



Relazione Tecnica

Acquisizione bati-morfologica

Impianto di mitilicoltura, Jesolo (VE)

Sara Innangi¹, Renato Tonielli¹, Silvia Colla², Riccardo Fiorin³, Fabio Pranovi²,
Federico Riccato³.

¹ *Istituto per l'Ambiente Marino Costiero, IAMC-CNR, Napoli*

² *Università Ca' Foscari, Venezia*

³ *Società Laguna Project s.n.c., Venezia*

Introduzione

Il presente lavoro descrive le attività svolte dall'Istituto per l'Ambiente Marino Costiero (IAMC - CNR) nell'ambito di una collaborazione con l'Università Ca' Foscari di Venezia per il monitoraggio di un impianto di mitilicoltura di *Mytilus galloprovincialis* nel settore antistante la foce del fiume Sile a Jesolo, in provincia di Venezia (Fig. 1).



Fig. 1 – Localizzazione dell'area di lavoro. Da notare in mappa la presenza del fiume Sile.

Il sito è oggetto di studio della tesi di dottorato della dott. Silvia Colla dal titolo "Struttura e funzionamento dell'ecosistema costiero alto adriatico, nel contesto dell'implementazione della MSFD". Al fine di mappare la morfologia del fondo, sotto e nei pressi dell'impianto, è stata programmata un'acquisizione geofisica con ecoscandaglio multifascio.

Acquisizione geofisica

L'acquisizione geofisica del settore dell'impianto di mitilicoltura di Jesolo è stata svolta a bordo del M/B "Laguna Project II", un'imbarcazione di 7.55 m di lunghezza e un pescaggio di 35 cm (Fig. 2).



Fig. 2 – Imbarcazione "Laguna Project II"

Per l'acquisizione batimetrica è stato utilizzando il Multibeam Reson Seabat 7125, un multibeam ad altissima risoluzione con doppia frequenza operativa, 200 - 400 kHz. La massima profondità operativa nella configurazione a 200 KHz è di 450 m e i ricevitori formano 256 beam sia in *equi-distance*, per un'apertura totale dello swath di 140°, che in *aqui-angle*, per un'apertura totale dello swath di 165° (configurazione detta "wide"). Nella configurazione a 400 KHz la profondità operativa è di 175 m e i ricevitori formano 512 beam, sia in *equi-distance* che in *equi-angle*. Inoltre il Seabat 7125 ha la possibilità di registrare il segnale di backscatter come Opzione Sidescan Sonar, consentendo la realizzazione di mosaici acustici ad alta risoluzione.

Durante questo lavoro sono stati acquisiti dati ad una profondità media compresa tra i 13 e i 15 m, utilizzando la configurazione a 400 KHz ad altissima risoluzione (512 beam) in modalità *equi-distance*. Il montaggio della strumentazione è avvenuto il giorno 8 luglio 2014; il multibeam è stato montato a palo, lateralmente alla murata di dritta dell'imbarcazione, mentre la CU (*Central Unit*) è stata installata all'interno della cabina del "Laguna Project II" (Fig. 3).



Fig. 3 – Operazione di installazione della strumentazione. In alto il multibeam montato a palo e successivamente posizionato lateralmente alla murata dell'imbarcazione, in basso il montaggio della stazione operativa.

A bordo erano presenti anche il sensore di moto, Octans 3000, per la correzione del beccheggio (pitch), del rollio (roll) e dell'angolo che la nave forma con il nord geografico (heading); mentre per il posizionamento è stato installato il GPS con correzione differenziale TrimbleSPS852 GNSS Modular Receiver con correzione Omnistar, che ha una precisione dell'ordine del centimetro. Infine era presente sia un profilatore della velocità del suono, calato in acqua almeno una volta al giorno o ogniqualvolta l'utilizzo se ne rendeva necessario, vista la presenza di acqua dolce, che una sonda di velocità montata sulla testa del multibeam per la correzione in tempo reale del *beam steering*. Il software di acquisizione utilizzato è il PDS2000, a cui arrivano tutte le correzioni delle strumentazioni utilizzate, come è illustrato nello schema di figura 4.

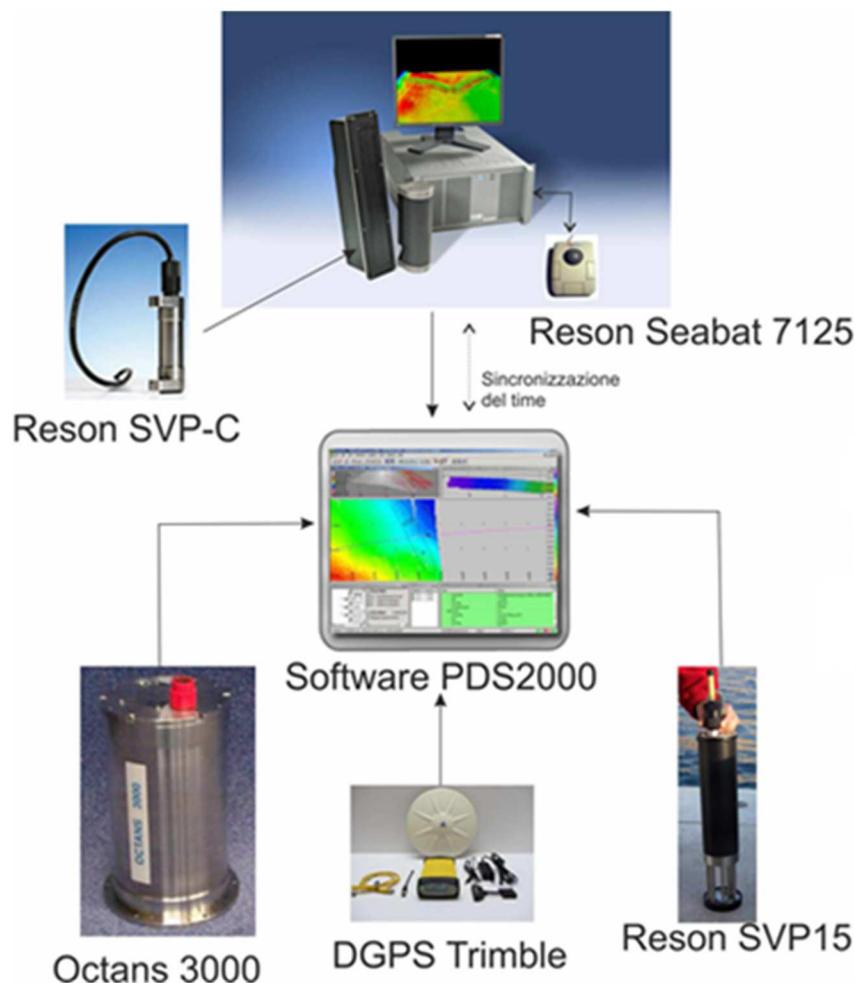


Fig. 4 – Schema delle strumentazioni utilizzate per l'acquisizione geofisica e loro connessioni

Una volta terminate le operazioni di installazione della strumentazione, si è proceduto con l'acquisizione delle linee di calibrazione per il multibeam, un'operazione che consente di riportare il piano di lavoro del multibeam in una perfetta situazione ortogonale, relazionandolo anche al sensore di moto. Per calibrare il Seabat 7125 è necessaria sia una zona pianeggiante, per calcolare l'angolo di roll, sia un ostacolo o una variazione di pendenza per la calibrazione degli angoli di pitch e di yaw. Poiché tutta l'area dell'impianto è caratterizzata da un substrato per lo più pianeggiante, senza nessuna particolare pendenza adatta alla calibrazione, si è scelto di acquisire le linee su una struttura subacquea di origine antropica presente nell'area chiamata "La piramide" (Fig. 5). Alle linee sono state applicate i seguenti valori di correzione:

Yaw: 3.41°

Roll: 2.77°

Pitch: 0.32°

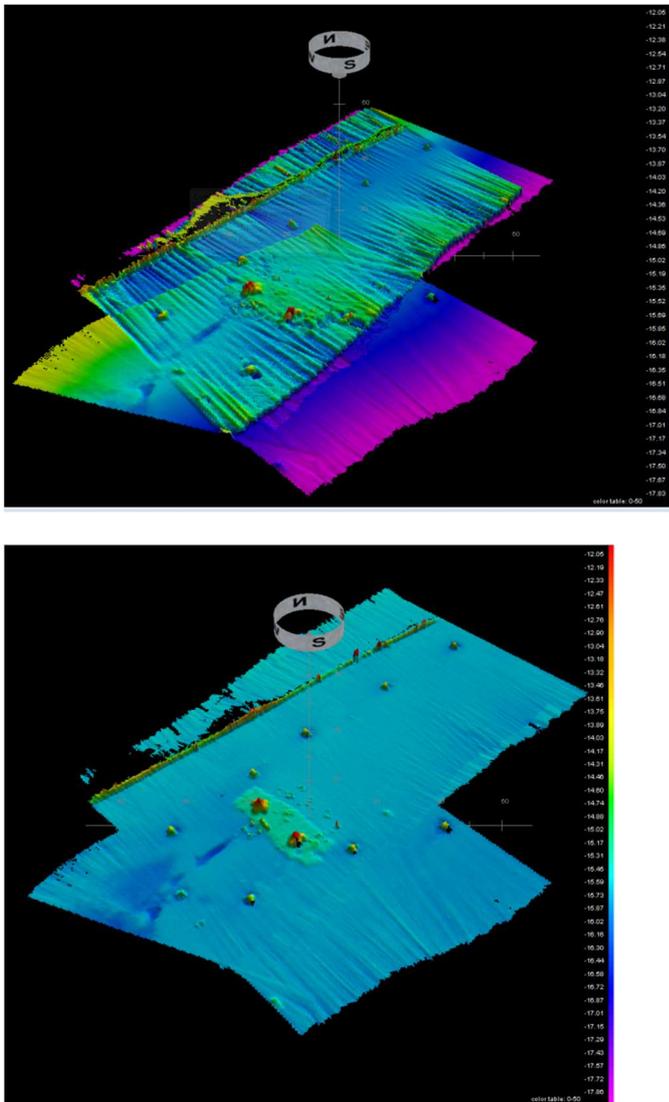


Fig. 5– DTM (Digital Terrain Model) con cella di 50 X 50 cm delle linee acquisite per effettuare la calibrazione del multibeam, prima e dopo l'applicazione degli angoli di correzione, rispettivamente.

Una volta effettuata la calibrazione è stato possibile procedere con le operazioni di lavoro. Le giornate effettive di acquisizione sono state due, non consecutive (9 e 11 luglio); il 10 luglio non è stato possibile lavorare per condizioni meteo avverse. In totale è stata acquisita un'area pari a 3 Km², come è mostrato dalla figura 6.



Fig. 6 – Area acquisita con il Reson Seabat 8125. In visualizzazione il DTM di acquisizione con cella di 1 x 1 m; proiezione WGS84 UTM 33.

I dati presentavano una serie di problemi dovuti sia alle variazioni di marea, molto marcate in questa zona, sia alla presenza del fiume Sile. L'acqua dolce, con temperatura e densità rispetto alla massa di acqua marina, causa un inarcamento dei fasci, verso il basso o verso l'alto a seconda che la velocità venga sottostimata o sovrastimata (Fig. 9 a sinistra). L'effetto sarà maggiore sui beam più esterni del fascio, con il risultato che i dati di linee parallele non si sovrapporranno e il DTM acquisito presenterà delle ondulazioni fittizie. Questi problemi sorgono soprattutto quando i cambiamenti sono molto rapidi e, anche se mitigati dalle correzioni apportate grazie alla presenza della sonda in testa, il sistema non è comunque in grado di calcolare la corretta velocità del suono lungo tutta la colonna d'acqua. Infatti in queste situazioni sarebbe necessario avere una sonda in continuo che, viaggiando costantemente lungo la colonna d'acqua, effettua una correzione in tempo reale della reale velocità del suono. In figura 7 è mostrato un ingrandimento del DTM di acquisizione.

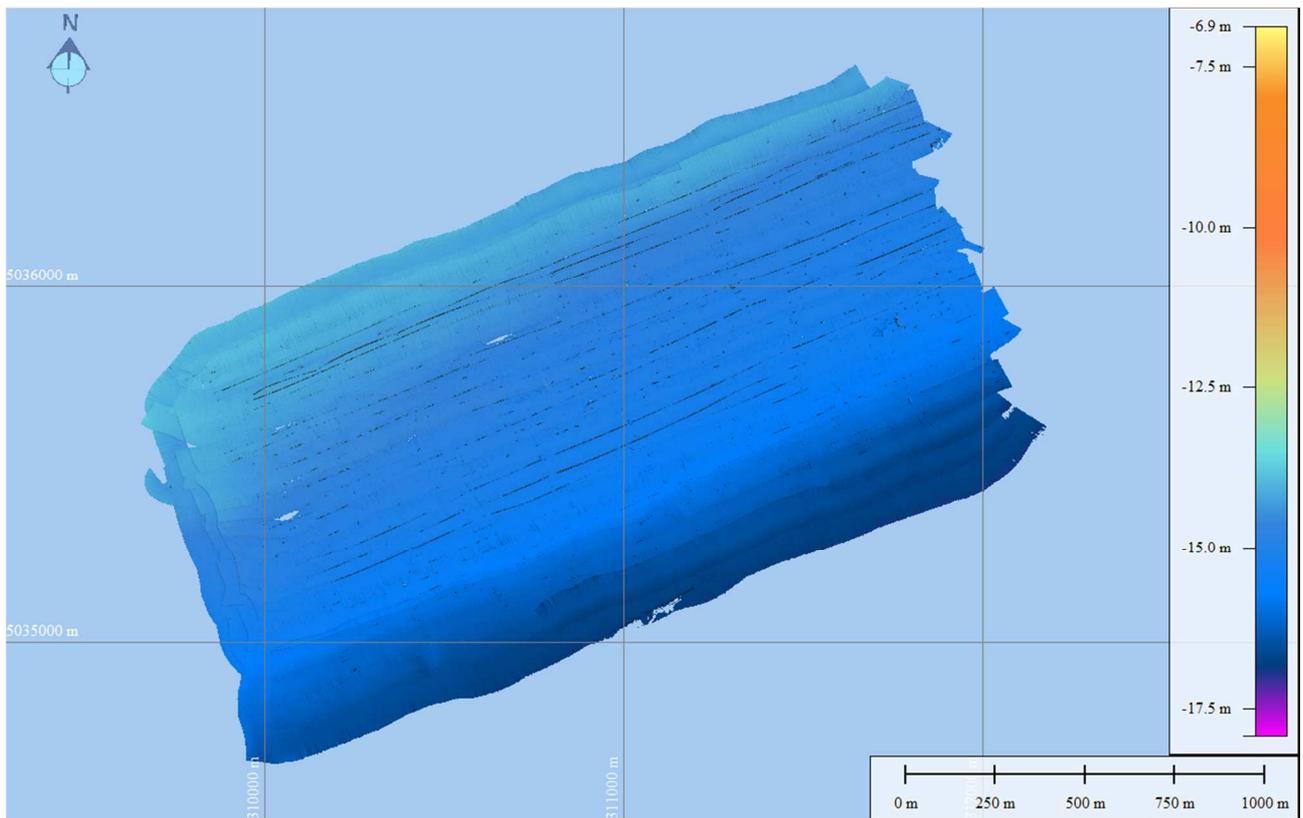


Fig. 7– Particolare del DTM di acquisizione. I dati presentavano problemi di marea (scalini tra linee parallele per variazioni di z) e di incurvatura dei fasci per la presenza di acqua dolce nei primi 50 cm della colonna d’acqua.

Elaborazione geofisica

La prima fase delle operazioni di processing, eseguita con il software PDS2000, ha riguardato l’applicazione della curva di marea (Fig. 8), mentre successivamente si è proceduto alla correzione della sonda di velocità per eliminare, o almeno ridurre, le incurvature dei fasci (Fig. 9).

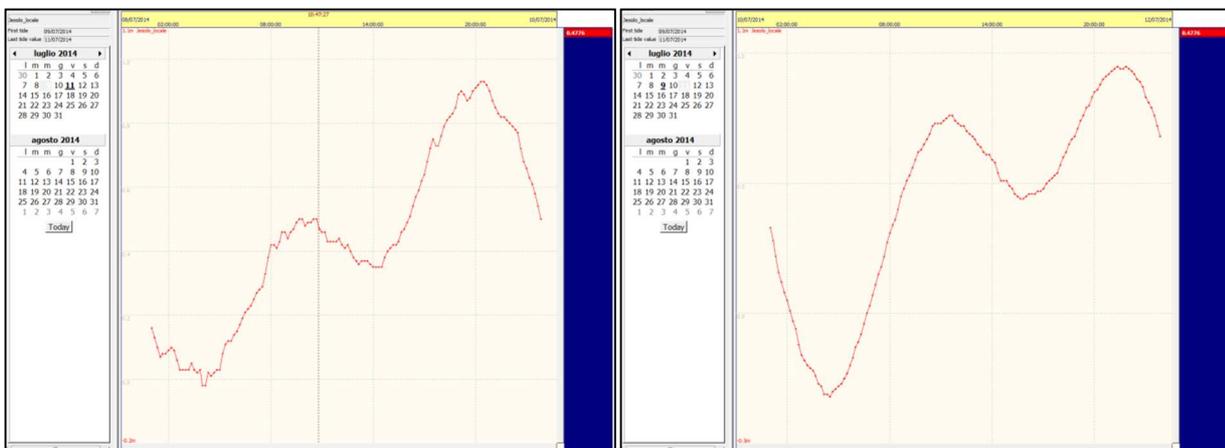


Fig. 8 – Curve di marea applicate per i giorni 09 e 11 Luglio 2014.

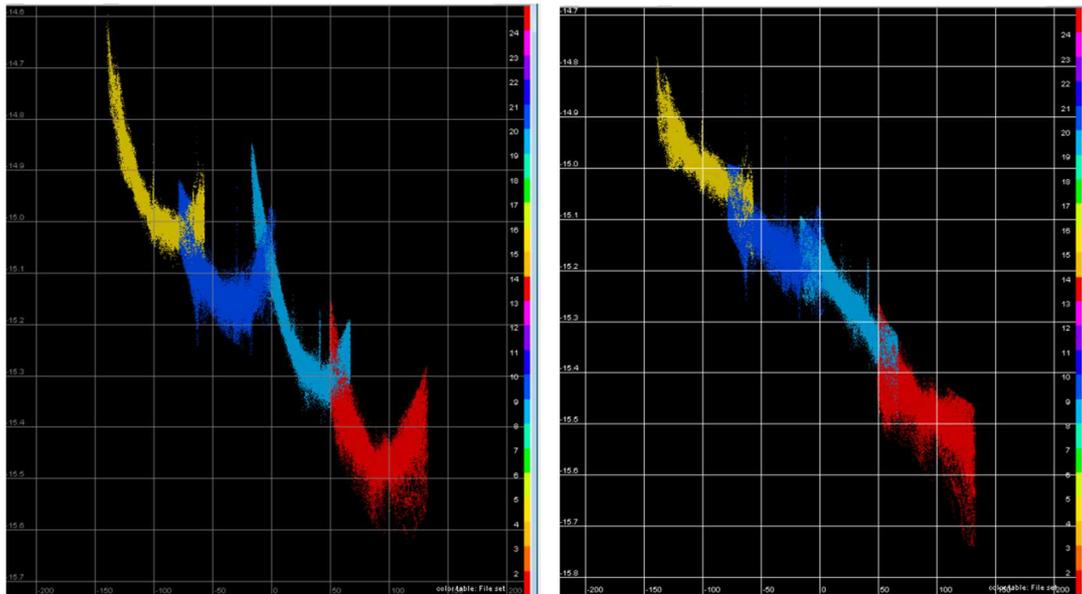


Fig. 9 – Correzione del valore di velocità del suono (a destra) per diminuire l’effetto di incurvatura dei fasci (a sinistra), causato dalla presenza di acqua dolce nei primi 50 cm della colonna d’acqua.

A questo punto è stato possibile iniziare la vera fase di elaborazione dei dati, che consiste nell’eliminazione manuale dei punti errati non appartenenti al fondo, chiamati *spike*. Inoltre, in questa zona, il processing è stato particolarmente laborioso dal momento che, per ottenere una corretta informazione batimetrica, si è reso necessario eliminare dal dato tutte le strutture sospese nella colonna d’acqua (filari e boe) e acquisite dal multibeam (Fig. 10). Nelle immagini che seguono (figure 11, 12, 13, 14) è possibile vedere i punti di acquisizione in cui si distinguono chiaramente sia i filari, che alcuni particolari dei corpi morti presenti sul fondo, che in fase di processing non sono stati eliminati perché appartenenti al fondo.

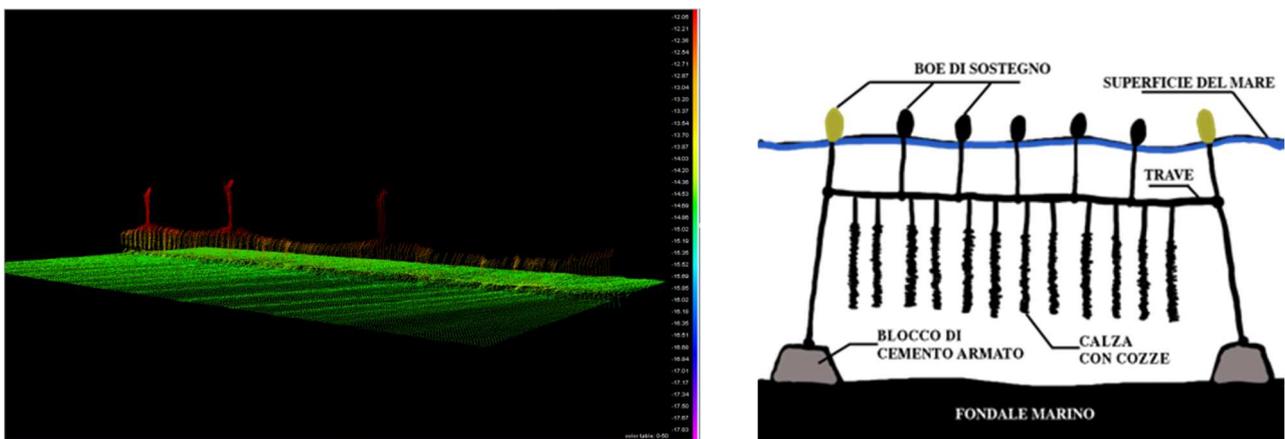


Fig. 10 – A sinistra, visualizzazione dei punti multibeam in 3D attraverso il modulo di *editing* del PDS2000. La scala di colore indica la profondità. A destra uno schema di come sono costituiti i filari di *Mytilus galloprovincialis*, confrontabile con i punti multibeam. Le boe di sostegno dell’impianto, possono essere sia fuori che sotto la superficie dell’acqua.

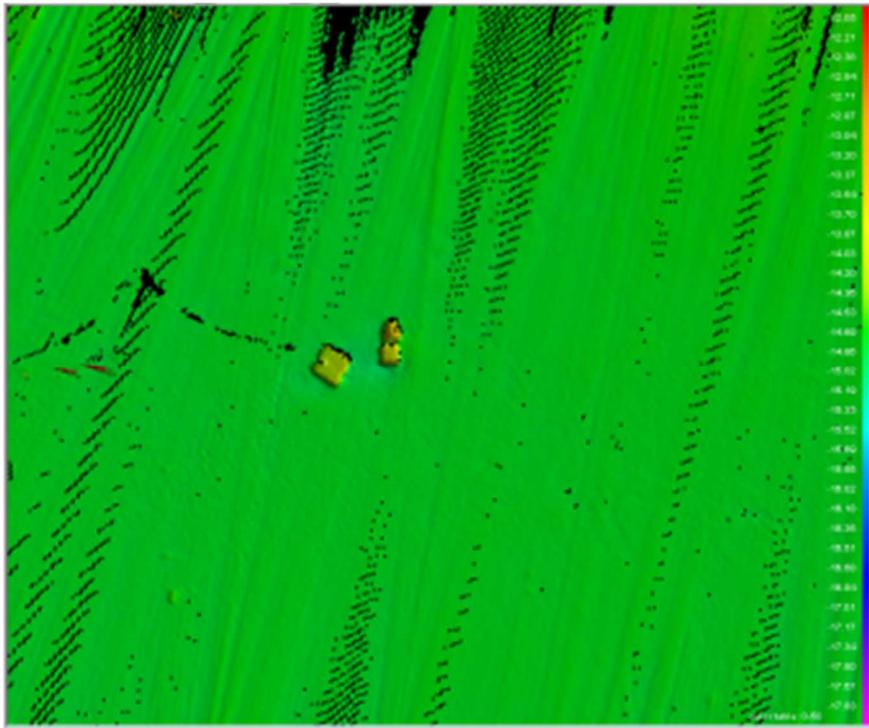
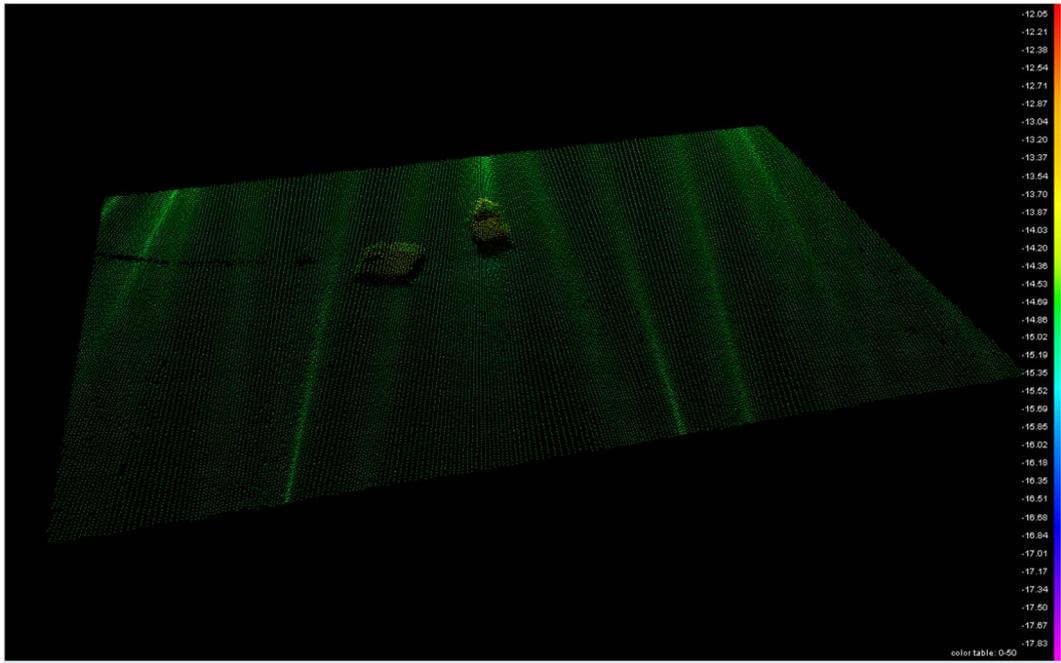


Fig. 11 – In alto visualizzazione dei punti multibeam in 3D di alcuni corpi morti, mentre in basso il relativo DTM.

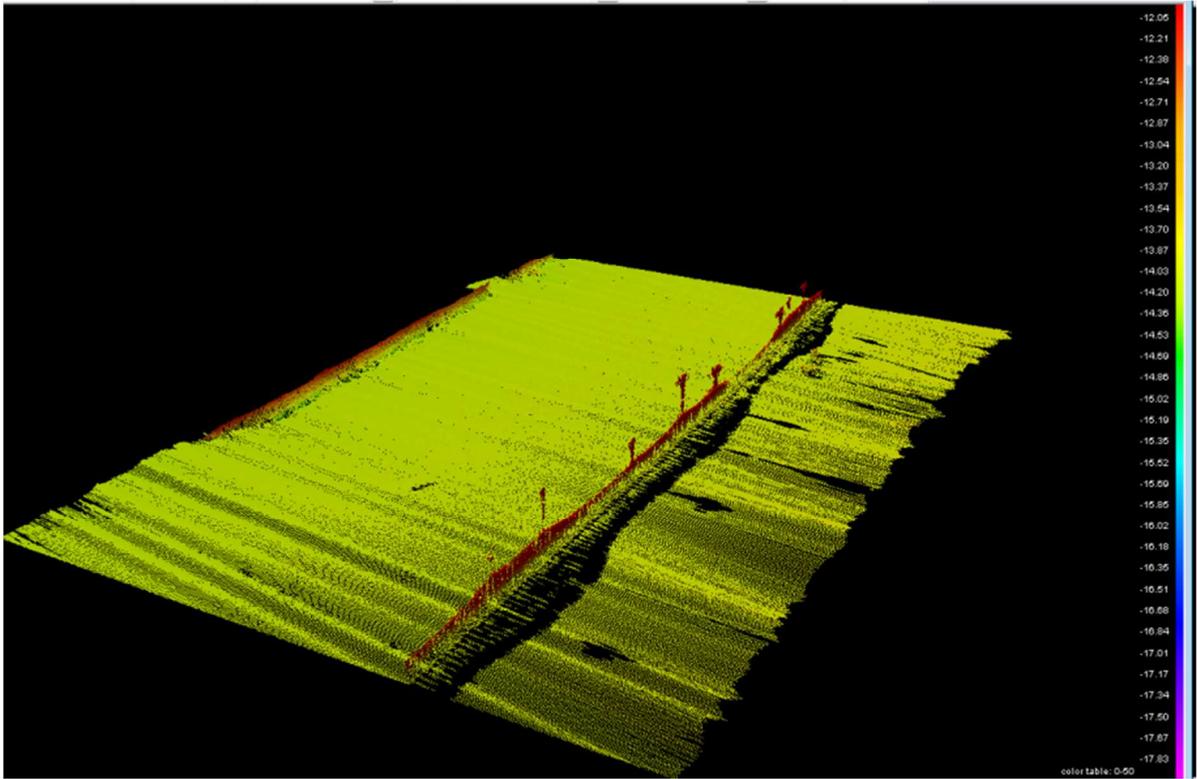


Fig. 12 – Visualizzazione tridimensionale della coltivazione in cui sono ben visibili sia le calze che le boe di sostegno.

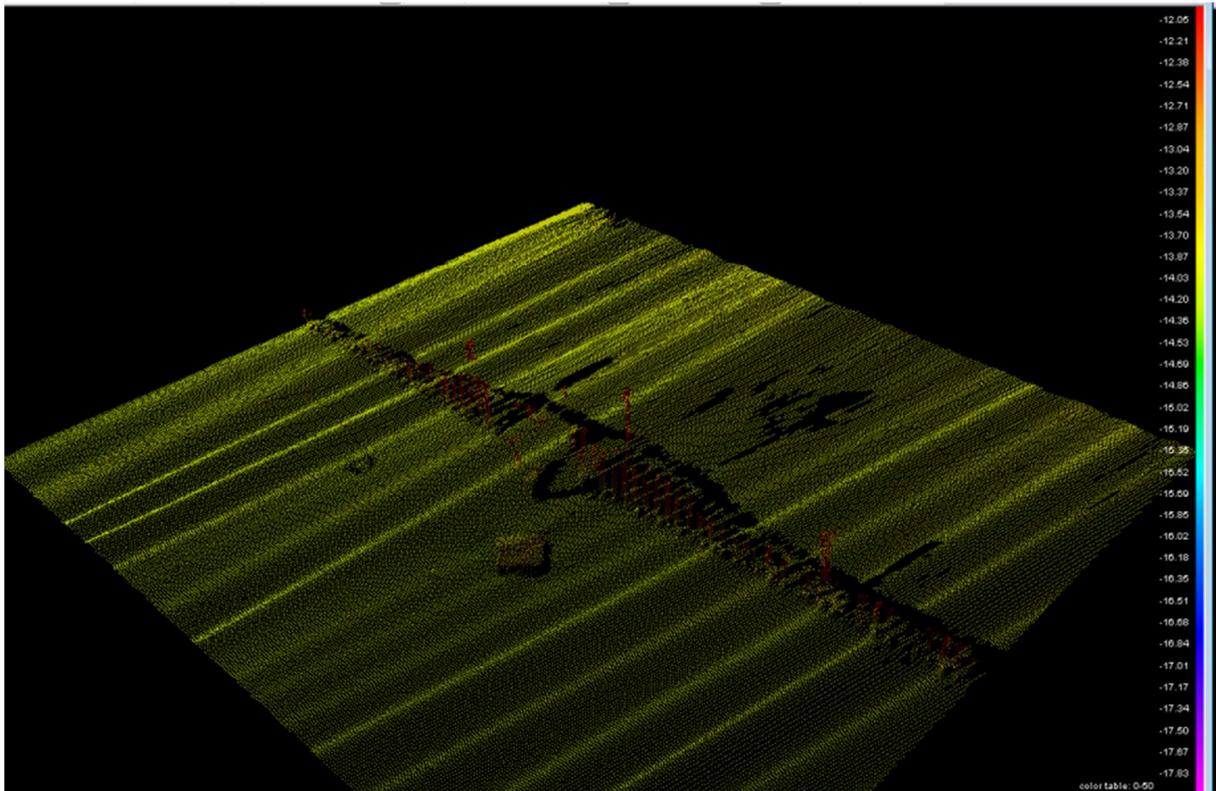


Fig. 13 – Anche in questa immagine è possibile riconoscere la struttura del filare di mitili.

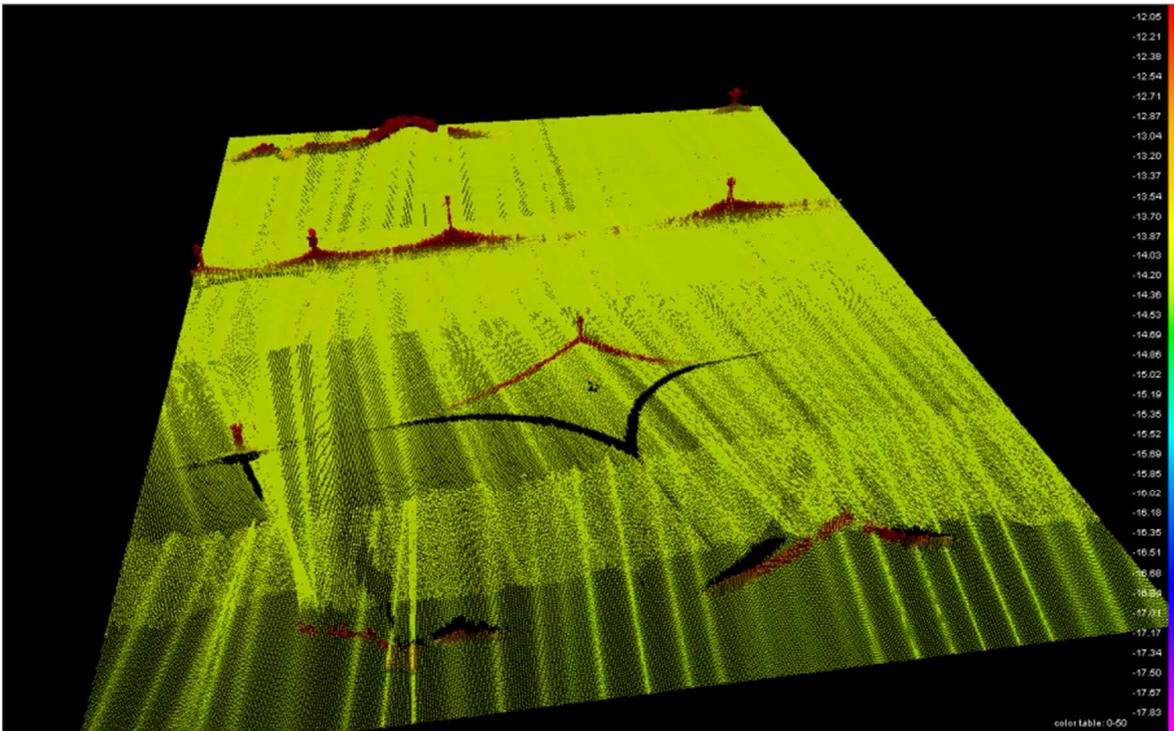


Fig. 14 – Un ultimo esempio delle linee acquisite nella zona dell’impianto. In questa immagine sono presenti tre linee multibeam affiancate per ottenere una copertura totale dell’area di indagine.

Terminate le operazioni di elaborazione dei dati è stato creato un DTM totale dell’area con cella di 1 x 1 m (figure 15 e 16).

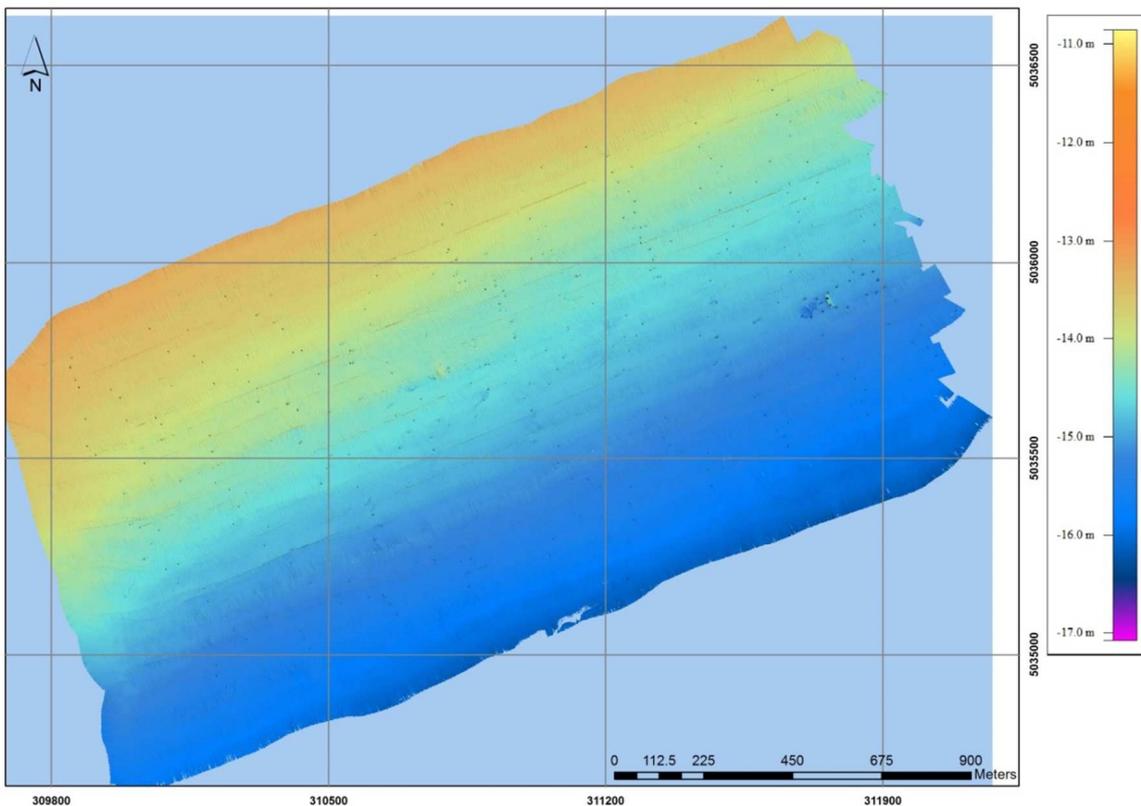


Fig. 15 – DTM con cella di 1X1 m dell’area acquisita (proiezione WGS84 UTM33).

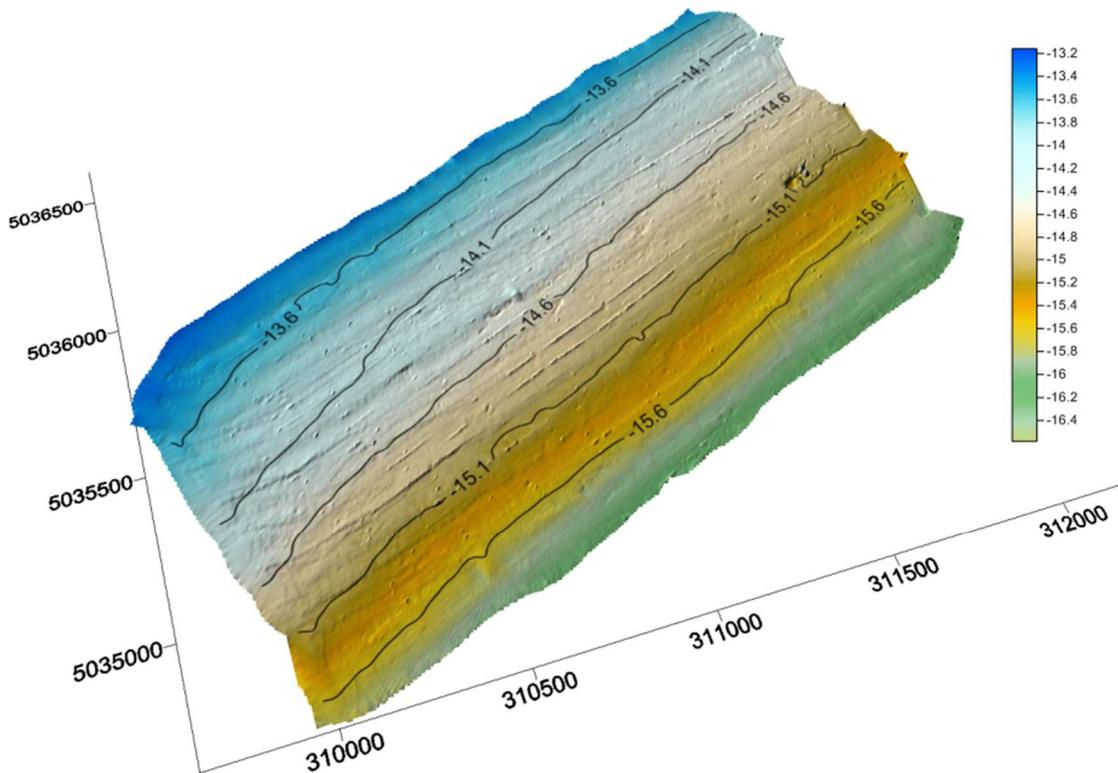


Fig. 16 – Visualizzazione tridimensionale del DTM.

Per ottenere un'informazione di tipo litologico e tessiturale dei fondali intorno all'impianto, oltre all'informazione batimetrica, è stata successivamente elaborata anche l'opzione sidescan sonar del dato. Questa particolarità del Reson Seabat 7125 consente di realizzare delle vere e proprie immagini acustiche, confrontabili ad un classico sidescan sonar, con un notevole risparmio di tempo. Per il processing è stato utilizzato il software SonarWiz 5, un software nato per il processing del solo sidescan sonar, ma che negli ultimi anni si è evoluto per il processing anche del backscatter da multibeam. Ai dati è stata applicata il corretto *bottom track*, è stata applicata la correzione dello *slant range* ed infine è stata applicata un'amplificazione del segnale di ritorno attraverso l'algoritmo AGC (*Automatic Gain Control*). Nelle figure che seguono vengono mostrati alcuni *screen shot* delle linee durante la correzione del *bottom track* e prima della correzione dello *slant range*. E' stata scelta una scala di grigio dal nero (riflettività maggiore) al bianco (assorbimento maggiore).

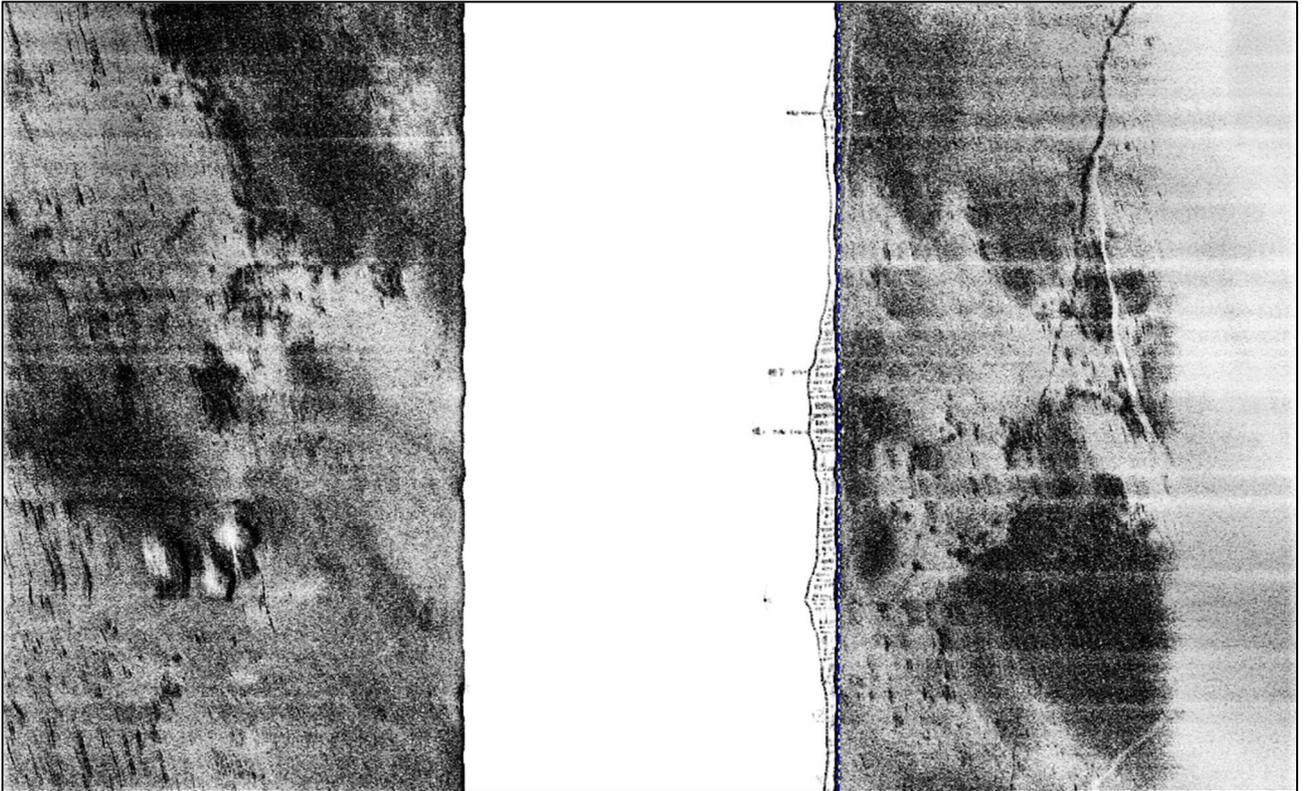


Fig. 17 – *Screen shot* dell'Opzione side del Reson Seabat 7125 elaborato con Sonar Wiz. E' possibile riconoscere i filari di mitili nella colonna d'acqua, i corpi morti e le relative ombre e alcune facies con riflettività più alta. La parte esterna ai dati, in grigio, rappresenta un'area che viene successivamente tagliata perché è al di fuori del range di acquisizione e non appartenente al fondo (dati "out of range").

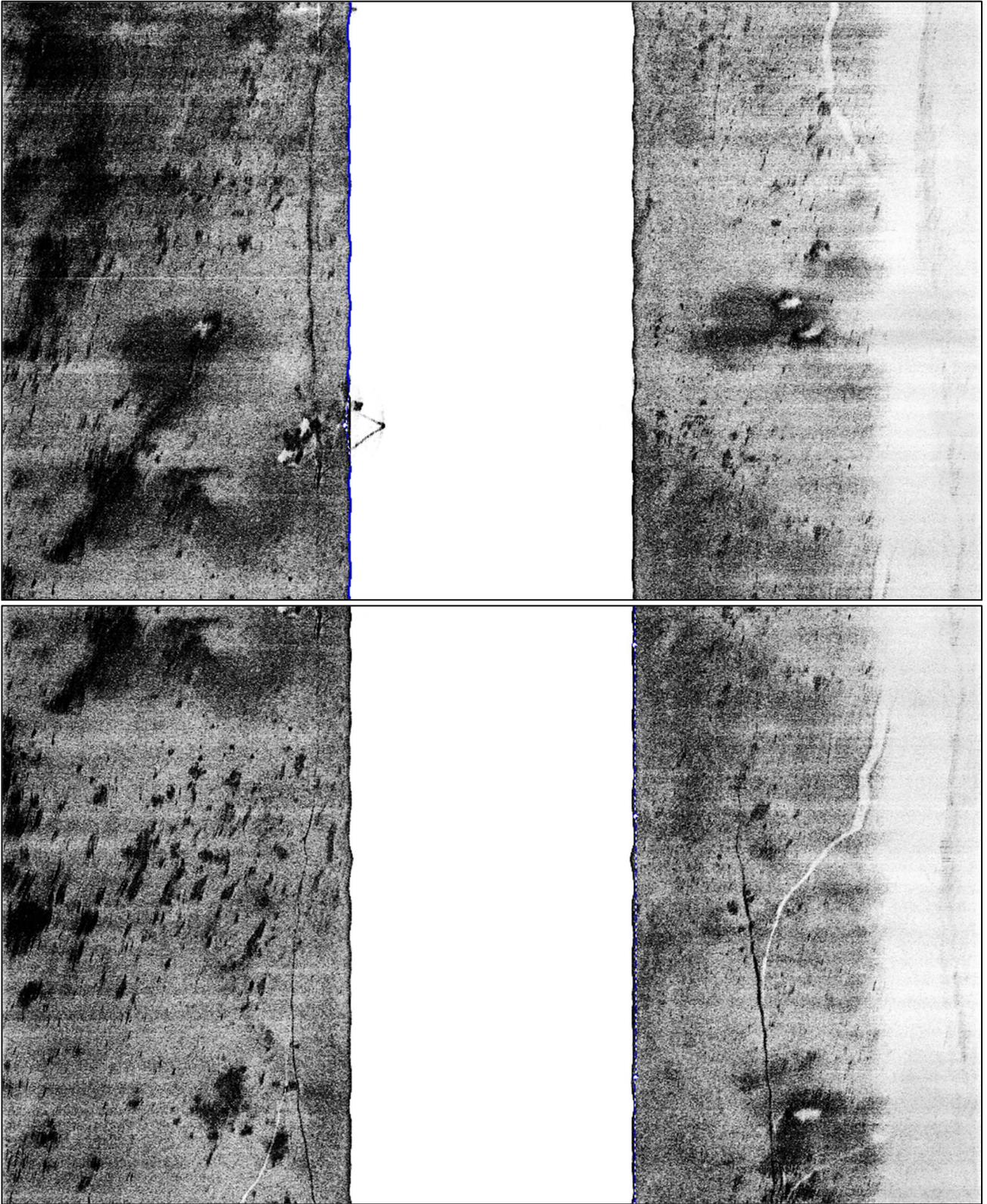


Fig. 18 – Un altro esempio di alcune immagini dell'opzione side durante l'elaborazione.

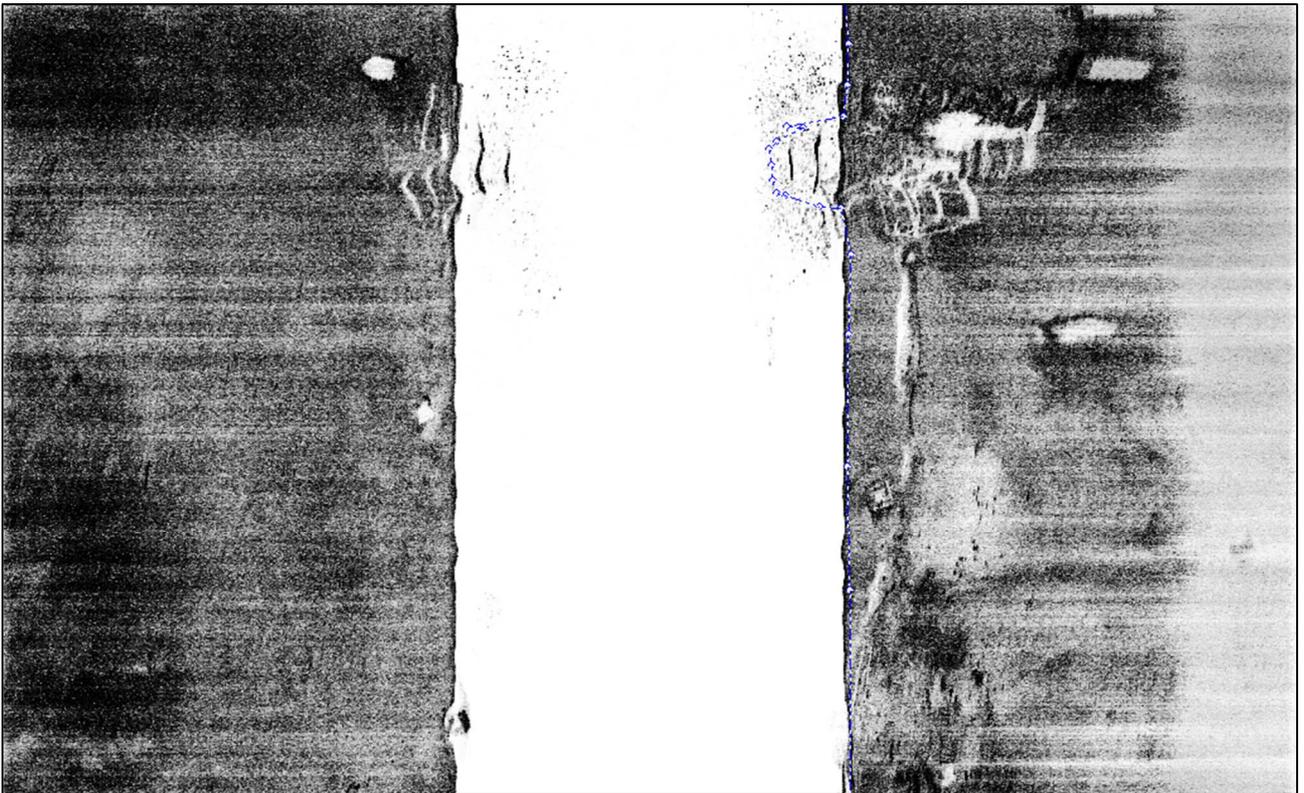
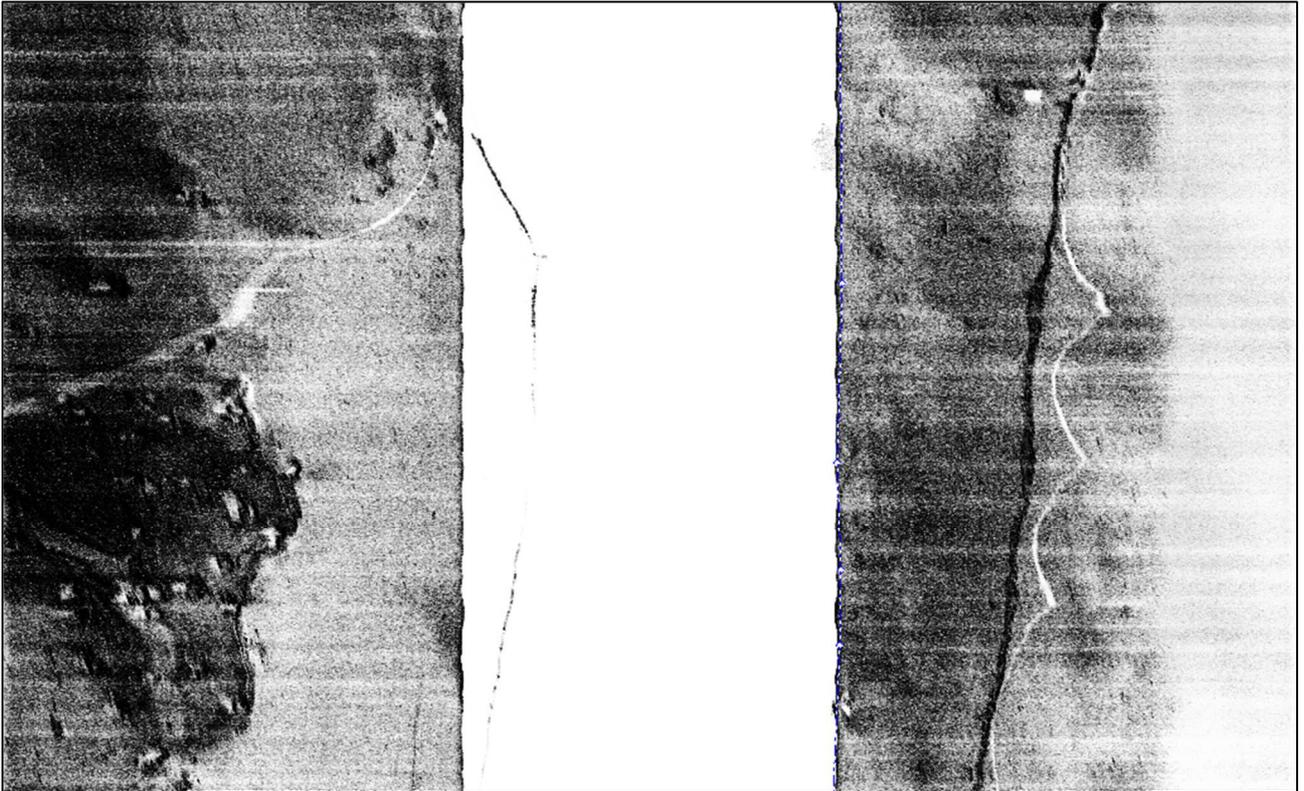


Fig. 19 – Immagini side acquisite con il Reson Seabat 7125. In alto è possibile riconoscere un'area di probabile accumulo di materiale antropico particolarmente riflettente. In basso una linea acquisita sull'area delle "piramidi", di cui si riconosce soprattutto l'ombra.

Infine è stato realizzato un mosaico totale dell'area a 20 cm di risoluzione (Fig. 21).

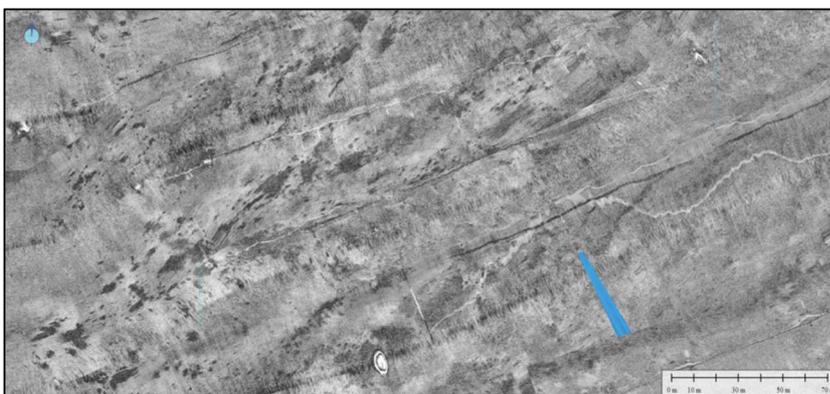
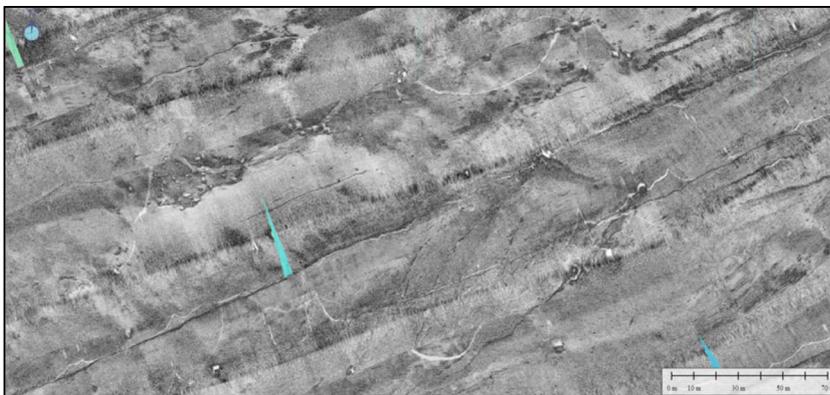
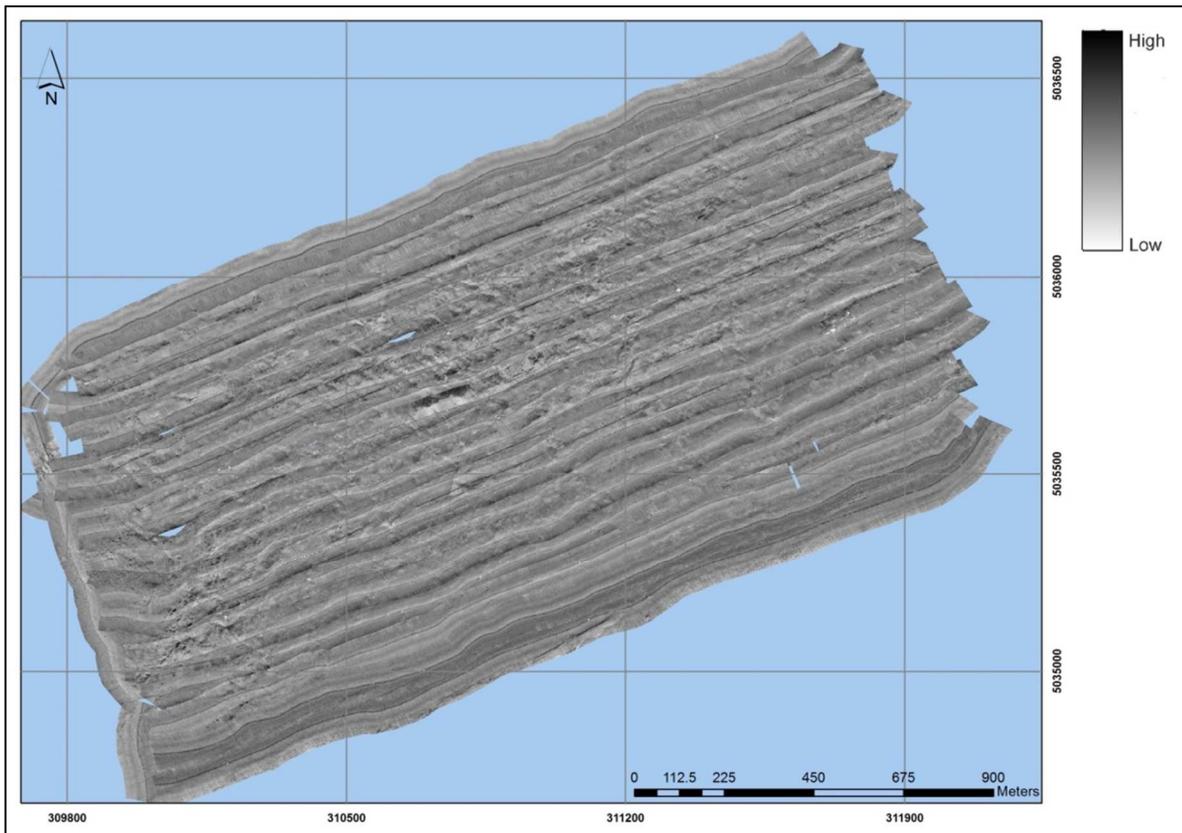


Fig. 21 – Mosaico acustico in scala di grigio a 20 cm di risoluzione dell'allevamento di Jesolo e alcuni suoi particolari.

Interpretazione e restituzione cartografica.

L'area acquisita presenta un fondale per lo più pianeggiante, senza nessuna particolare variazione morfologica. Sul fondo sono presenti solo alcuni solchi o accumuli di materiale dovuti all'attività dell'allevamento stesso (Fig. 22).

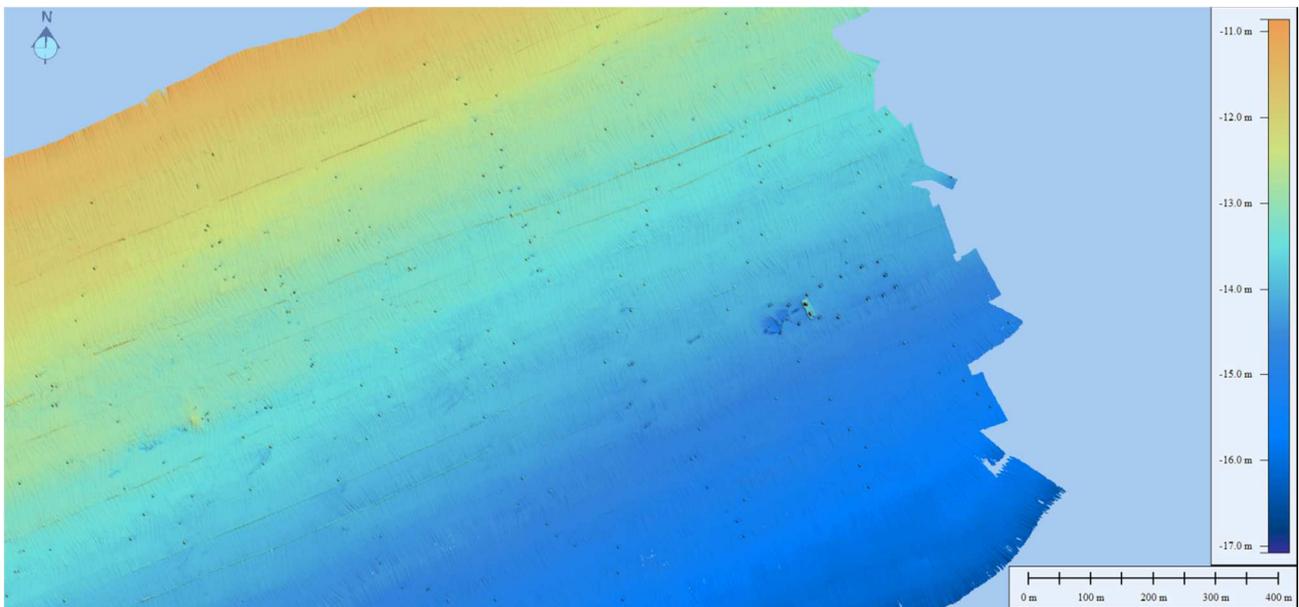


Fig. 22 - Particolare del DTM in cui è possibile riconoscere i corpi morti, l'area delle "piramidi", alcuni solchi e i residui dei filari che hanno lasciato materiale di accumulo sul fondo e che non sono stati eliminati in fase di processing.

Il mosaico acustico è caratterizzato da un fondale omogeneo, per lo più fangoso argilloso (da Fig. 21, valore medio di backscatter), ma in alcuni punti dell'allevamento sono presenti facies acustiche di materiale maggiormente riflettente (da Fig. 21, valore più alto di backscatter). Per una corretta interpretazione del dato, si è resa necessaria un'ulteriore indagine diretta del fondo, attraverso *visual census* con immersione da parte di un operatore. Sono stati campionati un totale di 6 punti (Fig. 23) su specifiche aree, che garantissero la corretta interpretazione di tutte le facies acustiche presenti sul mosaico.

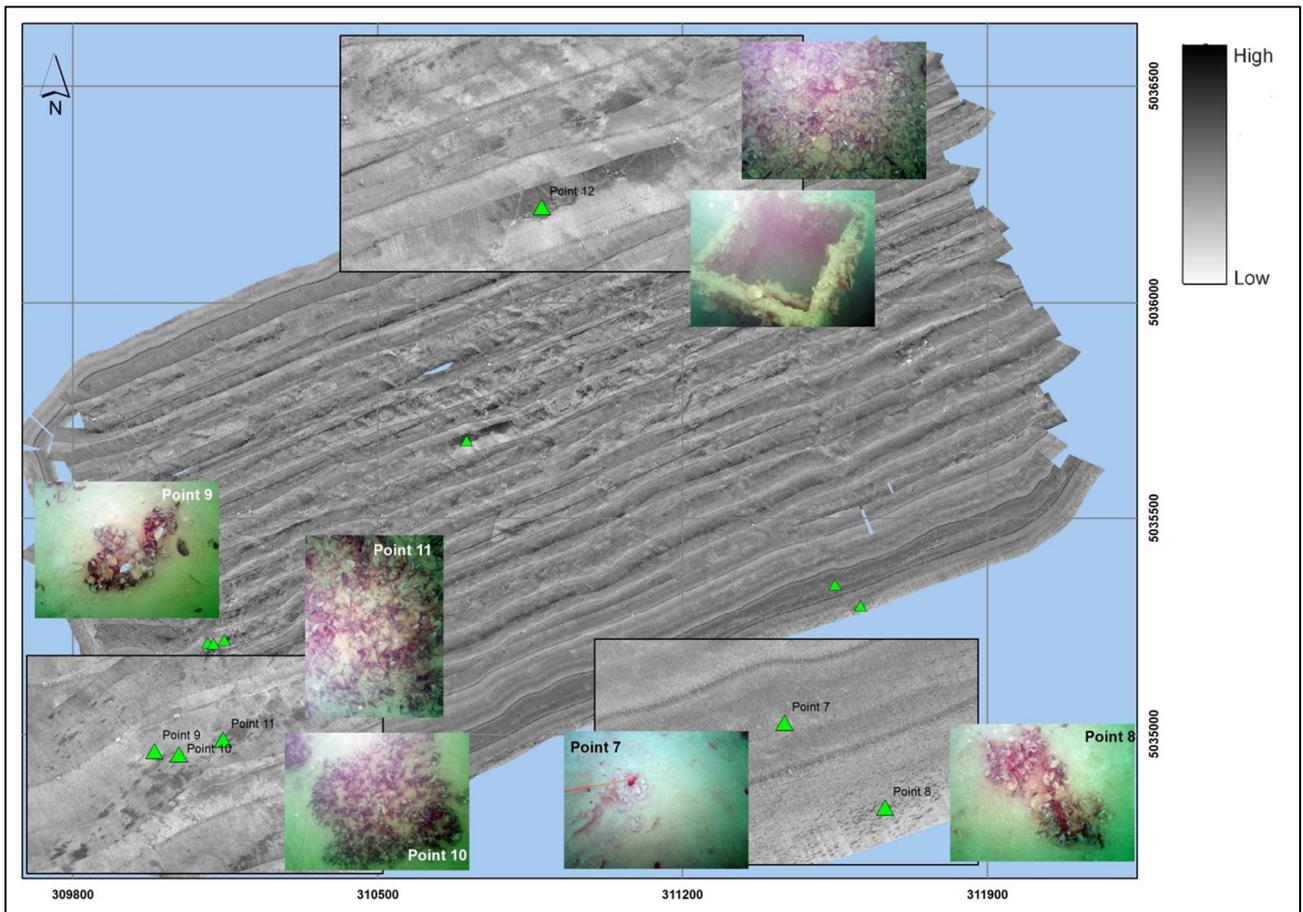


Fig. 23 - Punti campionati, attraverso *visual census*, per la taratura delle facies acustiche del fondo.

Come si può vedere dalla mappa di figura 23 le facies che presentano una forte riflettività sono caratterizzate da accumuli di mitili. All'aumentare della quantità di mitili presenti sul fondo, aumenta il coefficiente di riflessione dell'onda acustica. Poiché, a livello litologico, il fondale si presenta per lo più omogeneo, caratterizzato da un fondale siltoso-argilloso ricco di acqua, le variazioni di facies acustiche di questa zona sono dovute solo alla presenza dei corpi morti, dei filari e della quantità di mitili presenti sul fondo. In particolare si può notare che per i punti 9, 10 e 11 di figura 23, le variazioni in backscatter delle facies acustiche sono direttamente proporzionali alla quantità di mitili presenti sul fondo. Il punto 12 è stato campionato perché particolarmente riflettente sul mosaico e si supponeva potesse essere una zona di accumulo di materiale (figura 20) ed infatti sono presenti gusci di mitili, corpi morti e grossi massi abbandonati. Il punto 7, invece, è stato campionato come "bianco", per avere la conferma della presenza di una facies litologica omogenea per tutta l'area indagata. Il punto 8 è stato campionato perché le facies più scure erano differenti dalle altre presenti sul mosaico, molto più rade e ben allineate tra di loro (Fig 24).

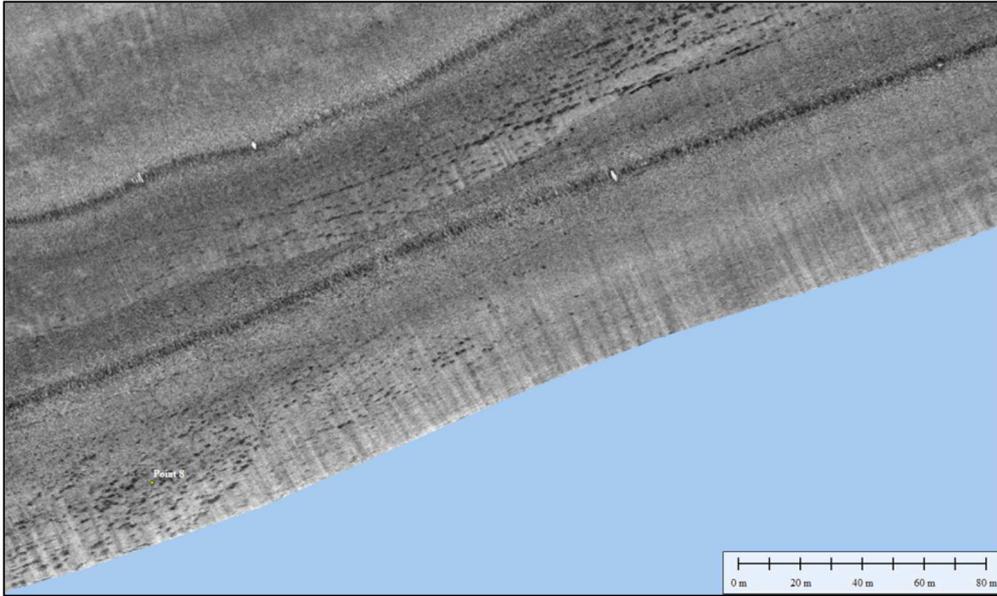


Fig. 24 - Ingrandimento dell'area indagata con *visual census* corrispondente al punto 8.

Il *visual census* ha evidenziato che si tratta sempre di mitili, ma le foto mostrano non dei gusci, ma da accumuli di mitili vivi. Dalle osservazioni si può ritenere che questa facies sia legata alla presenza di piccole colonie di mitili. Sulla base di tali caratteristiche, è stato possibile realizzare una mappa del fondo dell'allevamento di Jesolo composta da quattro facies acustiche:

1. Muddy: fondale siltoso-argilloso.
2. Muddy and mussels: variazione graduale di risposta acustica (un grigio man mano più scuro) direttamente proporzionale alla quantità di mitili presenti sul fondo.
3. Mussels: abbondante accumulo di mitili.
4. Mussels lives: presenza di una colonizzazione di mitili vivi.

Infine, sulla mappa del fondo, sono state anche aggiunti i filari e i corpi morti presenti, che determinano anch'essi, una risposta acustica del mosaico (Fig. 25).

figura 25 – Mappa del fondo finale dell’impianto di mitilicoltura di Jesolo, ricavata con le informazioni morfo-composizionali del multibeam Reson Seabat 7125 e con l’aiuto delle indagini dirette attraverso *visual census*.

