



OLT Offshore LNG Toscana S.p.A.

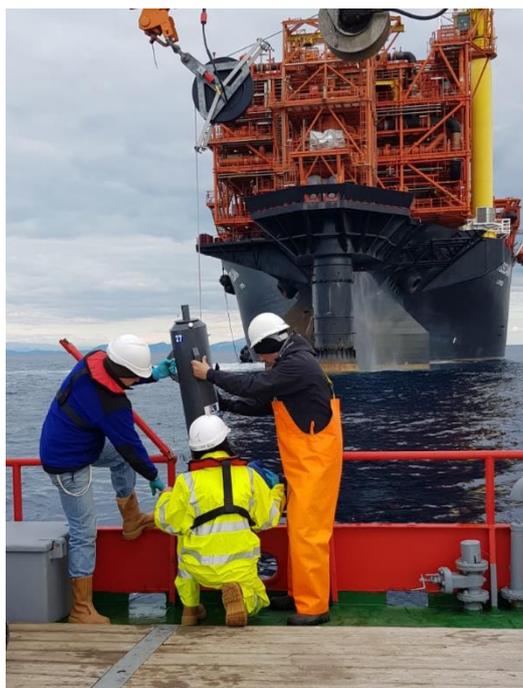


TERMINALE GALLEGGIANTE DI RIGASSIFICAZIONE

FSRU - TOSCANA

Allegato 11

Calcolo del SL alla sorgente applicato alla propagazione di onde a 63, 125 e 12500 Hz per le campagne P20 ed E20 presso la stazione E100



Scopo del documento

In questo documento sono riportati i confronti fra la transmission loss (TL) calcolata mediante il modello "Bellhop" su segnali di 63 Hz, 125 Hz e 12.5 kHz, basandosi sui dati oceanografici di velocità del suono nell'acqua in funzione della profondità della stazione E100. L'intento è valutare, in condizione sia di termoclino superficiale primaverile (campagna P20) che estivo (campagna E20) la differenza della TL prevista alle tre frequenze.

In particolare, è stato valutato il rumore subacqueo a bassa frequenza per le due bande in terzi d'ottava centrate rispettivamente a 63Hz e a 125Hz in ottemperanza alle disposizioni di legge per quel che riguarda il rumore generato da navi (Dlgs. 190/2010 in attuazione della direttiva 2008/56/CE).

Il calcolo della TL è funzionale alla determinazione del source level (SL) del Terminale FSRU-Toscana e verrà conseguentemente confrontato con i seguenti valori soglia così come descritti e dettagliati nel Paragrafo 2.6 del "Piano di Monitoraggio dell'Ambiente Marino – Fase di Esercizio VII report Annuale - Volume 1" e brevemente ripresi di seguito:

- quello di prima risposta comportamentale First Behaviour Response (FBR), diverso per i tre gruppi funzionali acustici (Low Frequency Cetaceans (LFC), Mid Frequency Cetaceans (MFC) ed High Frequency Cetaceans (HFC);
- quelli di barotrauma acustico, suddiviso in Temporary noise-induced Threshold Shift (TTS) e Permanent noise-induced Threshold Shift (PTS), uguali per tutti i cetacei.

Risultati e conclusioni

La TL a 100 m di distanza dalla sorgente presenta minime variazioni fra le frequenze "basse" (63 Hz e 125 Hz) e la frequenza di 12.5 kHz, quest'ultima scelta per i monitoraggi del Terminale negli anni precedenti.

Inoltre, bisogna considerare che allontanandosi dalla sorgente le alte frequenze perdono potenza, con la distanza, abbastanza più rapidamente di quel che succede per quelle basse. Per esempio, considerando la TL riferita alla stazione E20 (estate 2020) E100 a -55 m, si può osservare che mentre a 10 km dalla sorgente le TL delle "basse frequenze" variano da 62.16 dB per 63 Hz (Figura 12) a 62.17 dB per 125 Hz (Figura 13), a 12.5 kHz la TL a 10 km risulta 79.29 dB (Figura 14); ovvero a 12.5 kHz la TL presenta un aumento di quasi 20 dB. Questo significa che andando a monitorare le frequenze più basse, ovvero quelle centrate rispettivamente a 63 Hz e a 125 Hz è legittimo aspettarsi, a parità di intensità di suono emesso (a parità cioè di SL reale), effetti più permanenti in distanza.

Ad integrazione dei risultati espressi graficamente in precedenza e al fine di facilitare il confronto con i valori di soglia individuati dalla letteratura per i cetacei a medio bassa frequenza (FBR, TTS e PTS), si riportano di seguito le seguenti tabelle che mostrano i risultati del calcolo del *source level* (SL) presso l'impianto FSRU-Toscana, a partire dai PSDf *misurati* nella stazione E100 per le campagne P20 ed E20 (vedi nota), e delle corrispondenti TL ricavate con la modellizzazione.

Tabella 1. Tabella del calcolo dei SL per la campagna P20 (in grassetto i superamenti del valore di FBR per i cetacei di medio-bassa frequenza).

Frequenze Analizzate (f) e Quote campionate (z)	PSDf (dB re 1µPa)	TL (dB)	SL (dB re 1µPa @1m)
f = 63 Hz, z = -8m	78,4901	37,54	116,03
f = 63 Hz, z = -55m	88,6199	36,67	125,29
f = 125 Hz, z = -8m	79,0829	37,54	116,62
f = 125 Hz, z = -55m	89,0008	36,67	125,67
f = 12,5 kHz, z = -8m	43,5992	37,72	81,32
f = 12,5 kHz, z = -55m	54,5631	36,84	91,40

Tabella 2. Tabella del calcolo dei SL per la campagna E20 (in grassetto i superamenti del valore di FBR per i cetacei di medio-bassa frequenza).

Frequenze Analizzate (f) e Quote campionate (z)	PSDf (dB re 1µPa)	TL (dB)	SL (dB re 1µPa @1m)
f = 63 Hz, z = -8m	78,0626	37,32	115,38
f = 63 Hz, z = -55m	92,3951	39,42	131,81
f = 125 Hz, z = -8m	81,883	37,32	119,20
f = 125 Hz, z = -55m	84,2223	39,42	123,64
f = 12,5 kHz, z = -8m	51,803	37,49	89,29
f = 12,5 kHz, z = -55m	52,3705	39,59	91,96

Dall'osservazione delle tabelle emerge che il rumore alla sorgente calcolato alle frequenze di 63 Hz e 125 Hz, in ottemperanza alle disposizioni di legge per quel che riguarda il rumore generato da navi (Dlgs. 190/2010 in attuazione della direttiva 2008/56/CE), risulta ben al di sotto delle soglie dei danni temporali o permanenti (TTS e PTS) per il sistema uditivo dei mammiferi marini, indipendentemente dalla loro classificazione, mentre risulta superiore ai valori di prima risposta comportamentale FBR descritti nelle linee guida ISPRA per i cetacei a bassa e media frequenza in presenza di rumori non impulsivi (tipo navi). Tuttavia, risulta evidente che già a 100 m dalla sorgente (considerata puntiforme), per entrambe le campagne analizzate, sia al di sopra sia al di sotto del termoclino, non si verifica nessun superamento (i valori risultano ben al di sotto dei valori soglia FBR).

Nota: I valori di PSDf sono ottenuti dai grafici di Figura 49, 50, 70 e 71 dell'Allegato 10, contenente tutti i risultati per le bande in terzi d'ottava per tutte le quote campionate nelle campagne di monitoraggio del VII anno.

Campagna P20 (Primavera del 2020, VII anno)

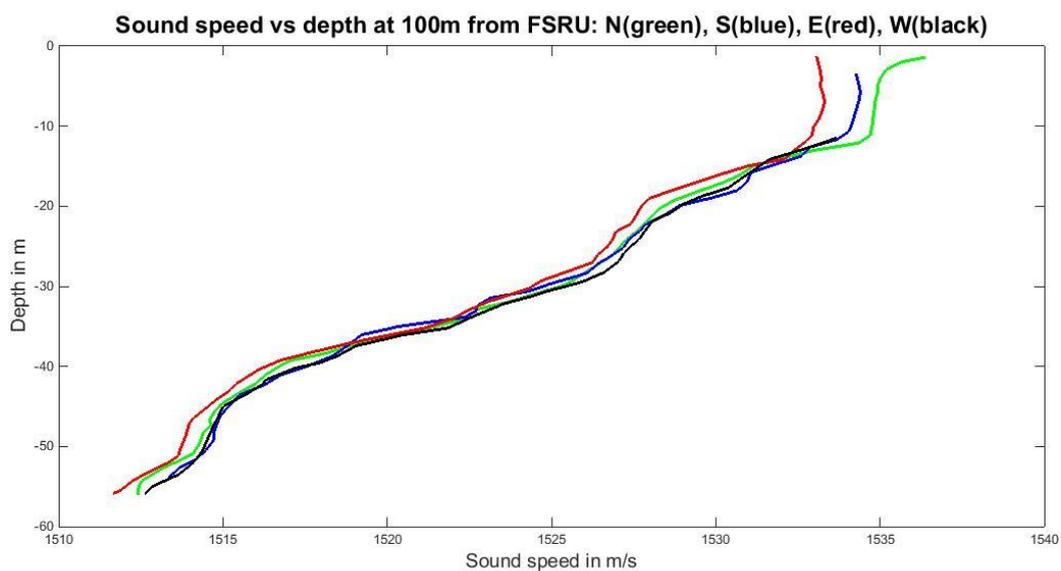


Figura 1. Profili di velocità del suono in funzione della profondità misurati nelle stazioni a 100m dal terminale nella campagna di misura P20 (Primavera del 2020). Il gradiente della $C_s(z)$ è piuttosto regolare: si nota uno scalino ripido attorno a -10m, con un gradiente $\Delta C_s = -20 \text{ m/s}$ fra una profondità di 10 m ed una di 50 m.

- **Stazione P20 E100 a -8 m**

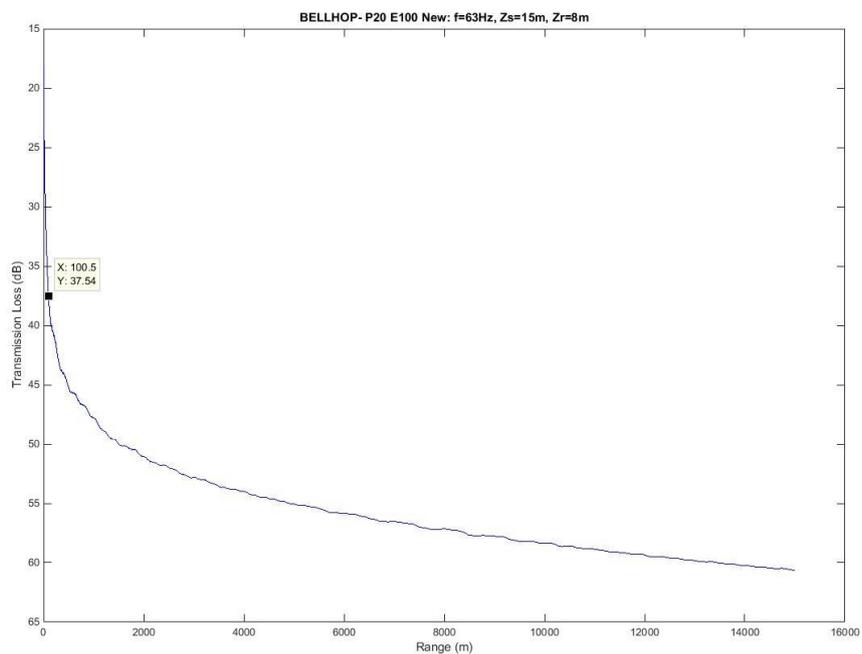


Figura 2. TL in funzione della distanza dalla verticale della sorgente per segnali a 63 Hz alla profondità di 8 m, secondo i dati oceanografici della stazione P20 E100. Vale: $TL(63 \text{ Hz}, 8 \text{ m}) = 37.54 \text{ dB}$.

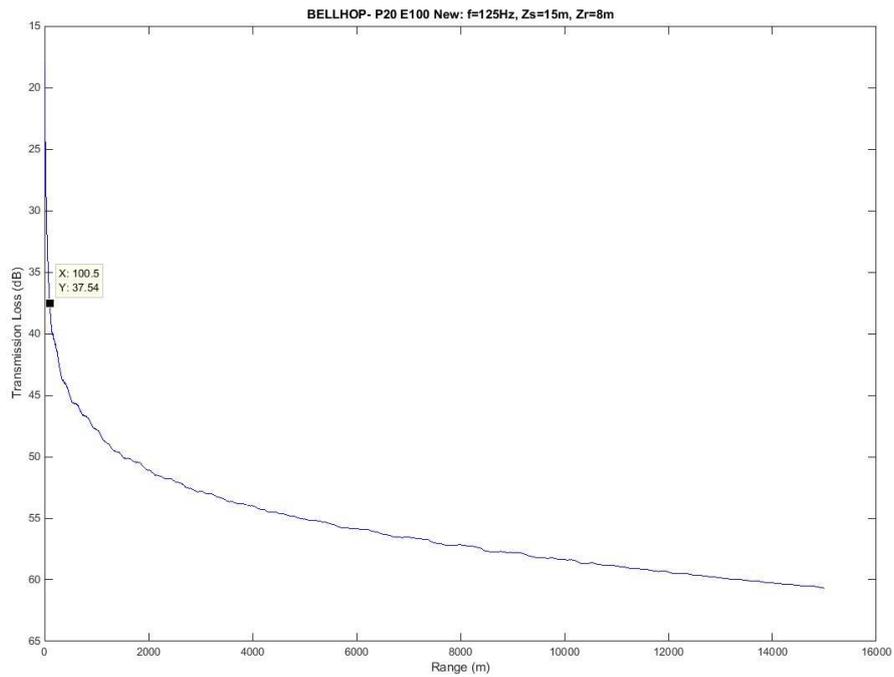


Figura 3. TL in funzione della distanza dalla verticale della sorgente per segnali a 125 Hz alla profondità di 8 m, secondo i dati oceanografici della stazione P20 E100. Vale: $TL(125 \text{ Hz}, 8 \text{ m}) = 37.54 \text{ dB}$ (entro la sensibilità del calcolo, come per 63 Hz).

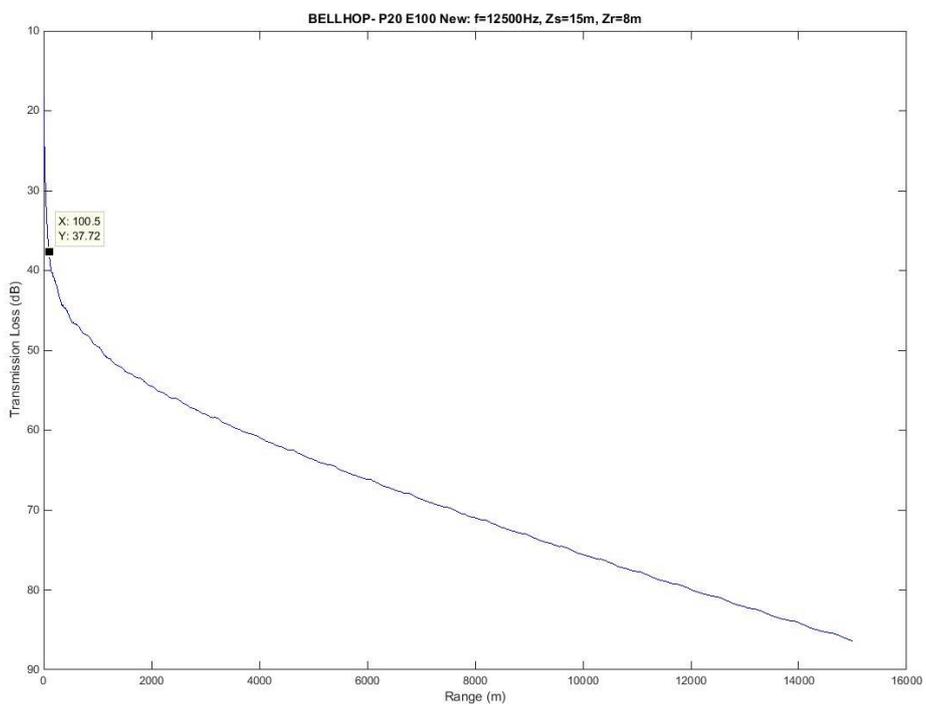


Figura 4. TL in funzione della distanza dalla verticale della sorgente per segnali a 12,5 kHz alla profondità di 8 m, secondo i dati oceanografici della stazione P20 E100. Vale: $TL(12.5 \text{ kHz}, 8 \text{ m}) = 37.72 \text{ dB}$ (entro la sensibilità del calcolo, non si cambia davvero molto rispetto ai segnali a 63 Hz ed a 125 Hz)

- Stazione P20 E100 a -55 m

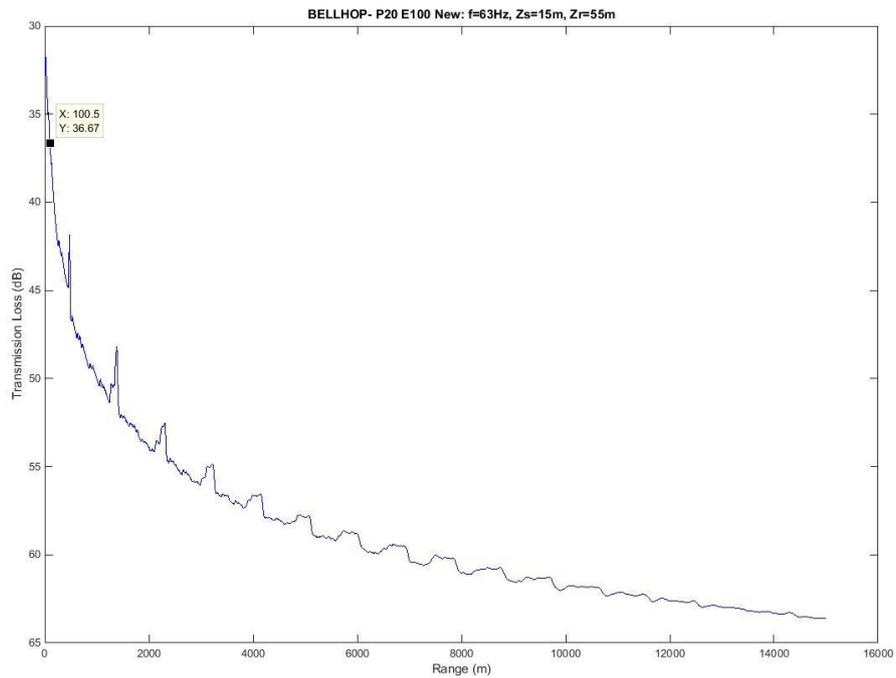


Figura 5. TL in funzione della distanza dalla verticale della sorgente per segnali a 63 Hz alla profondità di 55 m, secondo i dati oceanografici della stazione P20 E100. Vale: $TL(63 \text{ Hz}, 55 \text{ m}) = 36.67 \text{ dB}$, non molto diversamente da ciò che succedeva a 8 m di profondità.

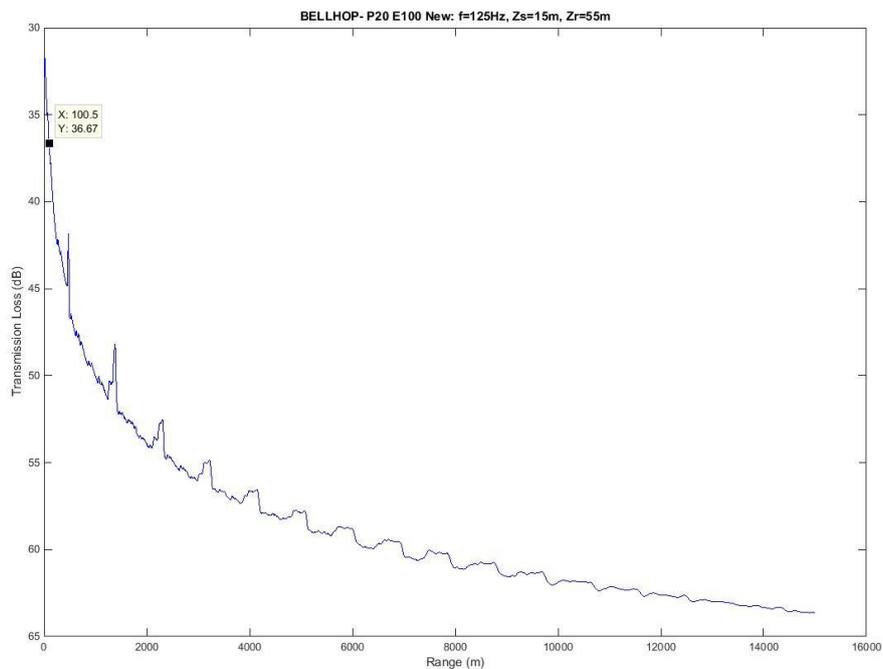


Figura 6. TL in funzione della distanza dalla verticale della sorgente per segnali a 125 Hz alla profondità di 55 m, secondo i dati oceanografici della stazione P20 E100. Vale: $TL(125 \text{ Hz}, 55 \text{ m}) = 36.67 \text{ dB}$, la stessa cosa che si trova per un segnale a 63 Hz.

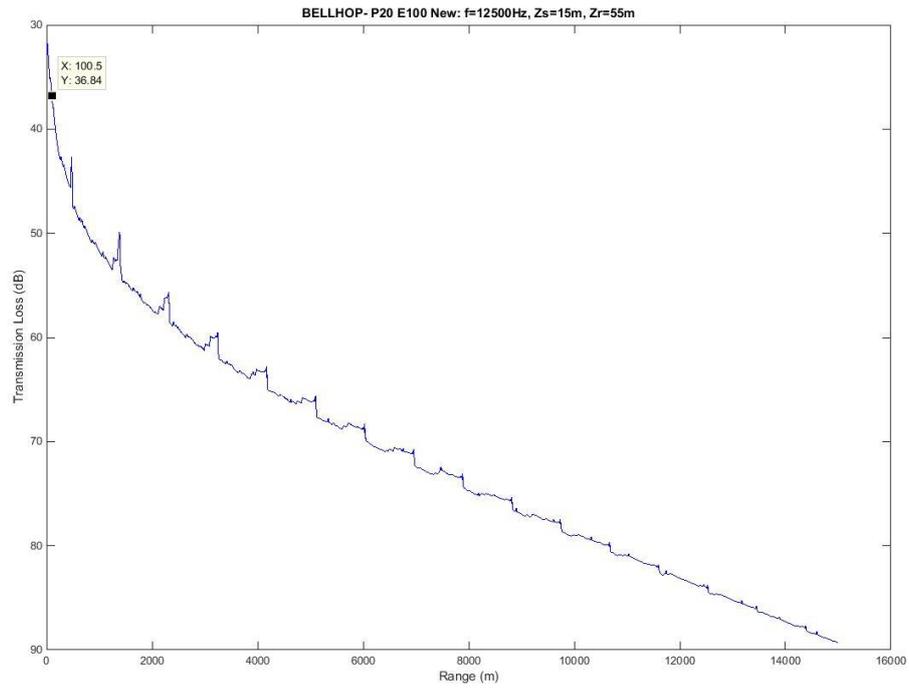


Figura 7. TL in funzione della distanza dalla verticale della sorgente per segnali a 12.5 kHz alla profondità di 55 m, secondo i dati oceanografici della stazione P20 E100. Vale: $TL(12.5 \text{ kHz}, 55 \text{ m}) = 36.84 \text{ dB}$, veramente molto simile a quanto accade per la propagazione dei segnali alle "basse" frequenze di 63 Hz e di 125 Hz.

Campagna E20 (Estate del 2020, VII anno)

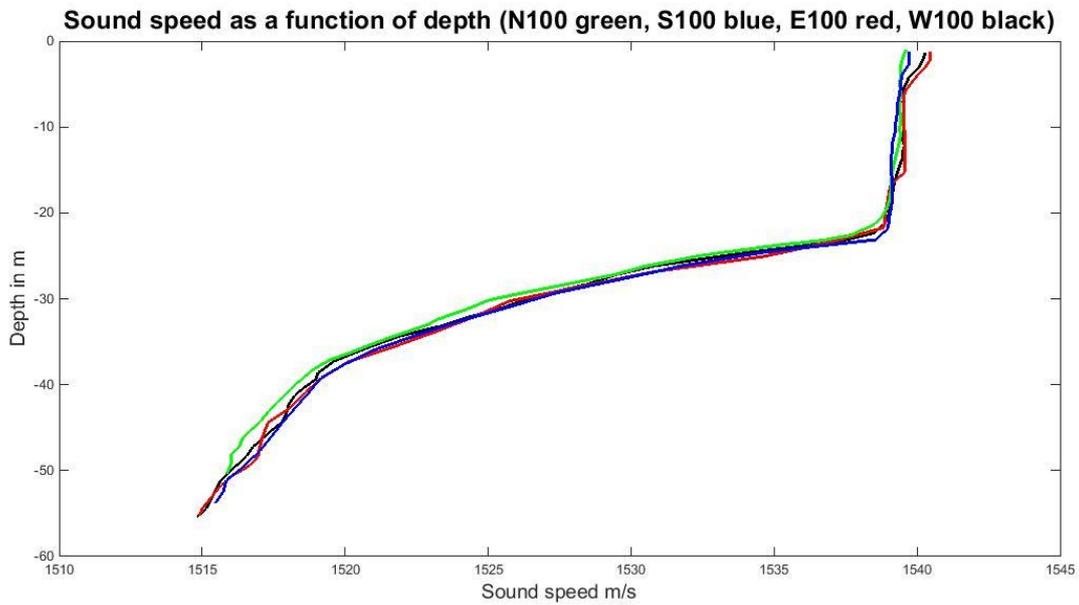


Figura 8. Profili di velocità del suono in funzione della profondità misurati nelle stazioni a 100m dal terminale nella campagna di misura E20 (Estate del 2020). Il gradiente della $C_s(z)$ fra una profondità di 10 m e di 50 m è $\Delta C_s = -25 \text{ m/s}$, un po' maggiore di quel che avveniva in primavera (vedi Figura 1), e soprattutto la struttura della dipendenza $C_s(z)$ è diversa, con velocità del suono quasi costante fino a -20 m (termocline superficiale estivo).

- **Stazione E20 E100 a -8 m**

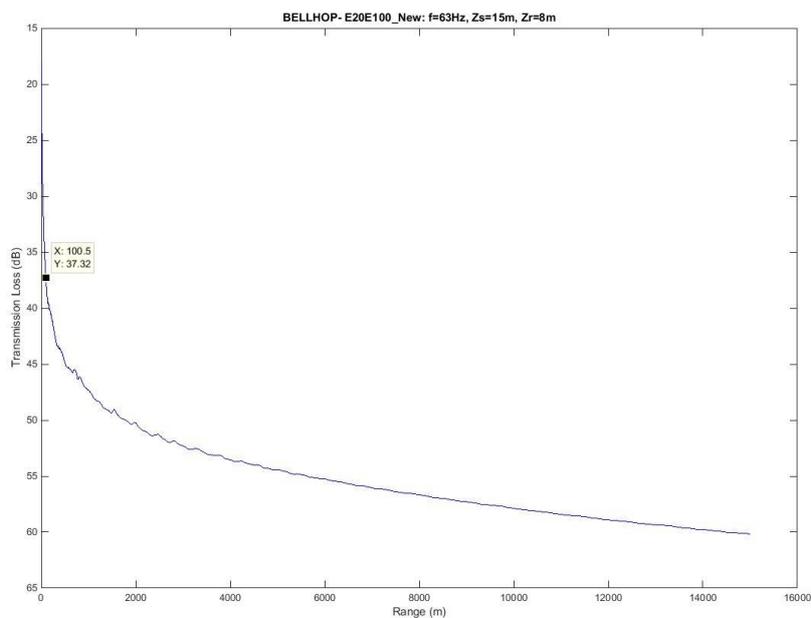


Figura 9. TL in funzione della distanza dalla verticale della sorgente per segnali a 63 Hz alla profondità di 8 m, secondo i dati oceanografici della stazione E20 E100. Vale: $TL(63 \text{ kHz}, 8 \text{ m}) = 37.32 \text{ dB}$.

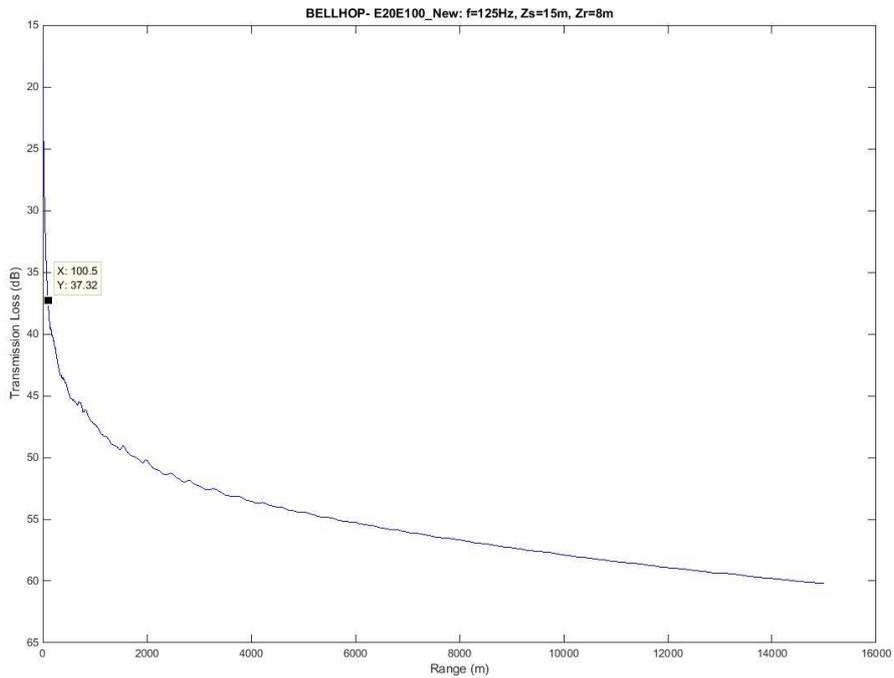


Figura 10. TL in funzione della distanza dalla verticale della sorgente per segnali a 125 Hz alla profondità di 8 m, secondo i dati oceanografici della stazione E20 E100. Vale: $TL(125\text{ kHz}, 8\text{ m}) = 37.32\text{ dB}$, come succedeva per i segnali a 63 Hz, entro il limite di sensibilità del modello.

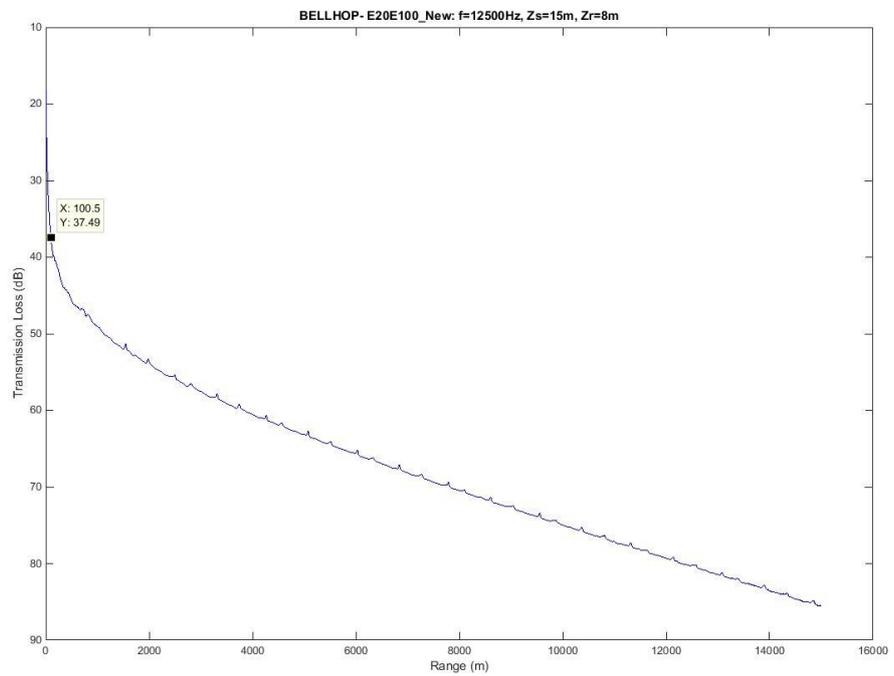


Figura 11. TL in funzione della distanza dalla verticale della sorgente per segnali a 12.5 kHz alla profondità di 8 m, secondo i dati oceanografici della stazione E20 E100. Vale: $TL(12.5\text{ kHz}, 8\text{ m}) = 37.49\text{ dB}$, non molto dissimilmente a quel che succede per i segnali a "bassa frequenza" di 63 Hz o di 125 Hz.

- Stazione E20 E100 a -55 m

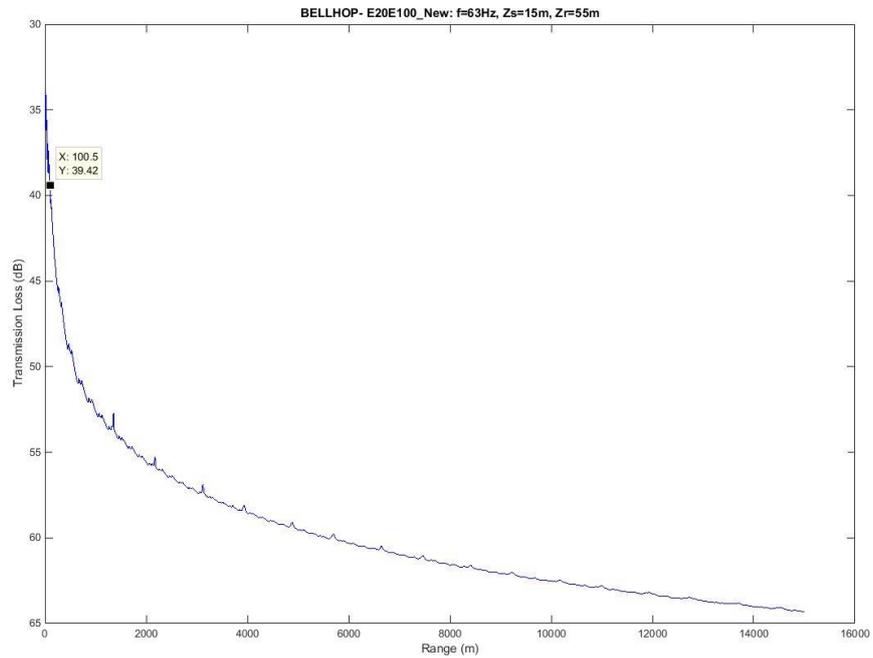


Figura 12. TL in funzione della distanza dalla verticale della sorgente per segnali a 63 Hz alla profondità di 55 m, secondo i dati oceanografici della stazione E20 E100. Vale: $TL(63 \text{ Hz}, 55 \text{ m}) = 39.42 \text{ dB}$.

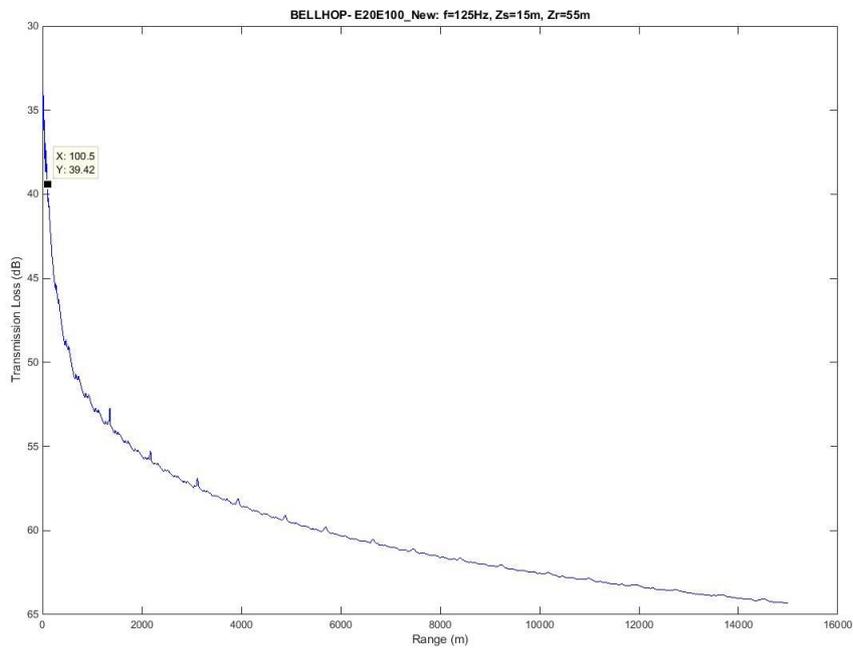


Figura 13. TL in funzione della distanza dalla verticale della sorgente per segnali a 125 Hz alla profondità di 55 m, secondo i dati oceanografici della stazione E20 E100. Vale: $TL(125 \text{ Hz}, 55 \text{ m}) = 39.42 \text{ dB}$, come per segnali a 63 Hz, nei limiti della sensibilità del metodo.

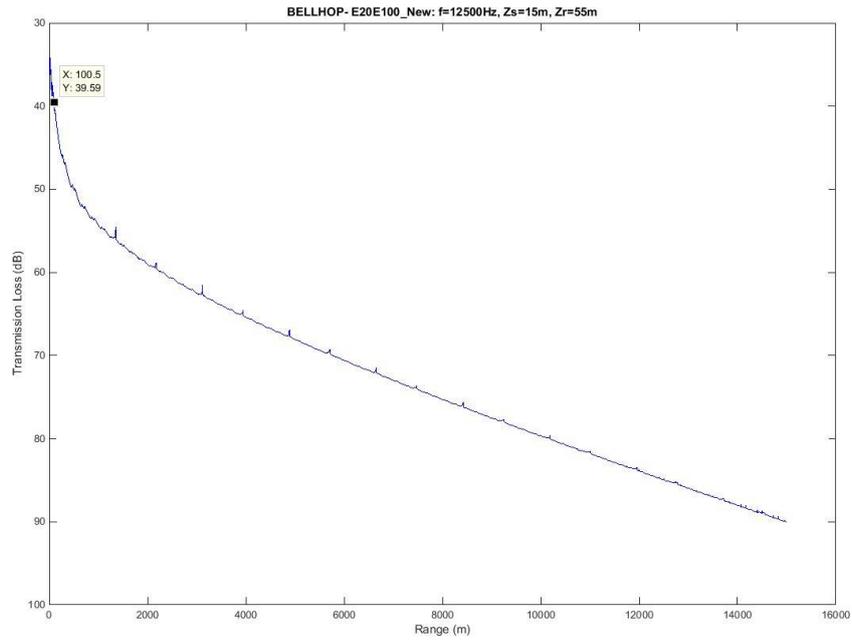


Figura 14. TL in funzione della distanza dalla verticale della sorgente per segnali a 12.5 kHz alla profondità di 55 m, secondo i dati oceanografici della stazione E20 E100. Vale: $TL(12.5\text{ kHz}, 55\text{ m}) = 39.59\text{ dB}$, quindi si può concludere che anche nella condizione di termoclino superficiale estivo non si ha apprezzabile variazione fra i 12.5 kHz e le "basse frequenze", in quanto a TL a 100 m dal terminale FSRU-Toscana.

