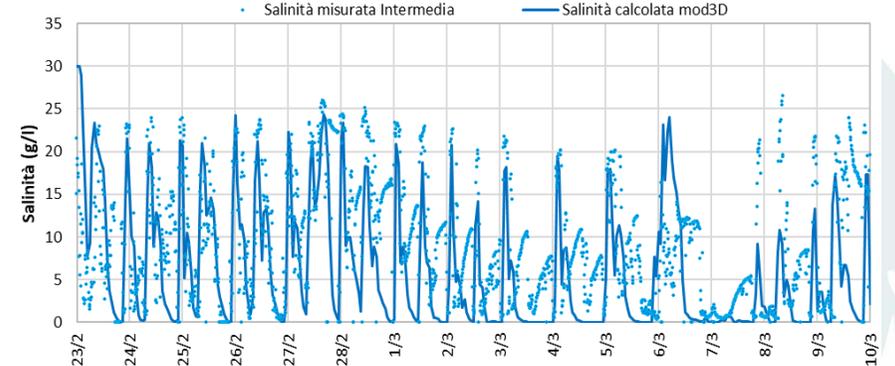
Immissione acqua dolce - Periodo 23/2 - 10/3/2021



Salinità sonda Immissione - 23/02 - 10/03/2021 - Strato 12 (Prof = -0.21 m)



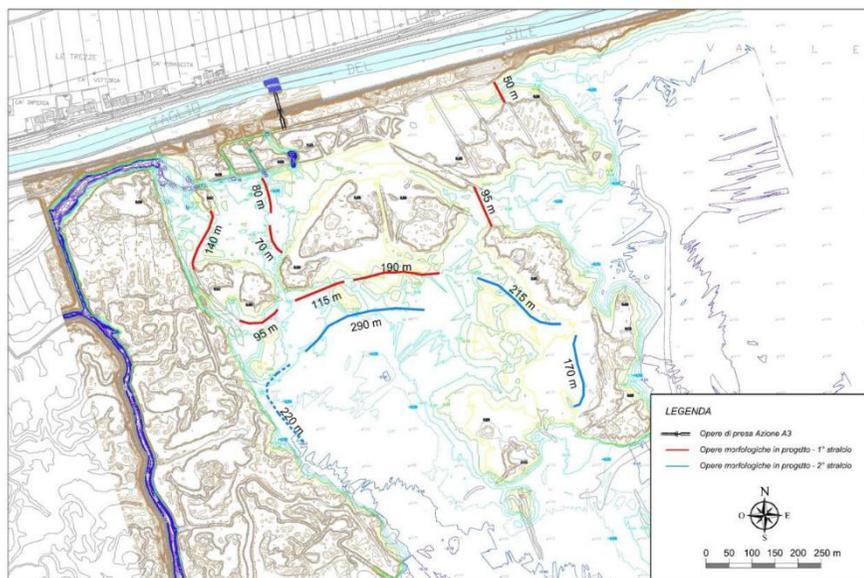
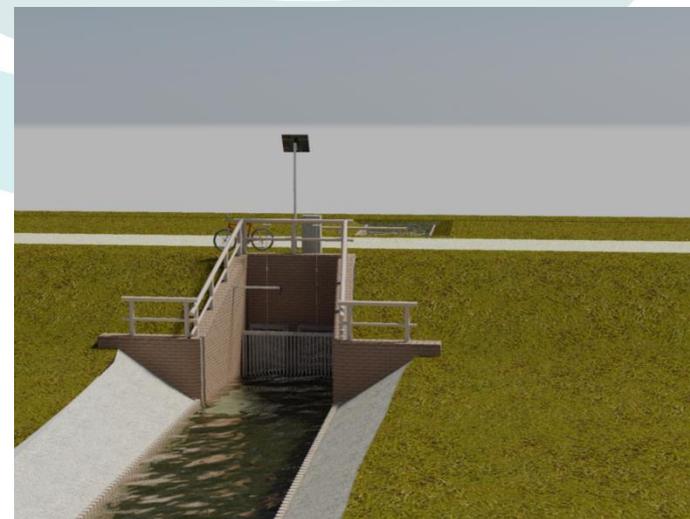
Salinità sonda Intermedia - 23/02 - 10/03/2021 - Strato 12 (Prof = -0.21 m)



C1 OPERE IDRAULICHE

DERIVAZIONE DI UNA PORTATA DI ACQUA DOLCE DAL FIUME ALLA LAGUNA

PORTATA OTTIMALE ?

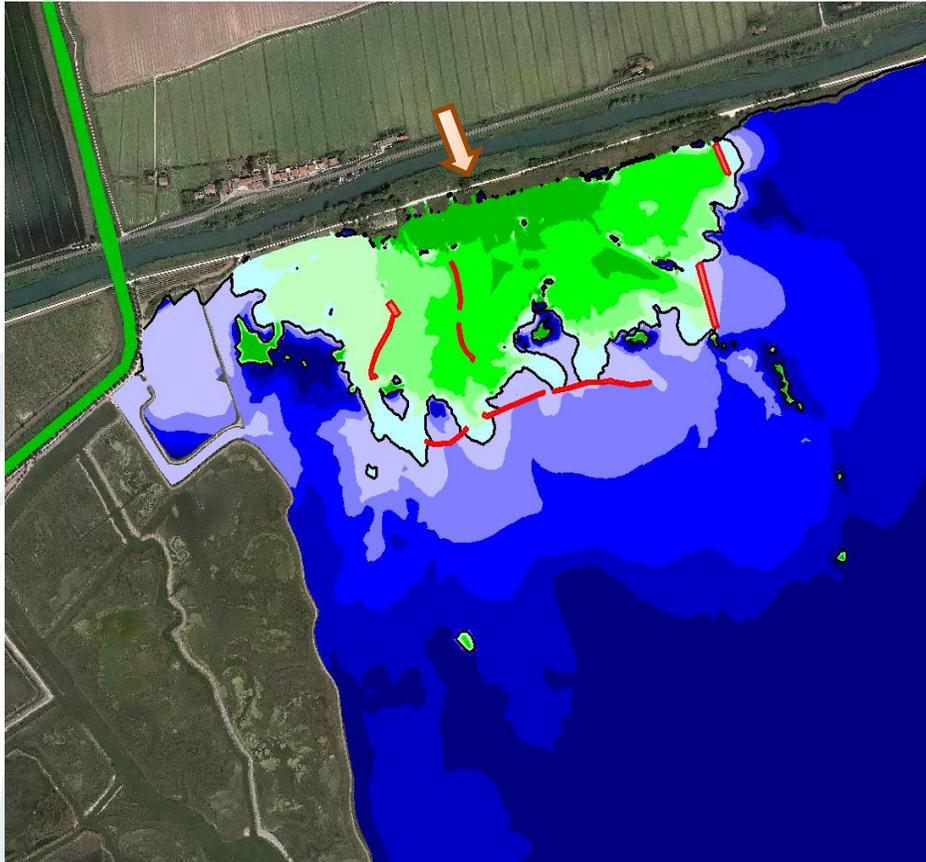


STRUTTURE CONFIGURATE OPPORTUNAMENTE PER CONTENERE LA DIFFUSIONE DELLE ACQUE DOLCI E FAVORIRE LA DIFFUSIONE DEL CANNETO

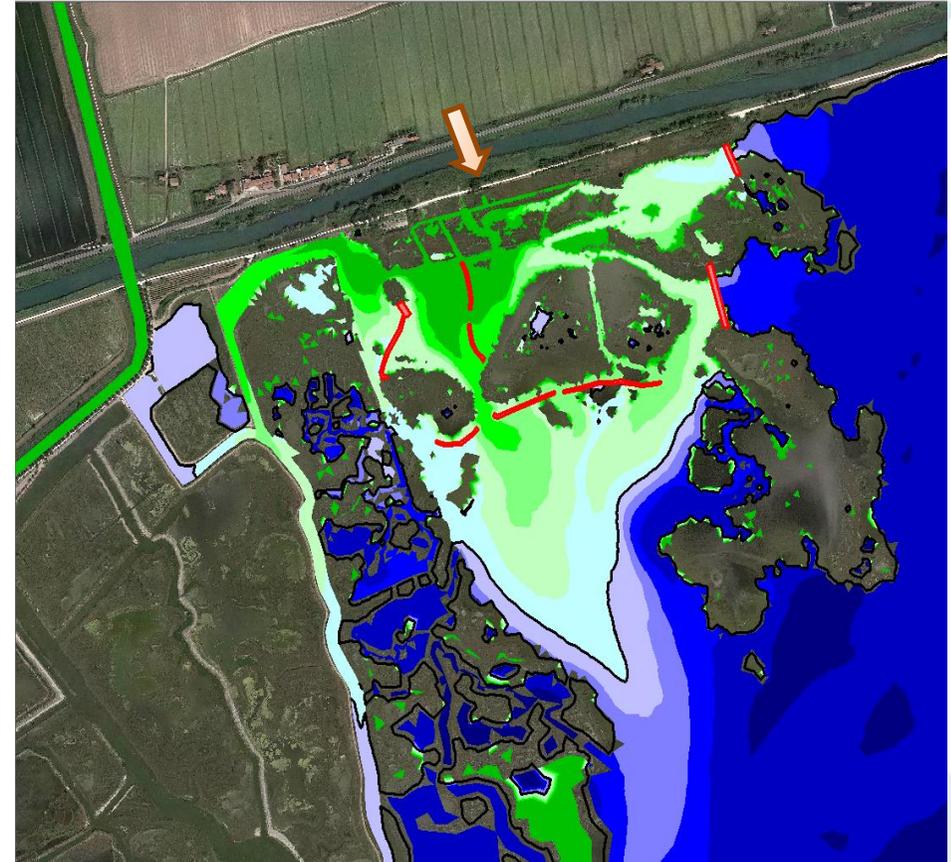
C2 OPERE MORFOLOGICHE

CONFIGURAZIONE OTTIMALE ?

Configurazione: BIO 1° step – $Q = 1000 \text{ l/s}$

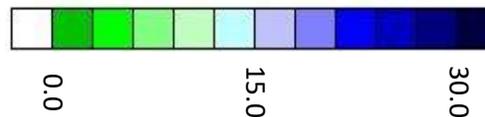


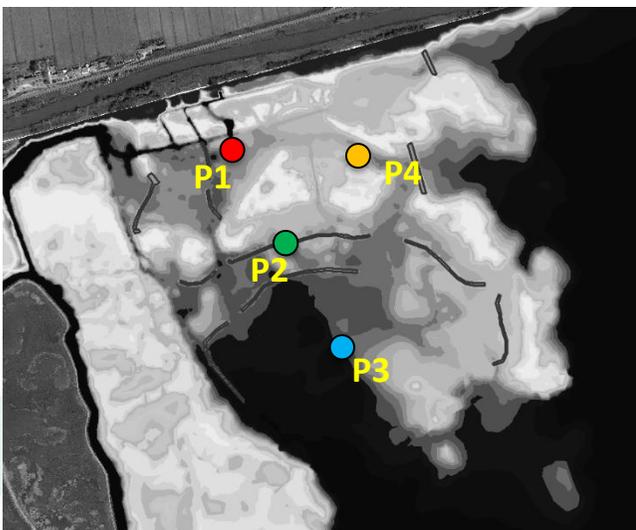
T = 242 time step (alta marea) - H = 0.38 m slm



T = 249 time step (bassa marea) – H = -0.16 m slm

Salinity
(gr/litro)

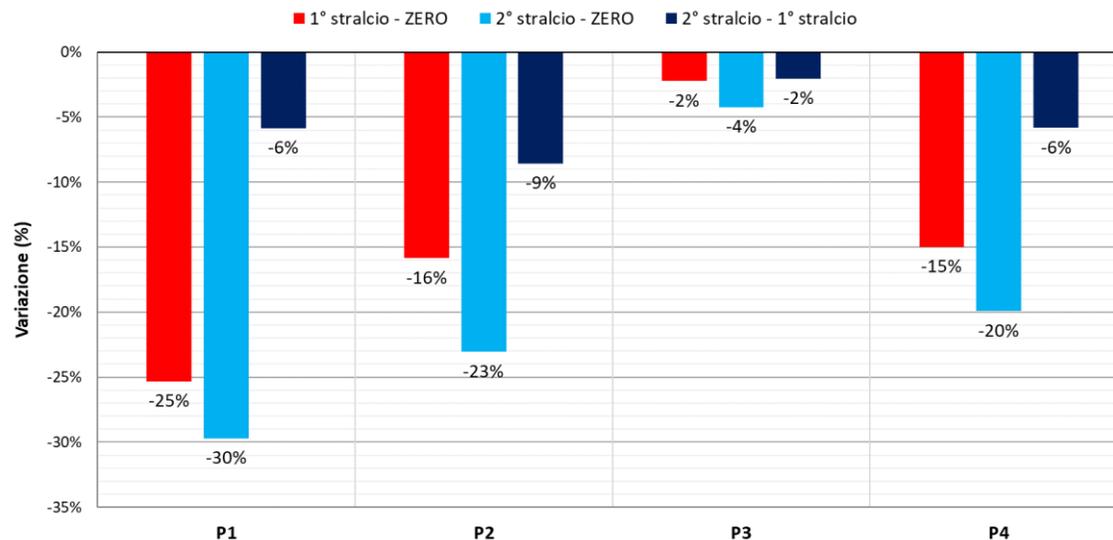




CONFRONTO TRA LE DIVERSE CONFIGURAZIONI PROPOSTE

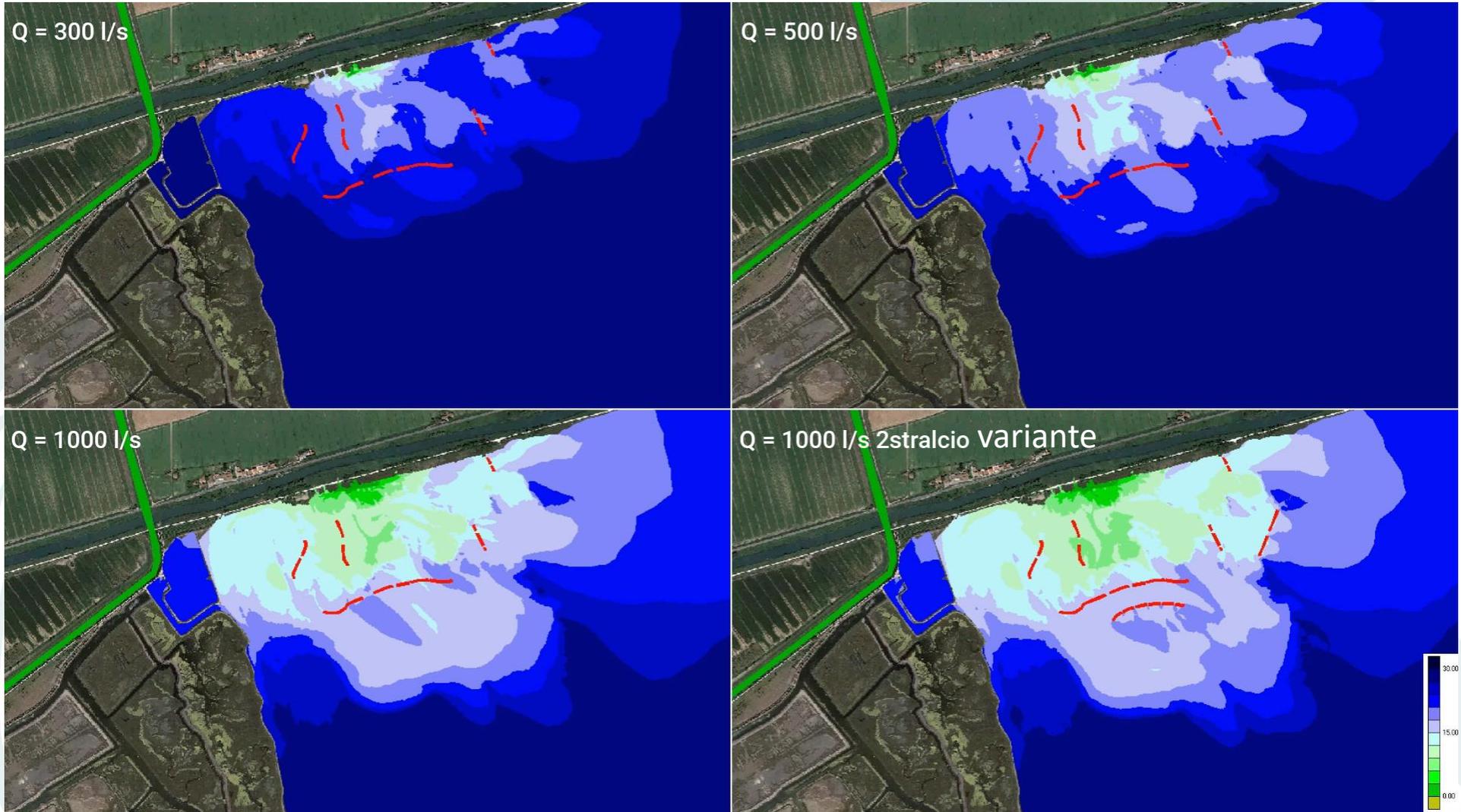
SALINITA' SUPERFICIALE - VALORI MEDI GIORNALIERI CONFIG ZERO VS 1° STRALCIO E 2° STRALCIO

Salinità media sulla verticale - Confronto configurazioni sugli ultimi 5 giorni di simulazione



Salinità media sulla verticale

	P1	P2	P3	P4
ZERO	1.5	14.9	22.7	7.3
1° stralcio	1.1	12.5	22.2	6.2
2° stralcio	1.1	11.4	21.8	5.9
delta % 1°stralcio-ZERO	-25%	-16%	-2%	-15%
delta % 2°stralcio-ZERO	-30%	-23%	-4%	-20%
delta % 2°stralcio-1°stralcio	-6%	-9%	-2%	-6%

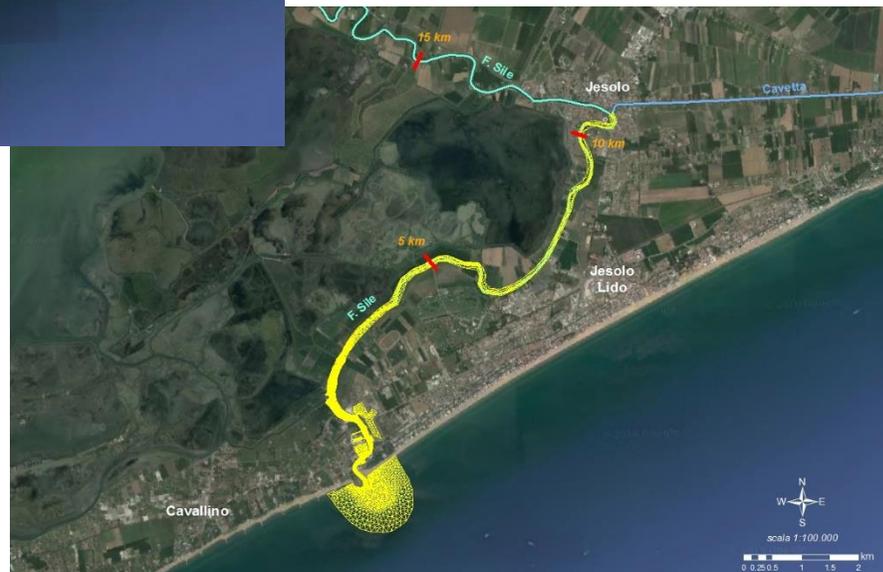




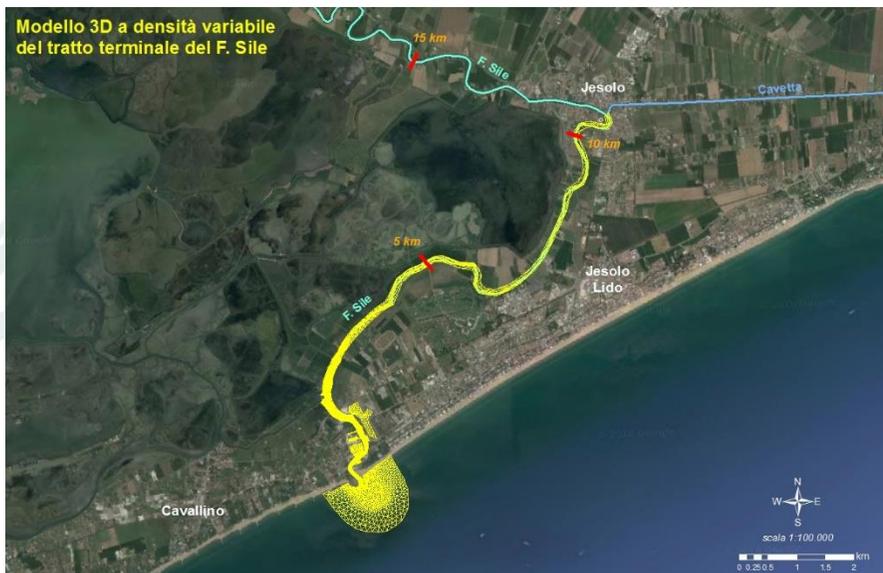
← MODELLO 2D DEL SISTEMA FLUVIALE Sile-Piave-Piave Vecchia-Cavetta

- LIVELLO IDROMETRICO
- PORTATA
- RISALITA DEL CUNEO SALINO

MODELLO 3D DEL TRATTO TERMINALE DEL SILE →



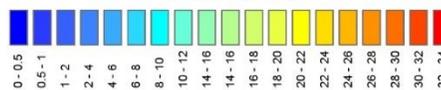
MODELLO 3D + CAMPAGNE DI MISURA CTD (2018-2019-2020-2021) SIMULAZIONE DELLA RISALITA DEL CUNEO SALINO



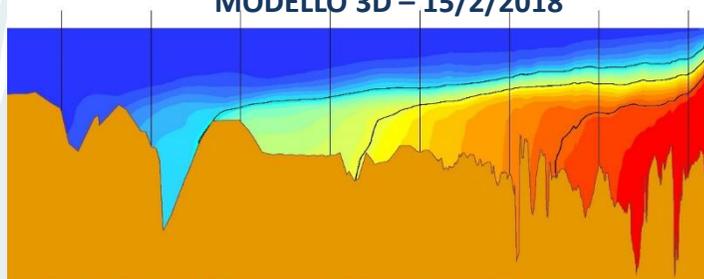
Simulazione campagna 15/2/2018

Q_{med} alle Trezze = $47.7 \text{ m}^3/\text{s}$

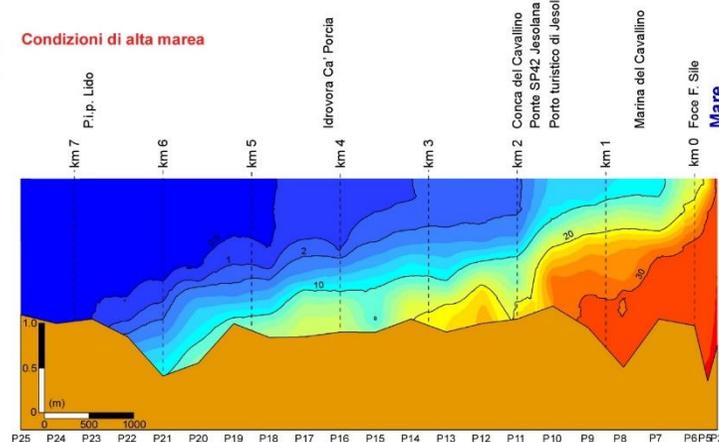
Salinità (PSU)



MODELLO 3D - 15/2/2018



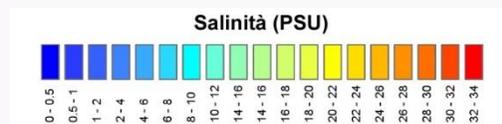
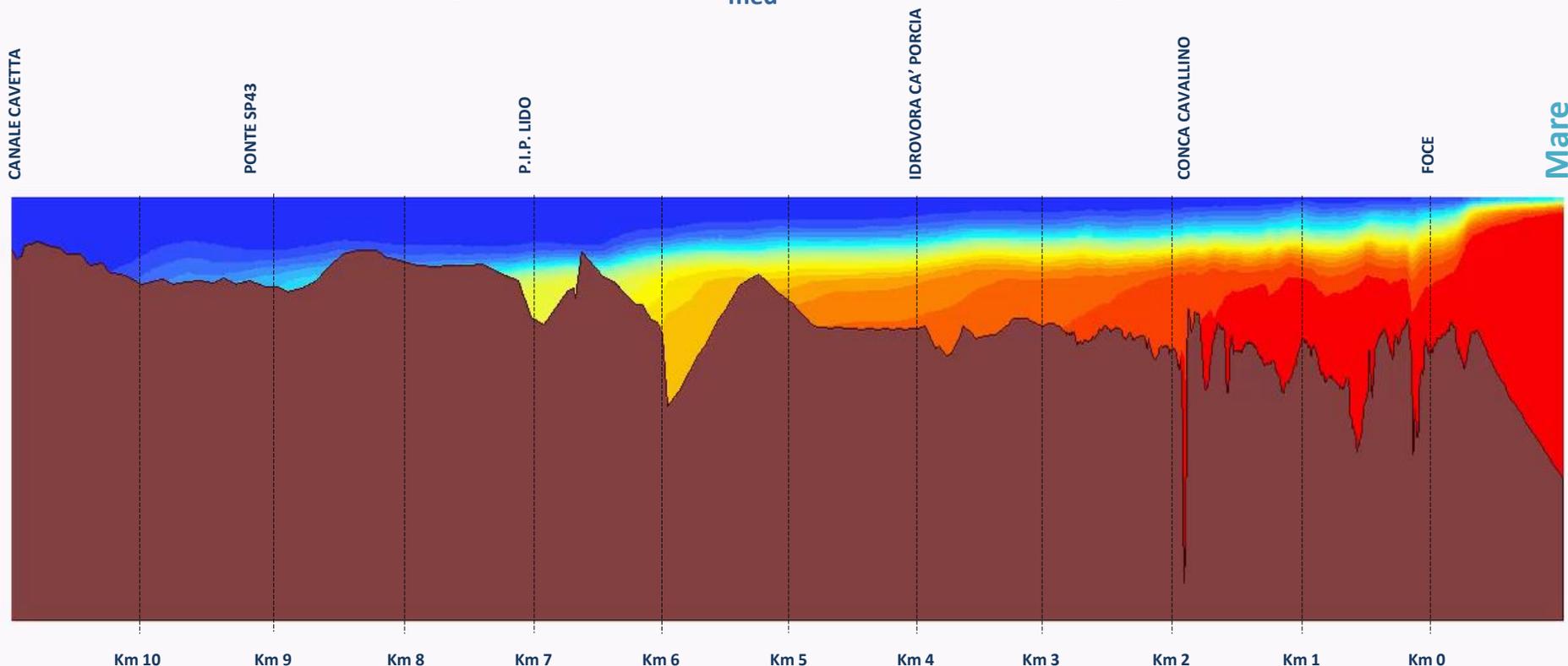
Condizioni di alta marea



MODELLO 3D – DENSITA' VARIABILE – TRATTO TERMINALE DEL FIUME SILE

SIMULAZIONE DELLA RISALITA DEL CUNEO SALINO

30/3 – 6/4 2012, Q_{med} alle Trezze = 28.7 m³/s



GRAZIE PER
L'ATTENZIONE



LAGOON
REFRESH
L I F E