

## PROGETTO ESECUTIVO

CUP C31H20000060001

CIG 8934474130

RIF. PERIZIA

2879 FASE 2

### TITOLO PROGETTO

Adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di Genova Sestri Ponente

### TITOLO ELABORATO

SCALA

0008

**Studio Modello Matematico Rumore Subacqueo  
Impatti Cumulati**

-

COD. PROG	AMBITO	OPERA	DISCIPLINA	FASE	ELAB.N°	REV.	NOME FILE
2879-F2	GE	N	B	PE	0008	C0	2879-F2-GE-N-B-PE-0008-C0.docx

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
C0	16/12/2022	Emissione per approvazione	Vari	G. Migliorino	A. Scotti

UFFICIO DIREZIONE LAVORI  
RINA CONSULTING S.p.A.



Direttore Lavori: Ing. Alessandro Aliotta  
C. S. E.: Ing. Emilio Puppo

COORD. PROGETTUALE E SUPP. TECNICO-GESTIONALE  
RINA CONSULTING S.p.A.



Impresa Appaltatrice: A.T.I.

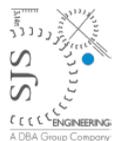


Consorzio Stabile Grandi Lavori Scrl  
Piazza del Popolo 18  
00187 Roma

Imprese consorziate esecutrici:



Progettista Indicato: R.T.P.



Responsabile dell'integrazione delle prestazioni specialistiche:  
Ing. Alberto Scotti

Progettazione specialistica:  
Ing. Guglielmo Migliorino

D.E.C.	VERIFICATORE	VALIDATO R.U.P.	IL RESP. DELL'ATTUAZIONE
Geom. Simone Bruzzese	R.T. Conteco Check S.r.l. RINA Check S.r.l.	Ing. Marco Vaccari	Dott. Umberto Benezzoli

## INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	TERMINOLOGIA E DEFINIZIONI .....	3
3	CARATTERIZZAZIONE DEL RUMORE AMBIENTALE E DELLE SORGENTI ACUSTICHE	
	4	
3.1	Livelli sonori ambientali .....	4
3.2	Livelli di pressione sonora della vibroinfrasonica, del dragaggio e della movimentazione dei mezzi navali	5
4	MODELLIZZAZIONE DELLA PROPAGAZIONE E DELLE DISTANZE DI IMPATTO .....	5
4.1	3.1 Metodologia e analisi.....	5
4.2	Risultati.....	13
4.2.1	Propagazione acustica lungo il transetto S1-S11 .....	13
4.2.2	Sound Pressure Level (root mean square) Lp,rms .....	16
4.2.3	Sound Exposure Level (pesato) LE,p,24h .....	18
5	CONCLUSIONI.....	23
6	BIBLIOGRAFIA.....	24

### ATI:



Imprese Consorziate Esecutrici



### RTP:



## 1 **PREMESSA**

Il presente documento riporta i risultati dell'indagine acustica condotta per:

stimare i livelli di rumore generato dalle attività di vibroinfissione di pali/palancole, il dragaggio e la movimentazione di mezzi navali nell'ambito dei lavori di adeguamento del porto industriale di Genova Sestri Ponente;

modellizzare la propagazione del rumore, al fine di esaminare le potenziali distanze di impatto sulla componente biologica cetacei.

L'indagine ha previsto la realizzazione delle seguenti attività:

La caratterizzazione dei livelli sonori ambientali e delle principali sorgenti di rumore;

La modellizzazione della propagazione del rumore nell'area dei lavori e la stima delle distanze di impatto sulle specie di cetacei.

Queste attività sono state condotte utilizzando le metodologie più comunemente impiegate in quest'ambito e seguendo i criteri indicati nella recente letteratura di riferimento (e.g. British Columbia Environmental Assessment Office, 2016; Buehler et al., 2015; Jiménez-Arranz et al., 2020; van Geel et al., 2022), in linea con le considerazioni del Technical Subgroup on Underwater Noise and other Forms of Energy (TSG-Noise, 2012; ISPRA, 2013).

In (1) si riportano:

i risultati sintetici delle analisi acustiche dei dati di rumore ambientale raccolti il 14 e 15 novembre 2022 nell'area del porto industriale di Genova Sestri Ponente;

i dati bibliografici (e.g., UNEP-CBD, 2012) utili a definire le principali proprietà acustiche delle sorgenti e gli spettri tipicamente associati alle diverse attività.

Data la natura delle sorgenti acustiche qui considerate e le caratteristiche specifiche del sito, in (2) si descrivono:

i risultati dell'applicazione del modello RAMsGeo implementato utilizzando i dati raccolti il 14 e 15 novembre 2022 nell'area del porto industriale di Genova Sestri Ponente (transetto lineare che include le stazioni di campionamento S1-S11) per la stima della propagazione acustica delle frequenze centrate nella banda di un terzo di ottava a 63 Hz e 125 Hz, in accordo con le indicazioni MSFD (Dekeling et al., 2014);

i risultati della "pesatura" dei livelli delle sorgenti attraverso funzioni di ponderazione specifiche per le specie di cetacei divise per prassi in due gruppi uditivi funzionali o Hearing groups (LF=low frequency e HF=high frequency; Southall et al., 2019) e della relazione con le soglie delle specie;

i livelli di pressione sonora Sound Pressure Level root mean square ( $L_{p,rms}$  dB re 1  $\mu$ Pa) per i due gruppi uditivi funzionali LF e HF, sia per ogni singola sorgente (vibroinfissione, dragaggio e movimentazione dei mezzi navali) che cumulato ipotizzando la presenza contemporanea delle tre sorgenti  $L_{p,rms,cum}$ ;

i livelli pesati di esposizione sonora Sound Exposure Level ( $LE_{p,24h}$  dB re 1  $\mu$ Pa<sup>2</sup> s stimati prima singolarmente per ciascuna delle sorgenti (vibroinfissione, dragaggio e movimentazione dei mezzi navali) e poi in modo cumulato nelle 24 ore massime di lavoro previste ( $LE_{p,24h,cum}$ ) per ciascuno dei due gruppi

### ATI:



Consorzio Stabile  
Grandi Lavori S.c.r.l.

Imprese Consorziate Esecutrici



FINCOSIT



CONSORZIO  
INTEGRA



### RTP:



uditivi funzionali di cetacei (LF e HF) al fine di tener conto dell'energia acustica totale a cui sono esposte le specie nel corso delle 24 ore;

le mappe delle aree di impatto potenziale in relazione alla distanza dalle sorgenti all'interno del porto in cui i livelli  $L_{p,rms}$  possono determinare una risposta comportamentale e i livelli complessivi  $LE_{p,24h}$  nelle 24 ore raggiungono valori corrispondenti alle condizioni di effetti potenziali (cambiamento irreversibile o reversibile nella soglia uditiva) sulle specie di cetacei.

## 2 TERMINOLOGIA E DEFINIZIONI

La terminologia tecnica qui utilizzata si riferisce alla ISO 18405:2017, che definisce i termini e le espressioni impiegate nel campo dell'acustica subacquea, compresi i suoni naturali, biologici e antropogenici ([www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:18405:ed-1:v1:en](http://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:18405:ed-1:v1:en)).

In Tabella 1 è riportata la lista dei termini presenti in questo documento.

Termine	Definizione	Descrizione
Sound Pressure Level (root mean square) (SPL)	$(L_{p,rms})$ dB re 1 $\mu$ Pa	$L_{p,rms}$ è il rapporto in decibel tra la pressione sonora quadratica media in tutta la banda di frequenza ( $p^2$ ), e il quadrato della pressione sonora di riferimento che per il suono nell'acqua è un micropascal ( $p_0 = 1 \mu Pa$ ) (ANSI S1.1-1994 R2004)
Sound Pressure Level (peak)	$(L_{p,pk})$ dB re 1 $\mu$ Pa	$L_{p,pk}$ è il rapporto in decibel tra il valore della pressione di picco $p_{pk}$ (modulo del più grande valore di pressione ottenuta nell'intervallo di tempo considerato) e la pressione sonora di riferimento che per il suono nell'acqua è un micropascal ( $p_0 = 1 \mu Pa$ ) (ANSI S1.1-1994 R2004)
Sound Exposure Level (SEL)	$(LE_{p})$ dB re 1 $\mu Pa^2 s$	$LE_{p}$ è il rapporto in decibel tra l'integrale nel tempo del quadrato della pressione misurata nell'intervallo di tempo considerato ( $E_p$ ), e il valore di riferimento che per il suono nell'acqua è ( $E_{p,0} = 1 \mu Pa^2 s$ )
Sound Exposure Spectral Density Level	$(LE_{f,c})$ dB re 1 $\mu Pa^2 s$	$LE_{f,c}$ è il rapporto in decibel tra l'integrale nel tempo del quadrato della pressione misurata nell'intervallo di tempo considerato e nella banda di un terzo di ottava centrata alla frequenza $f_c$ ( $E_{p,f,c}$ ), e il valore di riferimento che per il suono nell'acqua è ( $E_{p,0} = 1 \mu Pa^2 s$ )
Source Level (SL)	(SL) dB re 1 $\mu Pa^2 m^2$	$SL$ o $L_S$ è il rapporto in decibel tra il fattore a sorgente, $F_s = r^2 p^2$ e il valore di riferimento $F_{s,0} = 1 \mu Pa^2 m^2$ .
Transmission Loss (TL)	(TL) dB	E' la riduzione di un livello specificato tra due punti specificati $x_1$ e $x_2$ che sono all'interno di un campo acustico subacqueo. In forma di formula $\Delta L_{TL} = L(x_1) - L(x_2)$ , dove $L(x)$ è il livello specificato nella posizione $x$ . Per convenzione, $x_1$ è scelto per essere più vicino alla fonte del suono rispetto a $x_2$ , in modo che la trasmissione persa sia una quantità positiva. TL è espresso in decibel (dB) e, in questo caso, TL è anche stimato per ciascuna frequenza nella banda di un terzo di ottava.

### ATI:



Consorzio Stabile  
Grandi Lavori S.c.r.l.

Imprese Consorziate Esecutrici



FINCOSIT



CONSORZIO  
INTEGRA



### RTP:



<i>Behavioural Hearing Threshold</i>	dB	E' il livello minimo di un segnale sonoro specificato che è in grado di evocare in una specie una sensazione uditiva misurabile da un punto di vista comportamentale in una determinata frazione di prove, per un soggetto specifico e per condizioni specifiche, compresa la geometria di misurazione. La soglia uditiva comportamentale è espressa in decibel (dB)
<i>Hearing Threshold Shift</i>	dB	E' un cambiamento nella soglia uditiva comportamentale ( <i>Behavioural Hearing Threshold</i> )
<i>Permanent Hearing Threshold Shift (PTS)</i>	(PTS) dB	E' un cambiamento irreversibile nella soglia uditiva comportamentale
<i>Temporary Hearing Threshold Shift (TTS)</i>	(TTS) dB	E' un cambiamento temporaneo (reversibile) nella soglia uditiva comportamentale

Tabella 1. Lista dei termini e delle espressioni di acustica subacquea utilizzati in questo documento (ref. ISO 18405:2017).

### 3 CARATTERIZZAZIONE DEL RUMORE AMBIENTALE E DELLE SORGENTI ACUSTICHE

#### 3.1 Livelli sonori ambientali

I livelli sonori ambientali sono stati stimati nell'area di studio analizzando le registrazioni acustiche effettuate il 14 e 15 novembre 2022 in assenza delle lavorazioni previste nel progetto di adeguamento del porto industriale di Genova Sestri Ponente. I dettagli di questa indagine sono inclusi nell'Allegato 1. Le analisi hanno evidenziato:

- livelli di Sound Pressure Level (root mean square)  $L_{p,rms}$  (dB re 1  $\mu$ Pa) compresi in media tra 98 e 114;
- livelli di Sound Pressure Level (peak)  $L_{p,pk}$  (dB re 1  $\mu$ Pa) compresi in media tra 113 e 126;
- livelli medi di Sound Exposure Level  $LE,p$  (dB re 1  $\mu$ Pa<sup>2</sup> s) che non mostrano trend particolari in relazione ai diversi campionamenti nei siti di registrazione;
- livelli di Sound Exposure Level  $LE,fc$  (dB re 1  $\mu$ Pa<sup>2</sup> s) nella banda di un terzo di ottava centrata a 63Hz più elevati rispetto a quella centrata a 125 Hz;
- livelli di Power Spectrum Density  $L_{p,fc}$  stimati nelle bande di un terzo di ottava centrate a 63Hz e 125Hz hanno valori inferiori presso i siti di registrazione esterni al porto (St10, St11, St12) rispetto a quelli interni.

E' da sottolineare che la campagna di misure acustiche è stata effettuata in condizioni di traffico navale più intenso nel corso dei campionamenti del 14 novembre, con una movimentazione cospicua di natanti a motore (da diporto) di piccole, medie e grandi dimensioni, di imbarcazioni a vela che navigavano a motore, di mezzi da lavoro in spostamento in alcune fasi di registrazione (rimorchiatori e draghe) e di grosse navi ormeggiate presso i terminali. Il 15 novembre non è stato riscontrato il traffico di imbarcazioni del giorno

#### ATI:



#### RTP:



precedente, pur rilevando i movimenti di rimorchiatori e di una draga in alcune fasi di registrazione, e la presenza delle grandi navi ormeggiate presso i terminali.

### 3.2 Livelli di pressione sonora della vibroinfissione, del dragaggio e della movimentazione dei mezzi navali

I dati relativi ai livelli di pressione sonora prodotti dalla vibroinfissione, dal dragaggio e dalla movimentazione di mezzi navali sono stati ricavati dalla letteratura. In particolare:

- L'infissione di piccoli pali e palancole attraverso la vibro-palificazione (vibro pile-driving) genera un rumore continuo, con livelli tipici a sorgente che raggiungono Sound Pressure Level (root mean square)  $L_{p,rms,v}$  di 160-200 dB re 1  $\mu$ Pa, e la maggior parte dell'energia tra 100 Hz e 2 kHz (Government of South Australia, 2012; UNEP-CBD, 2012; Küsel et al., 2022).
- I livelli di rumore derivanti dal dragaggio raggiungono valori di Sound Pressure Level (root mean square)  $L_{p,rms,d}$  compresi tra 168 e 186 dB re 1  $\mu$ Pa (UNEP-CBD, 2012; Warner et al., 2019). Sono tipicamente a bassa frequenza (<1 kHz), con la maggior parte dell'energia tra 50 e 500 Hz.
- I livelli di rumore generati dalla navigazione di mezzi da lavoro dipendono dal tipo di nave/imbarcazione che si muove (Warner et al., 2019). Grandi navi generano livelli tipici a sorgente che raggiungono Sound Pressure Level (root mean square)  $L_{p,rms,m}$  di 180-190 dB re 1  $\mu$ Pa, i rimorchiatori di 171 dB re 1  $\mu$ Pa (range 160-180), e i supply vessel di 181 (range 180-190), tutti con la maggior parte dell'energia <1 kHz (UNEP-CBD, 2012; MacGillivray et al., 2018; McPherson et al., 2019; Warner et al., 2019).

## 4 MODELLIZZAZIONE DELLA PROPAGAZIONE E DELLE DISTANZE DI IMPATTO

### 4.1 3.1 Metodologia e analisi

Il modello di propagazione RAMsGeo è stato implementato in base delle informazioni relative alle misure acustiche effettuate il 14 e 15 novembre 2022 e a quelle ottenute dalla letteratura considerando le proprietà delle sorgenti di rumore (frequenze caratteristiche e profondità) e dei percorsi di propagazione (profondità del fondale in funzione della distanza, velocità del suono nella colonna d'acqua stimata secondo la formula empirica di MacKenzie (1981) come funzione della temperatura, salinità e profondità) in base alle caratteristiche del fondale. RAMsGeo è una delle versioni di Range-Dependent Acoustic Model (RAM) adatto a modellare la propagazione del rumore a bassa frequenza nei fondali entro la scarpata continentale (ISPRA, 2012).

Al fine di assicurare trasparenza di impiego, ripetibilità metodologica e comparazione dei risultati (Robinson et al., 2014) il modello di propagazione è stato prodotto utilizzando la suite open-source AcTUP v.2.2, distribuita da Center for Marine Science and Technology (CMST) – Curtin University of Technology, Australia (<http://cmst.curtin.edu.au>). AcTUP v.2.2. permette l'impiego di numerosi modelli, incluse diverse versioni di Range-Dependent Acoustic Model, è eseguita in ambiente Matlab e ha diverse funzioni post-processing per la visualizzazione dei risultati.

#### ATI:



Consorzio Stabile  
Grandi Lavori S.c.r.l.

Imprese Consorziate Esecutrici



FINCOSIT



CONSORZIO  
INTEGRA



#### RTP:



La modellazione della propagazione si è basata su uno spettro di frequenza in bande di 1/3 di ottava (Hz) in grado di coprire l'energia principale emessa durante le attività di vibroinfissione, di dragaggio e di movimentazione di mezzi navali (e.g. rimorchiatori).

Come già indicato in premessa, date le caratteristiche delle sorgenti di rumore previste, le grandezze acustiche qui considerate sono:

Sound Pressure Level (root mean square)  $L_{p,rms}$

Sound Exposure Level  $L_{E,p}$

Si faccia riferimento ai precedenti report per il calcolo di tali grandezze.

La stima della distribuzione spaziale delle grandezze acustiche *Sound Pressure Level (root mean square)*  $L_{p,rms}$  e *Sound Exposure Level*  $L_{E,p}$  è stata effettuata utilizzando la *Transmission Loss* ( $TL_i$ ) stimata da modello per ogni banda di un terzo di ottava presente nello spettro di frequenza della sorgente.

Per ogni frequenza è stato stimato il livello sonoro *Sound Level* (SL) in funzione della distanza secondo la seguente relazione

$$Sound\ Level_f = SL_f - TL_f$$

Dove  $SL_f$  è il valore di *Source Level* per ogni frequenza di un terzo di ottava ad 1 metro dalla sorgente (@1m). Come *Source Level* per ogni sorgente è stata utilizzata una tipica distribuzione in bande di un terzo di ottava dei livelli (British Columbia Environmental Assessment Office, 2016) compatibile con quella ipotizzata nei lavori di adeguamento del porto industriale di Genova Sestri Ponente.

Il valore di *Sound Pressure Level (root mean square)*  $L_{p,rms}$  in funzione della distanza è stato ottenuto utilizzando la seguente relazione:

$$L_{p,rms} = 10 \log_{10} \left( \sum_f 10^{0.1 \text{ Sound Level}_f} \right)$$

Il valore di *Sound Pressure Level (root mean square)*  $L_{p,rms,cum}$  complessivo ottenuto da tutte le sorgenti operanti contemporaneamente, è stato calcolato attraverso la seguente relazione:

$$L_{p,rms,cum} = 10 \log \left( 10^{0.1 L_{p,rms,v}} + 10^{0.1 L_{p,rms,d}} + 10^{0.1 L_{p,rms,m}} \right)$$

$L_{E,p}$  per ogni sorgente è stato stimato attraverso la seguente relazione considerando un rumore approssimativamente continuo:

$$L_{E,p} = L_{p,rms} + 10 \log_{10} (\text{Tempo}(s))$$

Si è quindi associato un valore di  $L_{p,rms}$  rappresentativo delle attività a tutto il periodo di tempo necessario alla loro realizzazione (Tempo(s)). In questa indagine, il valore  $L_{E,p,24h,cum}$  complessivo ottenuto per le sorgenti considerate (vibroinfissione, dragaggio e movimentazione dei mezzi navali) è stato stimato a scala giornaliera nelle 24 ore (stimando in modo conservativo 8 ore di vibroinfissione, 8 ore di dragaggio e 12 ore di movimentazione dei mezzi navali, con fasi di sovrapposizione tra queste attività) attraverso la seguente relazione:

$$L_{E,p,24h,cum} = 10 \log \left( 10^{0.1 L_{E,p,24h,v}} + 10^{0.1 L_{E,p,24h,d}} + 10^{0.1 L_{E,p,24h,m}} \right)$$

Per quanto riguarda le proprietà acustiche delle sorgenti, per i dati di input del modello si è fatto riferimento ai valori riportati nel precedente paragrafo relativi ai livelli tipicamente associati alle attività di vibroinfissione, dragaggio e movimentazione di mezzi navali mantenendo un approccio conservativo. Per la modellazione della vibroinfissione è stato quindi scelto un valore di riferimento di *Sound Pressure Level (root mean*

#### ATI:



Consorzio Stabile  
Grandi Lavori S.c.r.l.

Imprese Consorziate Esecutrici



FINCOSIT



CONSORZIO  
INTEGRA



#### RTP:



square)  $L_{p,rms}$  a sorgente di 195.6 dB, per il dragaggio di 182 db e per la movimentazione dei mezzi navali di 185.8 db.

Gli altri parametri di input del modello sono stati:

- Posizione delle sorgenti: approssimativamente il punto della stazione S1 dove sono stati effettuati i campionamenti acustici del 14 e 15 novembre 2022;
- Profondità delle sorgenti: 10 metri, ovvero una profondità mediamente presente all'interno del porto industriale;
- Distanza massima dalla sorgente: 5000 metri;
- Frequenza in bande di 1/3 di ottava (Hz): 10, 12.5, 16, 20, 25, 31.5, 40, 50, 63, 79, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 397, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000;
- Fondale: tipologia, velocità longitudinale del suono, *shear speed*, *P-wave attenuation*, *S-wave attenuation* e densità (vedi Tabella 2);
- Profilo batimetrico: dati estratti dal portale *National Centers for Environmental Information* <https://www.ncei.noaa.gov/maps/grid-extract/>
- Risoluzione griglia mappa: 25x25 metri

Tipologia di fondale	Profondità (m)	Velocità longitudinale (m/s)	Shear speed (m/s)	P-wave attenuation (dB/λ)	S-wave attenuation (dB/λ)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )
LIMO sabbioso debolmente argilloso. Colore grigio scuro-nero, bassa plasticità, da poco a mediamente consistente.	0-3	1540	130	0.17	180	1550
SABBIA medio fine limosa, localmente sabbia pulita o con presenza di componente ghiaiosa. Colore grigio chiaro-marroncino, densità crescente da media a medio alta.	3-15	1660	400	1.05	180	1700
LIMO argilloso debolmente sabbioso. Colore grigio, plasticità media, sovraconsolidato, molto consistente.	>15	1515	125	0.15	180	1500

**Tabella 2. Caratteristiche del fondale dell'area del porto industriale di Genova Sestri Ponente e relativi parametri di input per il modello di propagazione acustica RAMsGeo.**

Per il calcolo delle distanze di impatto sulle specie sono stati applicati criteri di esposizione definiti dalla letteratura (Tabella 3), scelti sia per il consenso che hanno da parte delle agenzie di regolamentazione nazionali e internazionali, sia per l'approccio scientifico con cui sono stati identificati (Southall et al., 2019):

1. Soglia comportamentale *Sound Pressure Level (root mean square)*  $L_{p,rms} = 120$  dB re 1  $\mu$ Pa (per i mammiferi marini basata sull'attuale criterio provvisorio del *National Marine Fisheries Service (NMFS)* degli Stati Uniti (2014, 2018);
2. Livelli di esposizione sonora cumulativi *Sound Exposure Level*  $L_{E,p,24h}$  ponderati in frequenza per l'insorgenza di uno spostamento di soglia permanente o temporaneo nei cetacei (Southall et al., 2019).

**ATI:**



**RTP:**



Gruppi uditivi funzionali	Specie	Range uditivo	NMFS 2014, 2018	Southall et al. 2019	
			Comportamento	Permanent Hearing Threshold Shift (PTS) onset (received level)	Temporary Hearing Threshold Shift (TTS) onset (received level)
			SPL root mean square ( $L_{p,rms}$ ; dB re 1 $\mu$ Pa)	Weighted SEL <sub>24h</sub> ( $L_{E,p,24h}$ ; dB re 1 $\mu$ Pa <sup>2</sup> ·s)	Weighted SEL <sub>24h</sub> ( $L_{E,p,24h}$ ; dB re 1 $\mu$ Pa <sup>2</sup> ·s)
Cetacei bassa frequenza (LF)	<i>Balaenoptera physalus</i>	7 Hz – 35 Hz	120	199	179
Cetacei alta frequenza (HF)	<i>Physeter macrocephalus</i> <i>Ziphius cavirostris</i> <i>Globicephala melas</i> <i>Grampus griseus</i> <i>Tursiops truncatus</i> <i>Stenella coeruleoalba</i> <i>Delphinus delphis</i>	150 Hz – 160 kHz		198	178

Tabella 3. Effetti del rumore non impulsivo sui cetacei LF e HF. Soglie Sound Pressure Level (root mean square)  $L_{p,rms}$  non pesate,  $L_{E,p,24h}$  pesate.

Conseguentemente, è stata calcolata la distanza minima dalla sorgente alla quale il livello acustico soddisfa il suddetto criterio, considerando specifiche funzioni di ponderazione. Le linee guida NMFS (2018), infatti, richiedono la ponderazione (o pesatura) dei livelli di esposizione sonora Sound Exposure Level ( $L_{E,p,24h}$ ) per tenere conto della differente sensibilità al rumore da parte delle singole specie, raggruppate nei diversi gruppi funzionali (Southall et al., 2019). In questa indagine, le pesature per le specie LF e HF sono state prima applicate allo spettro sonoro alla sorgente e il livello di trasmissione simulato (Transmission Loss - TL) è stato poi rapportato allo spettro pesato. Il risultato della pesatura e del calcolo dei livelli sono mappe di propagazione che mostrano l'attenuazione al variare della distanza dalla sorgente.

La funzione di ponderazione della frequenza è stata espressa come:

$$G(f) = K + 10 \log_{10} \left[ \left( \frac{(f/f_{lo})^{2a}}{[1 + (f/f_{lo})^2]^a [1 + (f/f_{hi})^2]^b} \right) \right] \quad (1)$$

La figura 1 mostra le curve di ponderazione della frequenza per tutti i gruppi uditivi funzionali di mammiferi marini indicati da Finneran (2015) e NMFS (2018); la tabella 4 elenca i parametri di ponderazione della frequenza (Southall et al., 2019) solo per i due gruppi uditivi funzionali considerati in questa indagine (HF e LF); la Figura 2 riporta le pesature nel range di frequenza qui utilizzato.

ATI:



RTP:



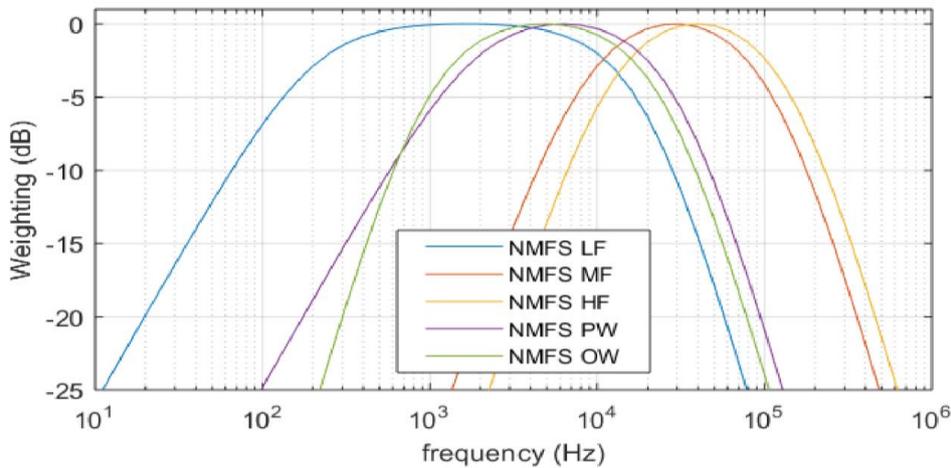


Figura 1. Funzioni di ponderazione uditiva per i gruppi uditivi funzionali dei mammiferi marini come raccomandato da NMFS 2018.

Hearing group	a	b	$f_{lo}$ (Hz)	$f_{hi}$ (kHz)	$K$ (dB)
LF cetaceans (baleen whales)	1.0	2	200	19,000	0.13
HF cetaceans (dolphins, plus toothed, beaked, and bottlenose whales)	1.6	2	8,800	110,000	1.20

Tabella 4. Parametri per le funzioni di ponderazione uditiva indicati da Southall et al. (2019).

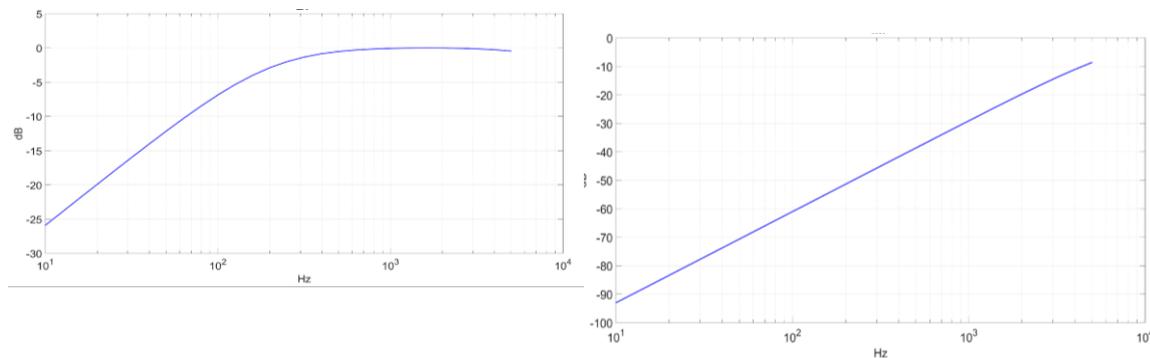


Figura 2. Pesature NMFS applicate nel range di frequenza delle diverse Source Level (SL). A sinistra il gruppo uditivo funzionale LF, a destra il gruppo HF.

Le stime pesate di Source Level (SL) in bande di un terzo di ottava ipotizzate per le specie LF e per le specie HF sono state ottenute attraverso la seguente relazione:

$$SL = 10 \text{ Log} \left( \sum_f 10^{(0.1 SL_f + 0.1 G_f)} \right) \quad (2)$$

Dove per  $SL_f$  si intende il valore di Source Level per ogni frequenza di un terzo di ottava stimata e  $G_f$  è il valore di ponderazione alla stessa frequenza ottenuto dalla relazione (1).

ATI:



RTP:



Per la vibroinfissione è stato selezionato un livello di riferimento di Sound Pressure Level (root mean square) alla sorgente di 195.6 dB. I livelli in bande di un terzo di ottava ricavati dalla letteratura sono mostrati in Figura 3. I valori ottenuti di Source Level (SL) dopo la pesatura sono 184.7 dB per LF e 155.8 dB per HF. La Figura 4 mostra la distribuzione in bande di un terzo di ottava per le specie LF e HF.

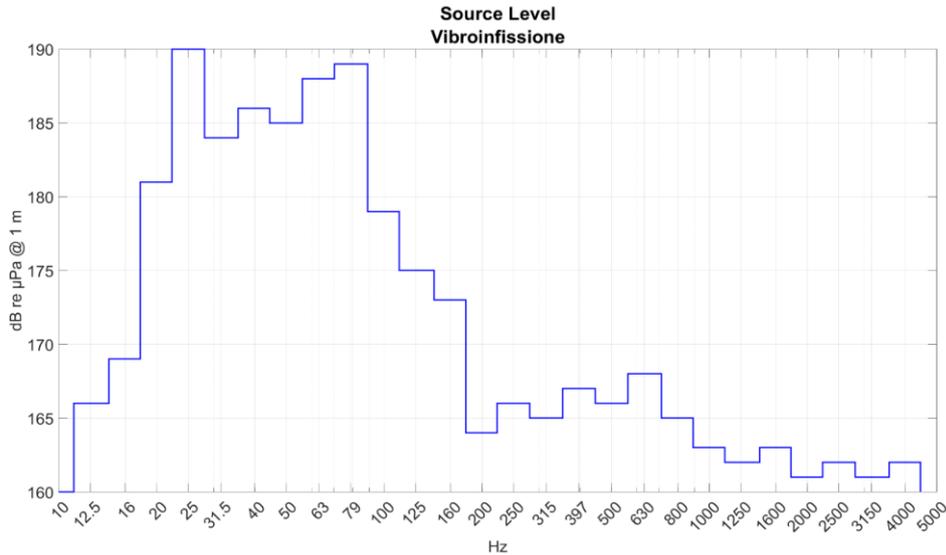
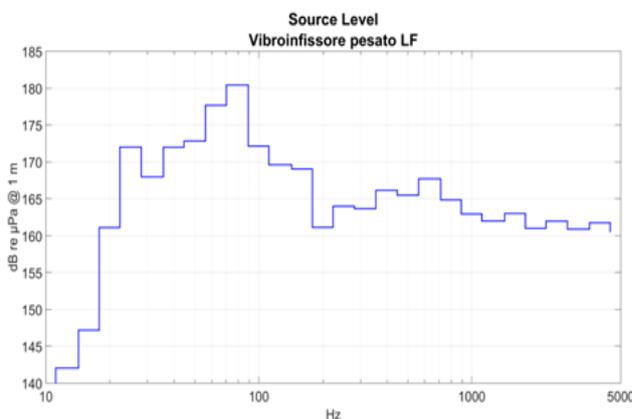
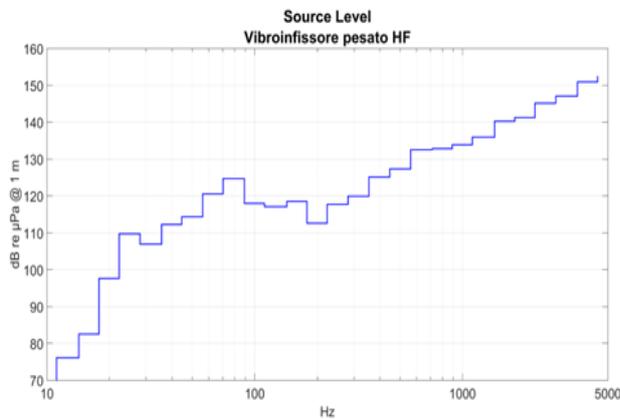


Figura 3. Source Level [dB re 1μPa] in bande di un terzo di ottava ipotizzato per le operazioni di vibroinfissione.



**ATI:**



**RTP:**



Figura 4. Source Level [dB re 1  $\mu$ Pa] in bande di un terzo di ottava ipotizzato per le operazioni di vibroinfissione, pesato per le specie LF (sotto) e per le specie HF (sopra).

Per il dragaggio è stato selezionato un livello di riferimento di Sound Pressure Level (root mean square) alla sorgente di 182 dB. I livelli in bande di un terzo di ottava ricavati dalla letteratura sono mostrati in Figura 5. I valori di Source Level (SL) ottenuti dopo la pesatura sono 177.3 dB per LF e 150.6 dB per HF. La Figura 6 mostra la distribuzione in bande di un terzo di ottava per le specie LF e HF.

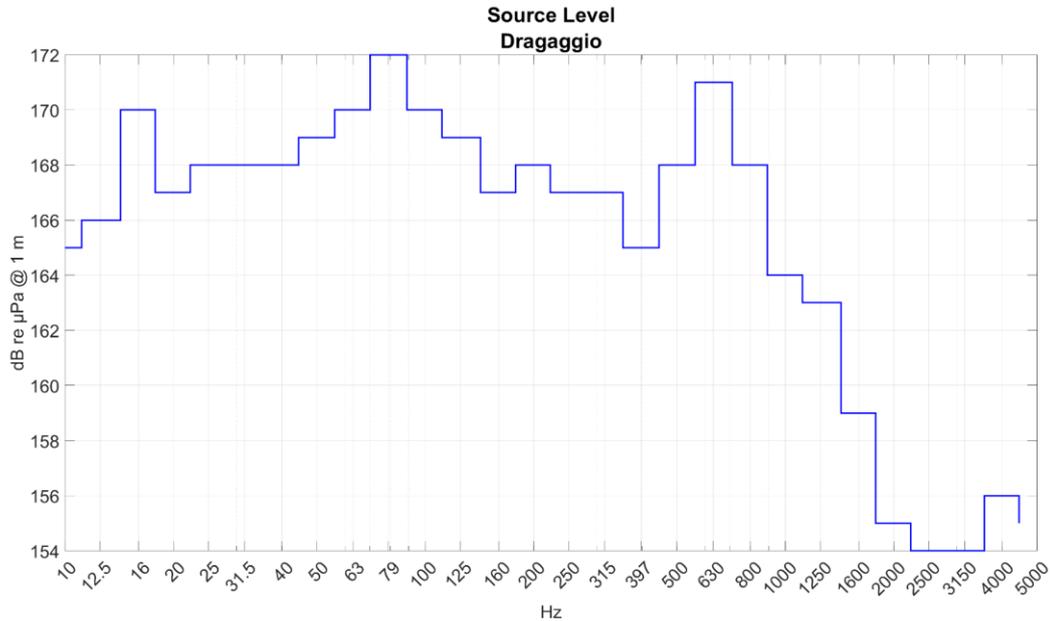
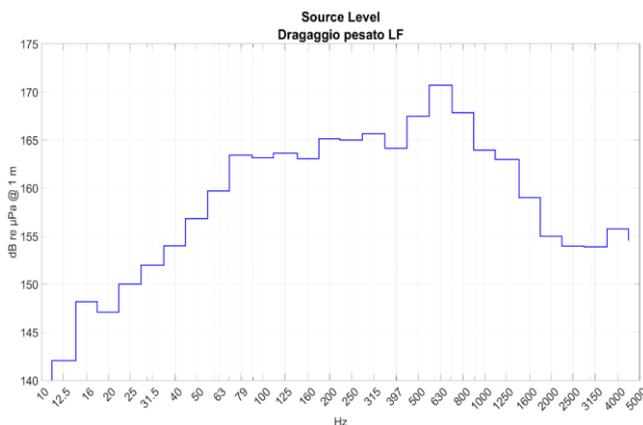


Figura 5. Source Level [dB re 1  $\mu$ Pa] in bande di un terzo di ottava ipotizzato per le operazioni di dragaggio.



**ATI:**



**RTP:**



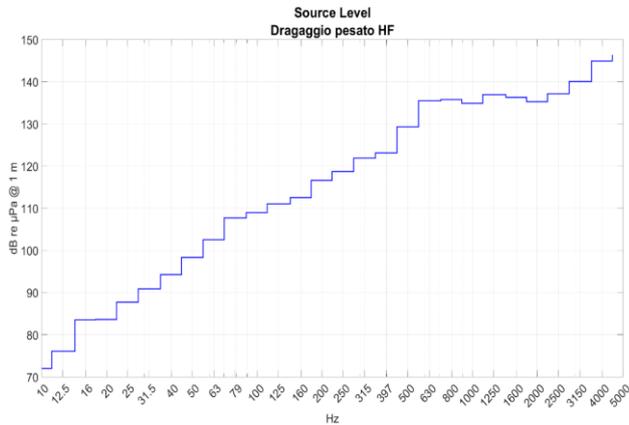


Figura 5. Source Level [dB re 1 µPa] in bande di un terzo di ottava ipotizzato per le operazioni di dragaggio, pesato per le specie LF (sopra) e per le specie HF (sotto).

Per i mezzi navali è stato selezionati un livello di riferimento di Sound Pressure Level (root mean square) alla sorgente di 185.8 dB. I livelli in bande di un terzo di ottava ricavati dalla letteratura sono mostrati in Figura 6. I valori di Source Level (SL) ottenuti dopo la pesatura sono 174.5 dB per LF e 142.7 dB per HF.

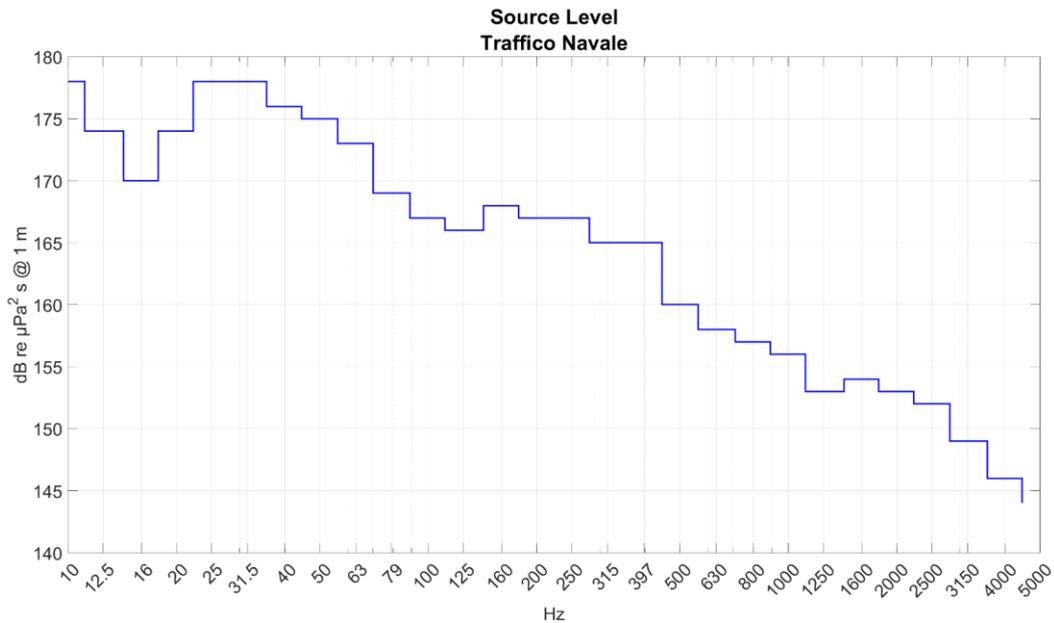


Figura 6. Source Level [dB re 1 µPa] in bande di un terzo di ottava ipotizzato per le operazioni di dragaggio.

La Figura 7 mostra la distribuzione in bande di un terzo di ottava per le specie LF e HF.

**ATI:**



**RTP:**



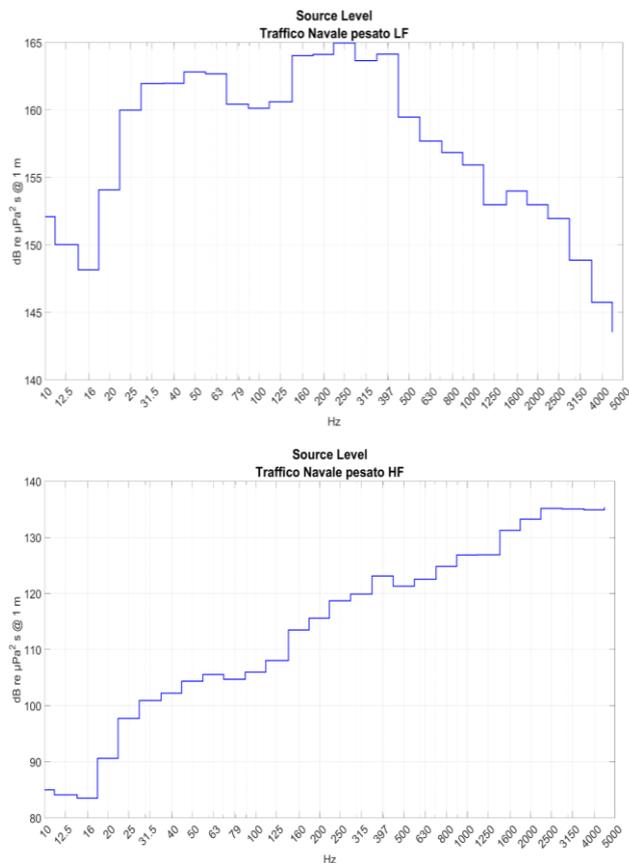


Figura 7. Source Level [dB re 1 µPa] in bande di un terzo di ottava ipotizzato per la movimentazione di mezzi navali, pesato per le specie LF (sopra) e per le specie HF (sotto).

## 4.2 Risultati

### 4.2.1 Propagazione acustica lungo il transetto S1-S11

Utilizzando il modello RAMsGeo, la propagazione acustica delle frequenze centrate nella banda di un terzo di ottava a 63 Hz e 125 Hz lungo il transetto S1-S11 (Figura 8) è stata stimata considerando il profilo batimetrico (Figura 9) e i valori della velocità del suono già determinati nella campagna di misure effettuata il 14 e 15 novembre 2022 e riportati nell' Allegato 1).

ATI:



RTP:



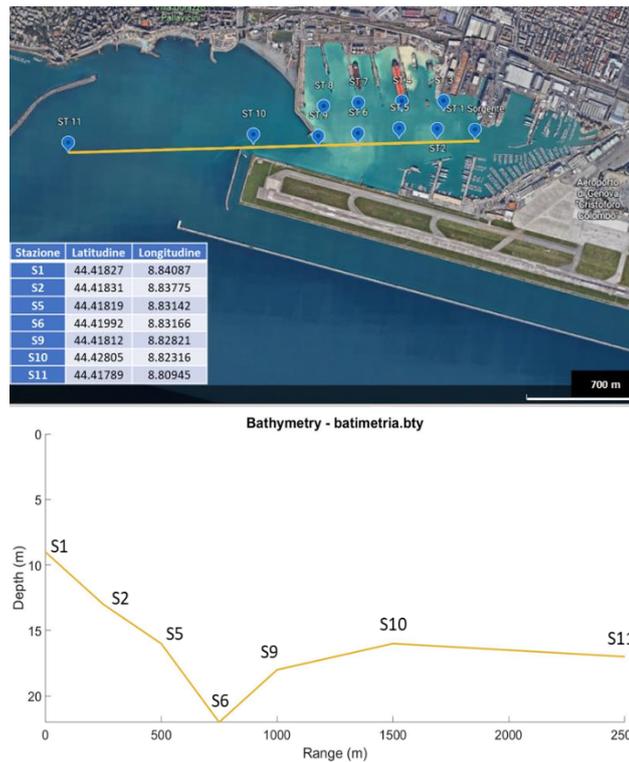
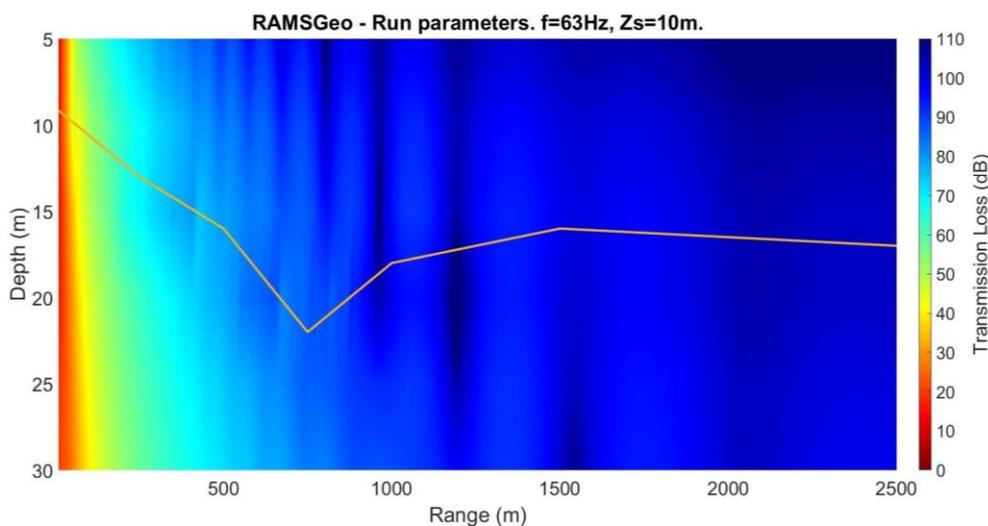


Figura 8. Transetto S1-S11 per la stima della propagazione acustica tramite modello RAMsGeo e relativo profilo batimetrico.

I risultati della modellazione della propagazione acustica (Transmission Loss, TL) delle frequenze centrate nella banda di un terzo di ottava a 63 Hz lungo il transetto S1-S11 sono riportati nella Figura 10. I valori di TL raggiungono il minimo di 120 db a circa 800 m di distanza dalla sorgente, per poi decrescere molto lentamente di circa 10 db a partire dalla distanza di 1200 m fino a 2500 m.



ATI:



RTP:



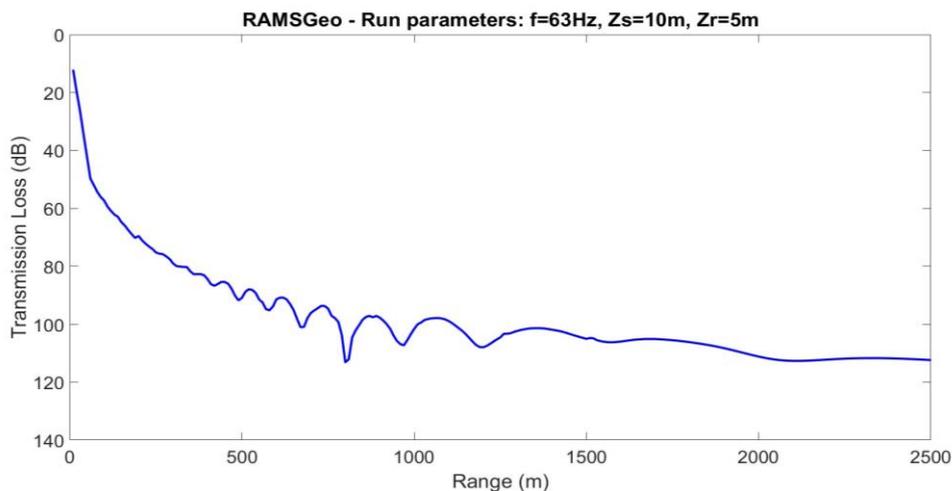
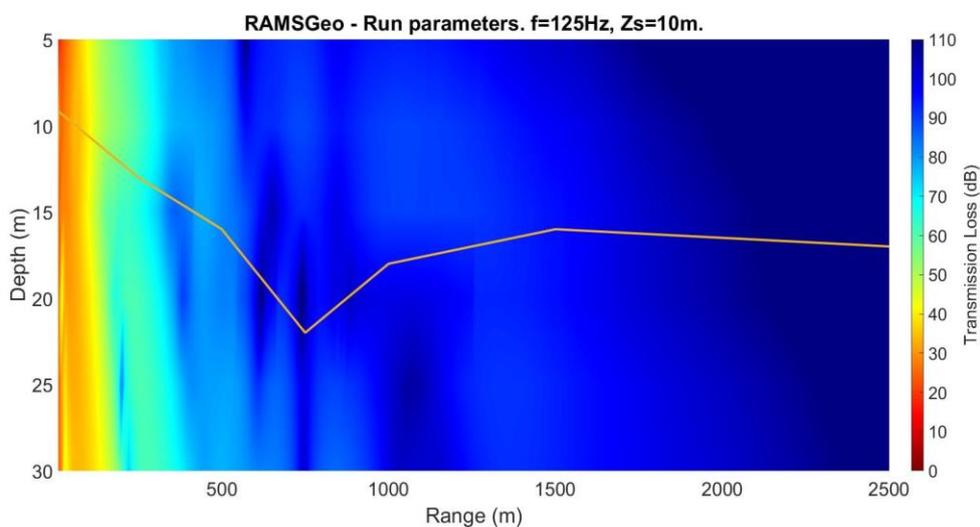


Figura 10. Transmission Loss (TL) (dB) @ 63 Hz lungo il transetto S1-S11 ipotizzando la sorgente posta alla profondità di 10 m e il ricevitore a 5 m.

I risultati della modellazione della propagazione acustica (Transmission Loss, TL) delle frequenze centrate nella banda di un terzo di ottava a 125 Hz lungo il transetto S1-S11 sono riportati nella Figura 11. I valori di TL raggiungono il minimo di 120 db a circa 600 m di distanza dalla sorgente, per poi decrescere di circa 20 db a partire dalla distanza di 1000 m fino a 2500 m.



**ATI:**



**RTP:**



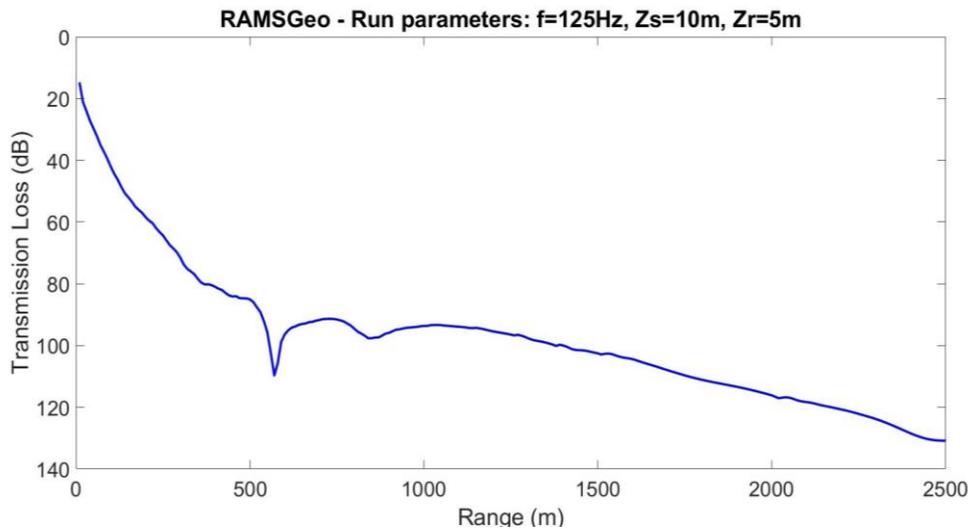
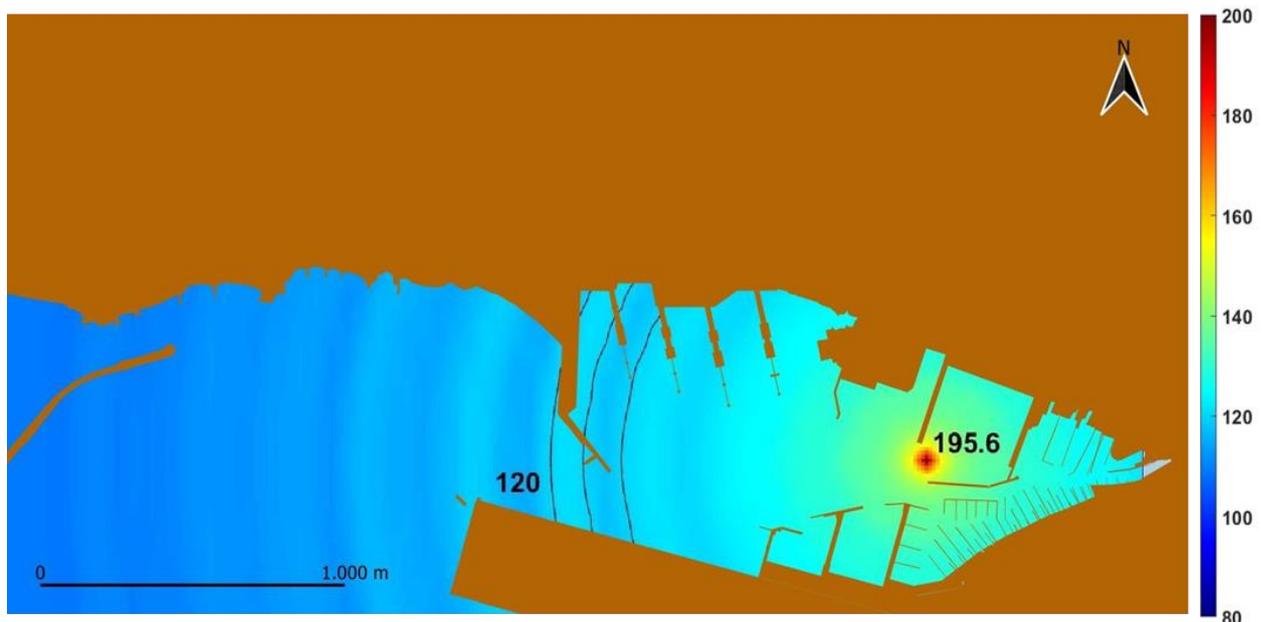


Figura 11. Transmission Loss (TL) (dB) @ 125 Hz lungo il transetto S1-S11 ipotizzando la sorgente posta alla profondità di 10 m e il ricevitore a 5 m.

#### 4.2.2 Sound Pressure Level (root mean square) $L_{p,rms}$

I risultati delle stime di Sound Pressure Level (root mean square)  $L_{p,rms}$  relative all'attività di vibroinfissione sono riportati in Figura 12, quelli del dragaggio in figura 13, quelli della movimentazione dei mezzi navali in Figura 14 e quelli cumulativi in Figura 15. Le distanze da ciascuna delle sorgenti e la distanza cumulativa dalle sorgenti in cui si raggiunge la soglia comportamentale Sound Pressure Level (root mean square)  $L_{p,rms} = 120$  dB re 1  $\mu$ Pa per le specie LF e HF sono riportate in Tabella 5.



#### ATI:



#### RTP:



Figura 12. Mappa di distribuzione spaziale di Sound Pressure Level (root mean square)  $L_{p,rms,v}$  [dB re 1  $\mu$ Pa] per l'attività di vibroinfissione, ipotizzando un valore a sorgente (SL) di 195.6 dB utilizzando la perdita di trasmissione (Transmission Loss, TL) ottenuta da modello RAMsGeo stimata per ogni frequenza di un terzo di ottava.

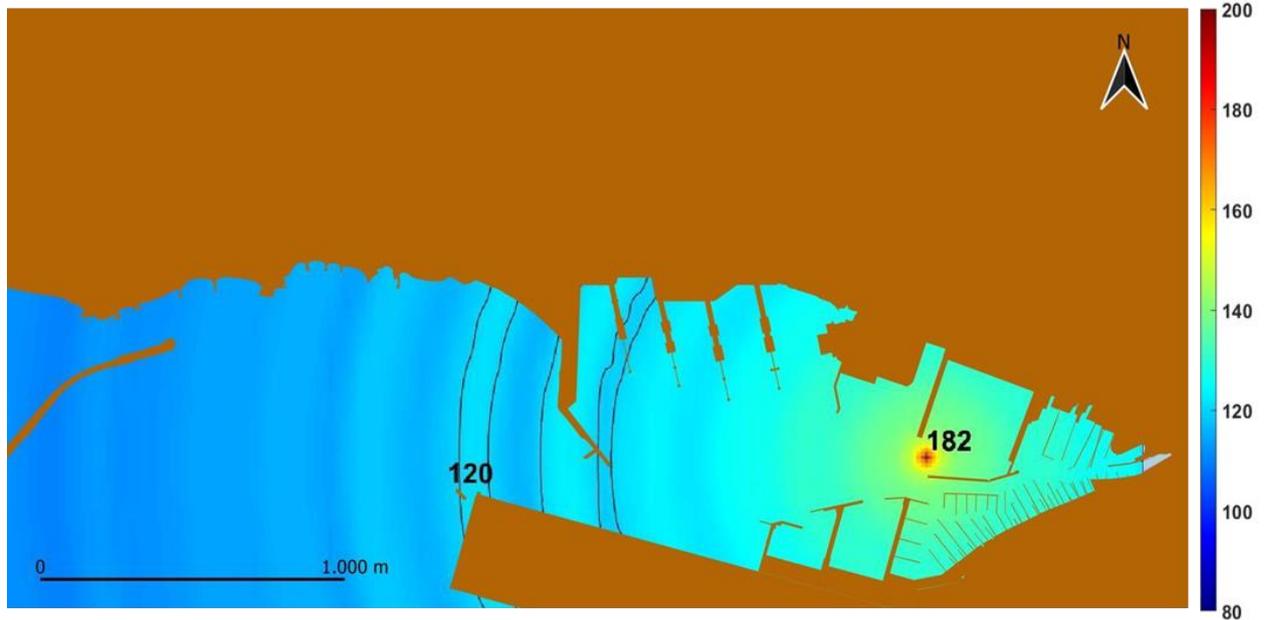
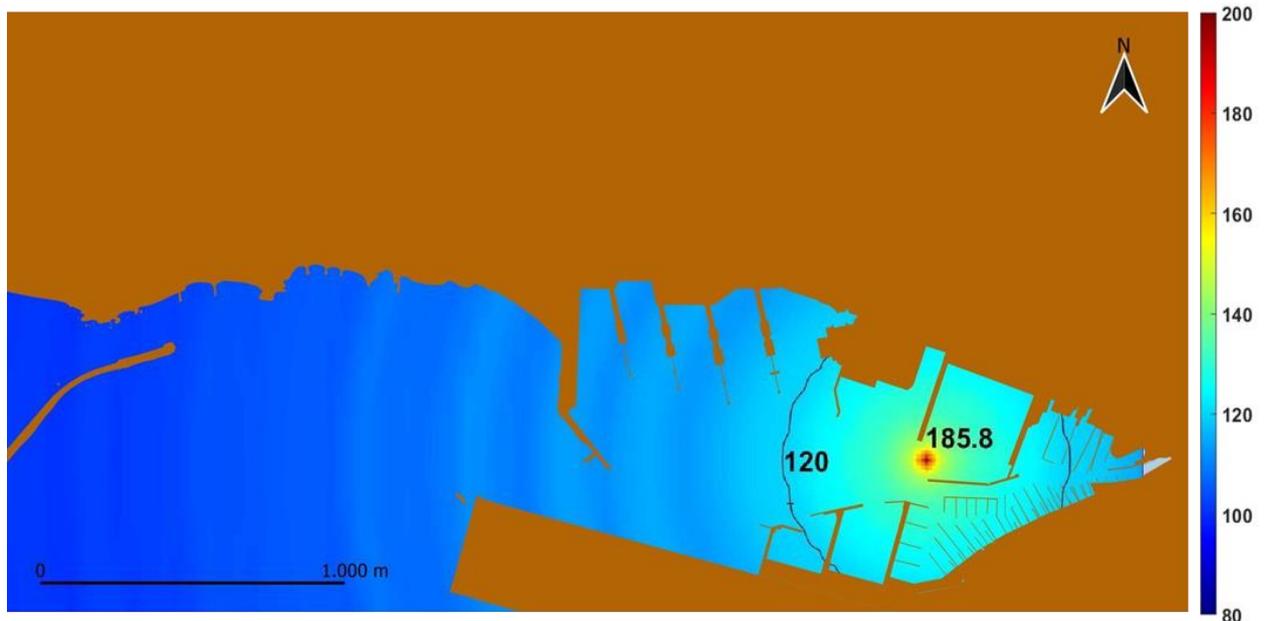


Figura 13. Mappa di distribuzione spaziale di Sound Pressure Level (root mean square)  $L_{p,rms,d}$  [dB re 1  $\mu$ Pa] per l'attività di dragaggio, ipotizzando un valore a sorgente (SL) di 182 dB utilizzando la perdita di trasmissione (Transmission Loss, TL) ottenuta da modello RAMsGeo stimata per ogni frequenza di un terzo di ottava.



**ATI:**



**RTP:**



Figura 14. Mappa di distribuzione spaziale di Sound Pressure Level (root mean square)  $L_{p,rms,m}$  [dB re 1  $\mu$ Pa] per l'attività di movimentazione dei mezzi navali, ipotizzando un valore a sorgente (SL) di 185.8 dB utilizzando la perdita di trasmissione (Transmission Loss, TL) ottenuta da modello RAMsGeo stimata per ogni frequenza di un terzo di ottava.

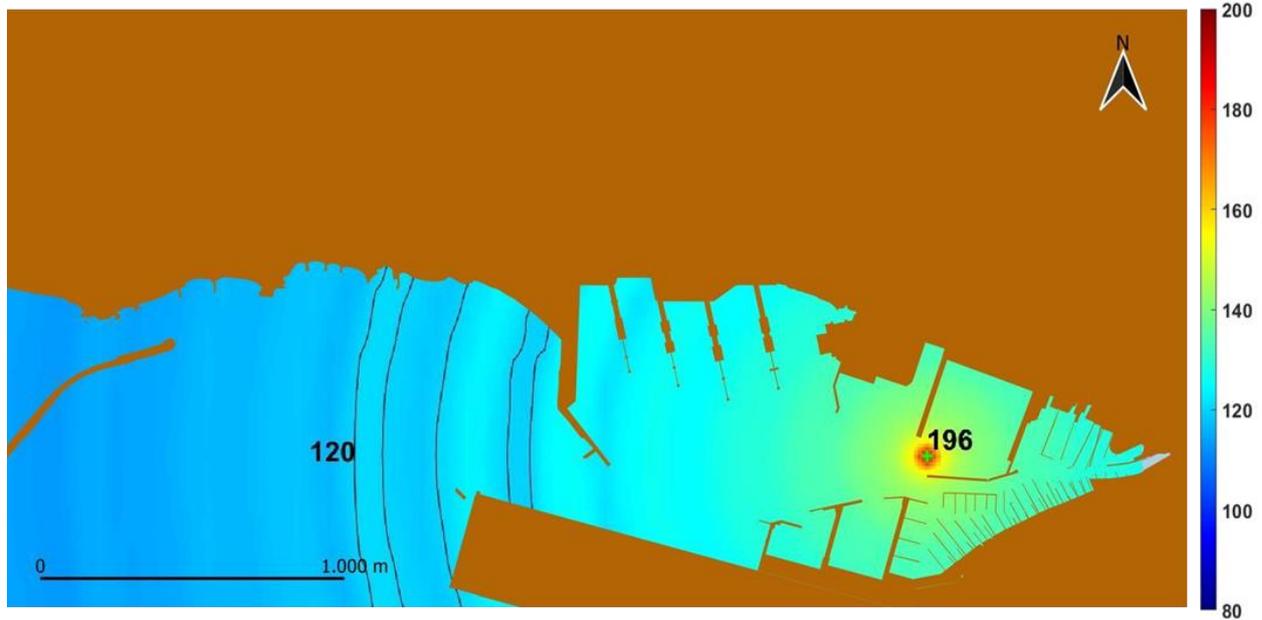


Figura 15. Mappa di distribuzione spaziale di Sound Pressure Level (root mean square)  $L_{p,rms,cum}$  [dB re 1  $\mu$ Pa] cumulativo per le attività di vibroinfissione, dragaggio e di movimentazione dei mezzi navali, stimando un valore a sorgente (SL) di 196 dB utilizzando la perdita di trasmissione (Transmission Loss, TL) ottenuta da modello RAMsGeo stimata per ogni frequenza di un terzo di ottava.

Attività	Distanza (m)
Vibroinfissione	1236
Dragaggio	1536
Movimentazione mezzi navali	473
Cumulativo	1880

Tabella 5. Distanze massime (m) dalle sorgenti in cui si raggiunge la soglia Sound Pressure Level (root mean square)  $L_{p,rms} = 120$  dB re 1  $\mu$ Pa relativa al disturbo comportamentale per le specie di cetacei.

#### 4.2.3 Sound Exposure Level (pesato) $LE,p,24h$

Di seguito sono presentati i risultati per i criteri di Southall et al. (2019) applicati per i cambiamenti irreversibili (PTS) o reversibili temporanei (TTS) nella soglia uditiva dei cetacei LF e HF per le attività di vibroinfissione, dragaggio e di movimentazione dei mezzi navali.

#### ATI:



#### RTP:



Per quanto riguarda la vibroinfissione, le stime di Sound Exposure Level  $LE_{p,24h,v}$  pesate per le specie LF e HF nelle 8 ore di attività sono riportate in Figura 16.

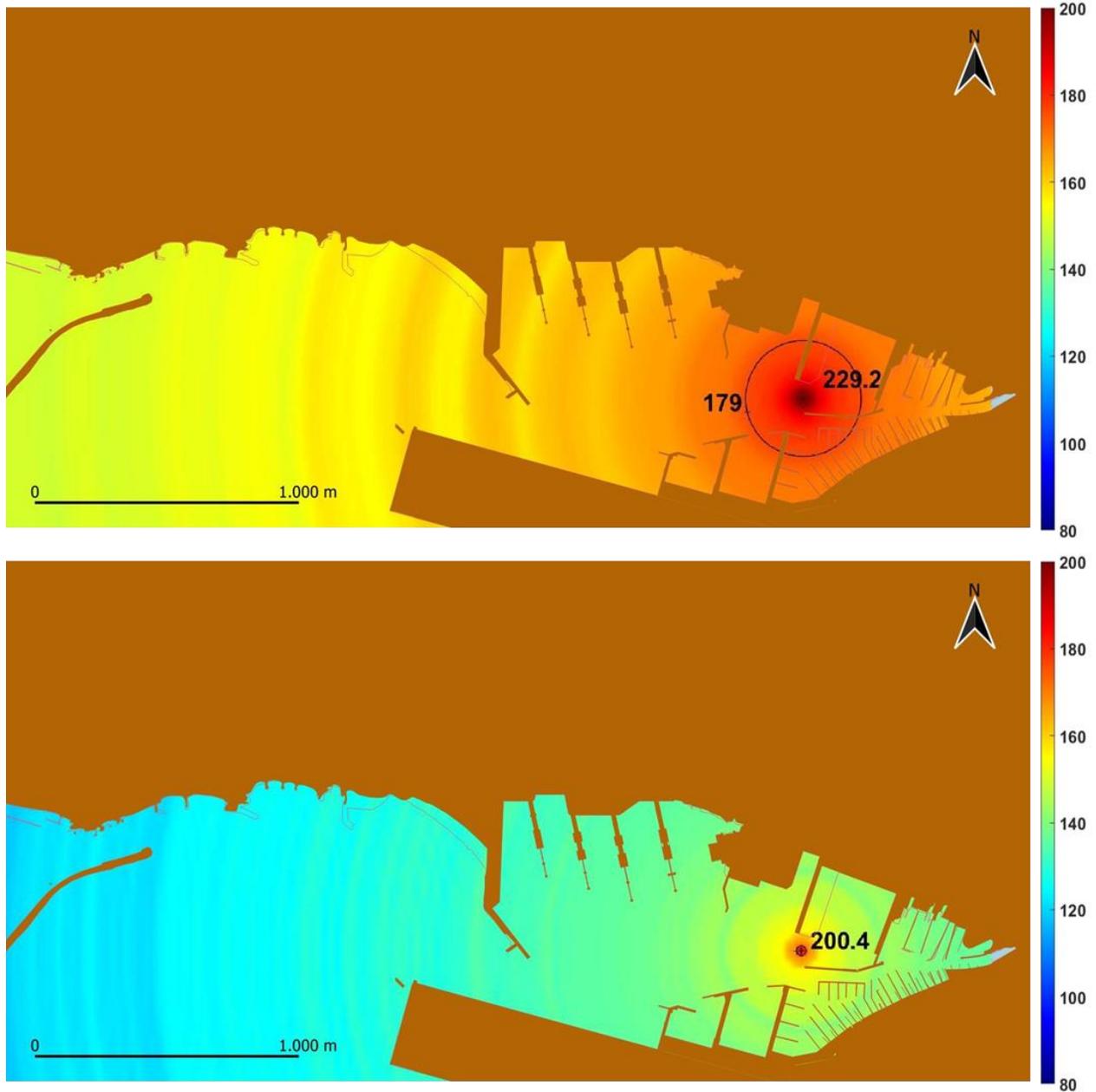


Figura 16. Mappa di distribuzione spaziale di Sound Exposure Level  $LE_{p,24h,v}$  [dB re 1  $\mu Pa^2 s$ ] giornaliero dell'attività di vibroinfissione, pesato per le specie LF (in alto) e HF (in basso), utilizzando valori a sorgente di 229.2 dB (LF) e 200.4 dB (HF) ottenuti dal valore di Sound Pressure Level root mean square di 184.7 dB (LF) e 155.8 dB (HF) stimando un utilizzo giornaliero del vibroinfissore di 8 ore e Transmission Loss ottenuta da modello RAMsGeo per ogni frequenza di un terzo di ottava.

**ATI:**



**Consorzio Stabile  
Grandi Lavori S.c.r.l.**

Imprese Consorziate Esecutrici



**FINCOSIT**



**CONSORZIO  
INTEGRA**



**RTP:**



Per quanto riguarda il dragaggio, le stime di Sound Exposure Level  $LE_{p,24h,d}$  pesate per le specie LF e HF nelle 8 ore di attività sono riportate nella Figura 17.

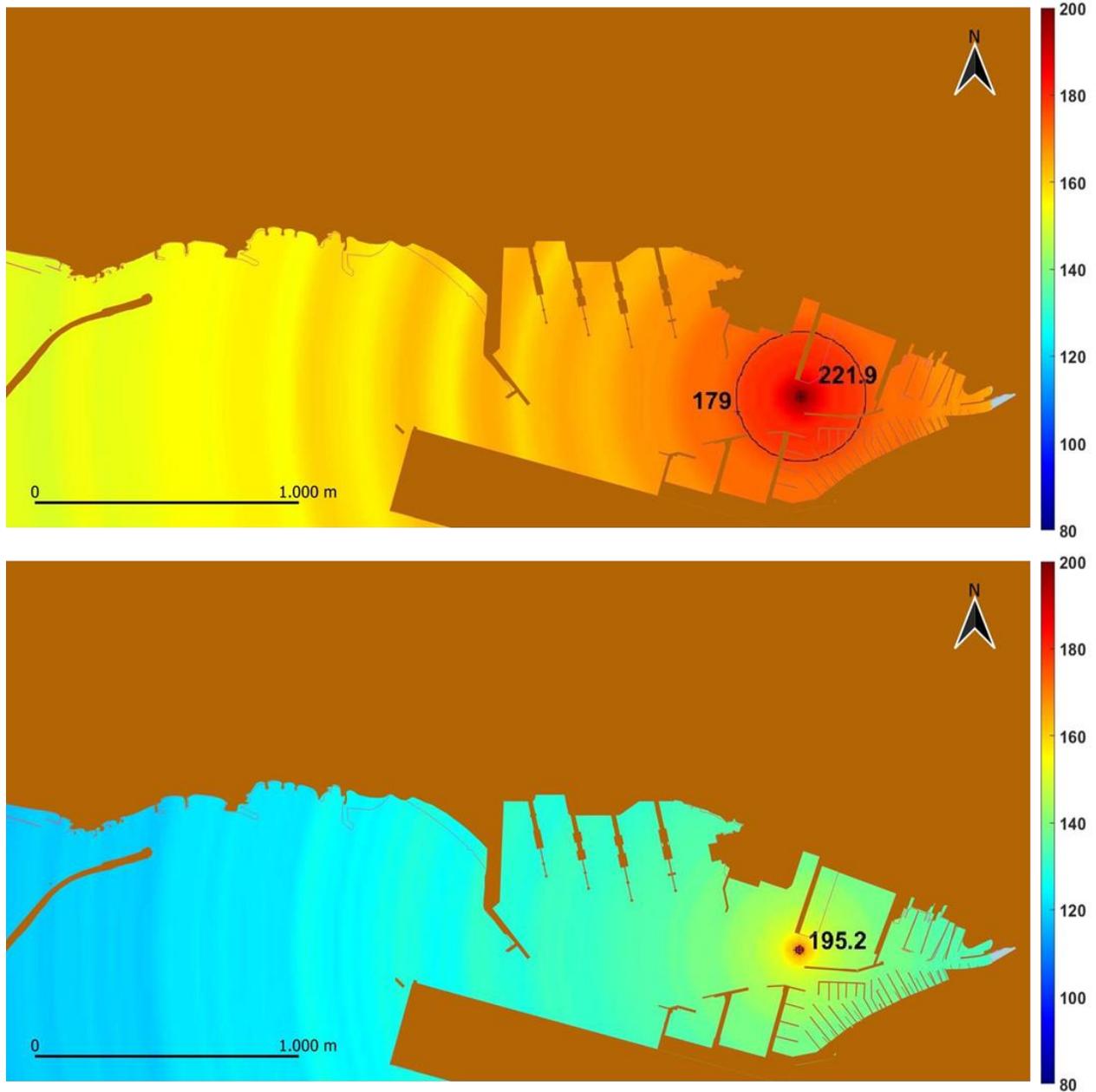


Figura 17. Mappa di distribuzione spaziale di Sound Exposure Level  $LE_{p,24h,d}$  [dB re  $1 \mu Pa^2 s$ ] giornaliero del dragaggio, pesato per le specie LF (in alto) e HF (in basso), utilizzando valori a sorgente di 221.9 dB (LF) e 195.2 dB (HF) ottenuti da un valore complessivo di Sound Pressure Level root mean square di 177.3 dB per LF e 150.6 dB per HF stimando un'attività giornaliera di 8 ore e Transmission Loss ottenuta da modello RAMsGeo per ogni frequenza di un terzo di ottava.

**ATI:**



**RTP:**



Per quanto riguarda la movimentazione di mezzi navali, le stime di Sound Exposure Level  $LE_{p,24h,m}$  pesate per le specie LF e HF nelle 12 ore di attività sono riportate nella Figura 18.

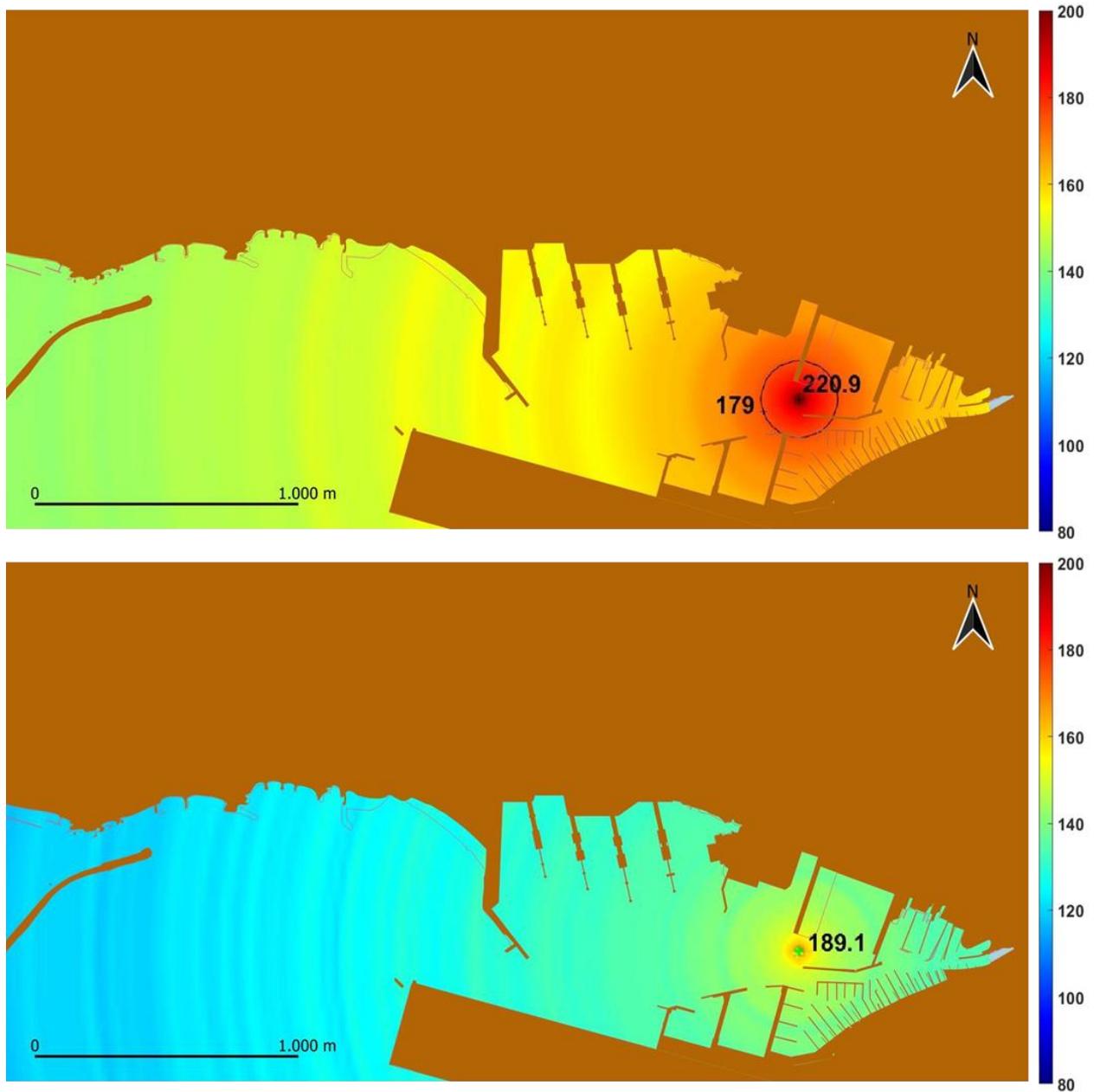


Figura 18. Mappa di distribuzione spaziale di Sound Exposure Level  $LE_{p,24h,m}$  [dB re 1  $\mu Pa^2 s$ ] giornaliero della movimentazione dei mezzi navali, pesato per le specie LF (in alto) e HF (in basso), utilizzando valori a sorgente di 220.9 dB (LF) e 189.1 dB (HF) ottenuti da un valore complessivo di Sound Pressure Level root mean square di 174.5 dB per LF e 142.7 dB per HF stimando un traffico giornaliero di 12 ore e Transmission Loss ottenuta da modello RAMsGeo per ogni frequenza di un terzo di ottava.

**ATI:**



**Consorzio Stabile  
Grandi Lavori S.c.r.l.**

Imprese Consorziate Esecutrici



**FINCOSIT**



**CONSORZIO  
INTEGRA**



**RTP:**



Infine, le stime di Sound Exposure Level  $LE_{p,24h,cum}$  cumulativo (date dall'insieme delle sorgenti) nelle 24 ore giornaliere pesate per le specie LF e HF, sono rappresentate in Figura 19.

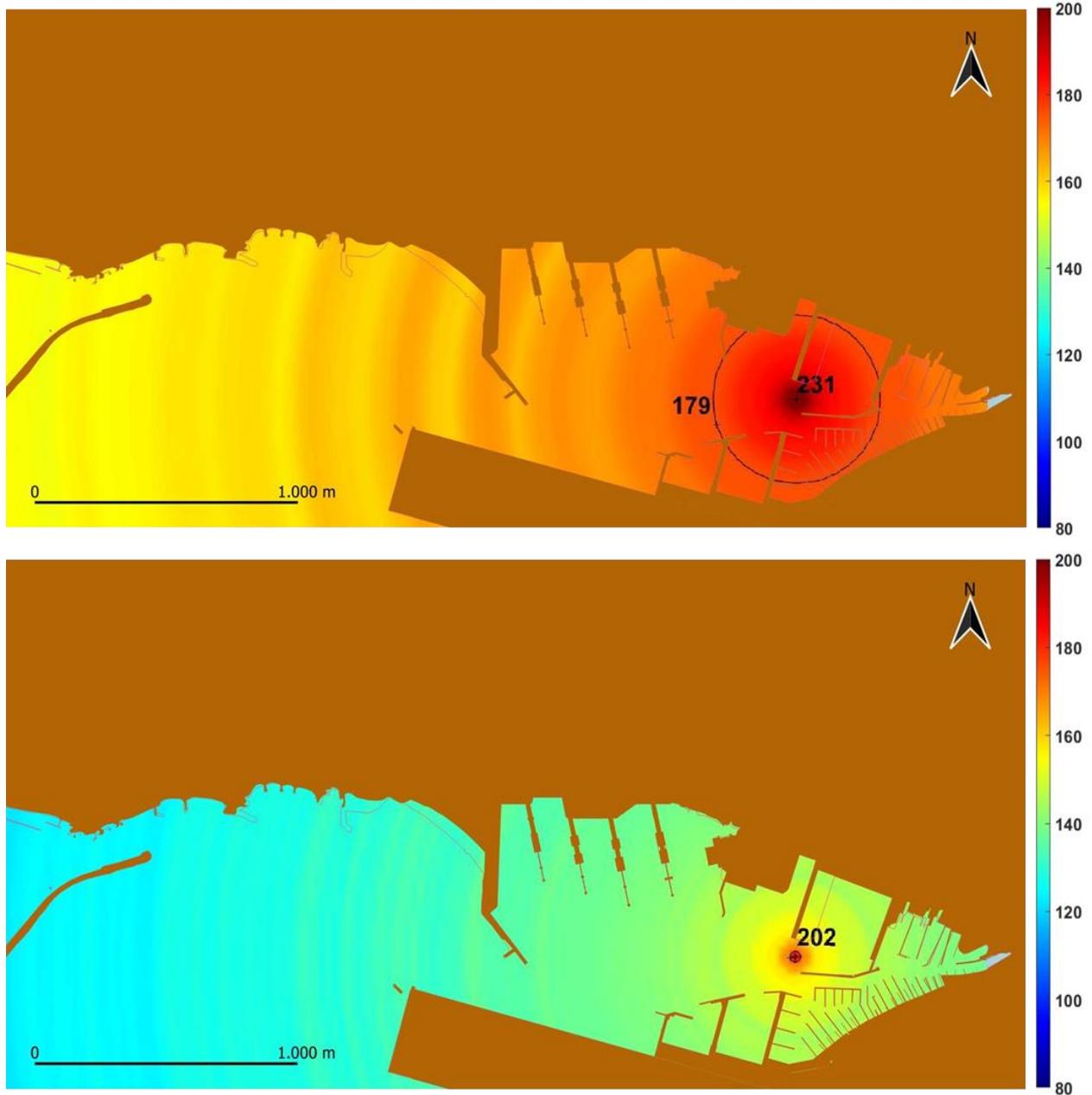


Figura 19. Mappa di distribuzione spaziale di Sound Exposure Level  $LE_{p,24h,cum}$  [dB re  $1 \mu Pa^2 s$ ] cumulativo giornaliero (ipotizzando 24 ore di attività e Transmission Loss ottenuta da modello RAMsGeo per ogni frequenza di un terzo di ottava), pesato per le specie LF (in alto) e HF (in basso).

Le distanze da ciascuna delle sorgenti in cui si raggiungono le soglie di Sound Exposure Level  $LE_{p,24h}$  [dB re  $1 \mu Pa^2 s$ ] relative a un cambiamento temporaneo (reversibile, TTS) o irreversibile (PTS) nella soglia uditiva comportamentale sono riportate in Tabella 6.

ATI:



RTP:



Attività	Gruppi uditivi funzionali			
	Cetacei bassa frequenza (LF)		Cetacei alta frequenza (HF)	
	TTS	PTS	TTS	PTS
Vibroinfissione	219 metri	30 metri	19 metri	<10 metri
Dragaggio	245 metri	22 metri	15 metri	<10 metri
Movimentazione mezzi navali	147 metri	22 metri	10 metri	<10 metri
Complessivo	320 metri	41 metri	21 metri	<10 metri

Tabella 6. Distanze massime dalle diverse sorgenti in cui potrebbero verificarsi cambiamenti irreversibili (PTS) o reversibili (TTS) della soglia uditiva delle specie LF e HF.

## 5 CONCLUSIONI

Le stime prodotte in questo report sono da considerarsi indicative poiché le attività associate ai lavori di adeguamento del porto industriale di Genova Sestri Ponente sono state modellate tenendo conto delle informazioni di massima fornite a priori, e utilizzando valori conservativi ricavati dalla letteratura disponibile e i dati acustici raccolti sul campo in una limitata finestra temporale (14 e 15 novembre 2022).

Nonostante le impostazioni modellistiche siano state esaminate in diversi step di verifica per assicurare che i parametri di input fossero validi, che l'output fosse rappresentato correttamente e che tutti i calcoli fossero coerenti, esistono limitazioni nell'uso di modelli. Il modello di propagazione qui utilizzato per la valutazione del rumore subacqueo fornisce un'approssimazione teorica della effettiva perdita di trasmissione in ambiente marino, dove ad esempio specifiche caratteristiche morfologiche e topografiche o variazioni nella natura del substrato e nella stratificazione della colonna d'acqua, possono creare differenti gradienti diffusivi rispetto a quelli qui previsti.

I valori cumulativi di Sound Exposure Level - pesati in relazione alle soglie dei due gruppi di mammiferi marini qui indagati (LF, cetacei a bassa frequenza e HF, cetacei alta frequenza) - delle attività di vibroinfissione, dragaggio e movimentazione dei mezzi navali sono stati stimati sia in maniera distinta sia in maniera cumulativa per le 24 ore di lavorazioni, al fine di rappresentare una condizione generale che maggiormente approssima quella prevista in linea teorica. Le previsioni qui presentate sono da considerarsi conservative perché, nel raggiungerle, i modelli assumono che il ricevitore (cioè il cetaceo) sia fermo per tutta la durata dell'esposizione sonora. Questa assunzione teorica non tiene conto che il comportamento di evitamento

### ATI:



### RTP:



del rumore da parte degli animali diminuirebbe la loro esposizione sonora complessiva, riducendo quindi la quantità di tempo che essi passerebbero nella zona di potenziale impatto durante i lavori. E' implicito però che il grado con cui gli organismi rispondono a un fattore di stress come il rumore (ad esempio, le risposte comportamentali di allontanamento da aree normalmente frequentate dalle specie per attività chiave come l'alimentazione oppure la riduzione proporzionale dell'efficienza di foraggiamento a causa del mascheramento dei segnali) è un indice di sensibilità per le specie che, a causa del disturbo provocato dalle attività antropiche, risultano maggiormente vulnerabili sia a livello di individuo che di popolazione (Williams et al., 2020).

I risultati delle analisi qui condotte evidenziano come il suono prodotto dalle attività di vibroinfissione, dragaggio e movimentazione dei mezzi navali sembri essere attenuato dalle acque poco profonde a causa dell'importante assorbimento dell'energia acustica da parte del fondale fangoso-argilloso-sabbioso e dalla configurazione geografica relativamente "chiusa" del porto. Il rumore prodotto dalle suddette attività è concentrato a frequenze <1000 Hz, che si dissipano rapidamente nei fondali poco profondi del porto industriale di Genova Sestri Ponente, definendo la zona in cui si raggiunge la soglia di disturbo comportamentale per i cetacei ad un'estensione di circa 1 miglio nautico dalla sorgente posta all'interno del porto (vedi Tabella 5). Considerando poi le modeste distanze alle quali si ipotizzano cambiamenti irreversibili (PTS) o reversibili (TTS) della soglia uditiva (vedi Tabella 6), si ritiene necessaria l'esecuzione di una attività specifica di validazione sul campo. Si raccomanda pertanto la realizzazione di una campagna di misurazioni acustiche all'avvio dei lavori, per ottenere informazioni sui livelli effettivamente riscontrati durante le attività, al fine di validare i risultati modellistici e introdurre eventuali perfezionamenti alle stime qui effettuate. In questo modo si potranno definire in maniera più precisa le aree di impatto per i cetacei e adeguare di conseguenza il piano di monitoraggio.

## 6 **BIBLIOGRAFIA**

British Columbia Environmental Assessment Office (2016). George Massey Tunnel Replacement Project Technical Volume – Underwater Noise Modelling Study. p. 28. Available at: <https://projects.eao.gov.bc.ca/api/document/589b9bd6343013001d4157c0/fetch>

Buehler, D., R. Oestman, J. Reyff, K. Pommerenck, B. Mitchell (2015). Technical Guidance for Assessment and Mitigation of the Hydroacoustic Effects of Pile Driving on Fish. California Department of Transportation, CALTRANS Technical Report No. CTHWANP-RT-15-306.01.01. p. 532. Available at: [https://te-thys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Caltrans\\_2009\\_Guidance\\_Manual\\_for\\_noise\\_effects\\_on\\_fish.pdf](https://te-thys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Caltrans_2009_Guidance_Manual_for_noise_effects_on_fish.pdf)

Dekeling, R. P. A., M.L. Tasker, A. J. Van der Graaf, M. A. Ainslie, M. H. Andersson, M. André, J. F. Borsani, K. Brensing, M. Castellote, D. Cronin, J. Dalen, T. Folegot, R. Leaper, J. Pajala, P. Redman, S. P. Robinson, P. Sigray, G. Sutton, F. Thomsen, S. Werner, D. Wittekind, J. V. Young (2014). Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas Part I, Part II e Part III. EUR, Scientific and Technical Research series, ISSN 1831-9424, ISBN 978-92-79-36339-9. Available at: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC88045>

Finneran, J.J. (2015). Auditory weighting functions and TTS/PTS exposure functions for cetaceans and marine carnivores. Technical report by SSC Pacific, San Diego, CA, USA.

### ATI:



Consorzio Stabile  
Grandi Lavori S.c.r.l.

Imprese Consorziate Esecutrici



FINCOSIT



CONSORZIO  
INTEGRA



### RTP:



Finneran, J.J. (2016). Auditory weighting functions and TTS/PTS exposure functions for marine mammals exposed to underwater noise. Technical Report for Space and Naval Warfare Systems Center Pacific, San Diego, CA, USA. 49 pp. Available at: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/1026445.pdf>

Jiménez-Arranz, G., Banda, N., Cook S., Wyatt, R. (2020). Review on Existing Data on Underwater Sounds from Pile Driving Activities. A report prepared by Seiche Ltd for the Joint Industry Programme (JIP) on E&P Sound and Marine Life. p. 82. Available at: [https://gisserver.intertek.com/JIP/DMS/ProjectReports/Cat1/JIP-Proj1.4.2\\_Review\\_on\\_Noise\\_from\\_Industrial\\_Sources.pdf](https://gisserver.intertek.com/JIP/DMS/ProjectReports/Cat1/JIP-Proj1.4.2_Review_on_Noise_from_Industrial_Sources.pdf)

Küsel, E.T., Weirathmueller, M.J., Koessler, M.W., Zammit, K.E., Quijano, J.E., Kanu, C., Limpert, K.E., Clapsaddle, M.E., and Zeddies, D.G. (2022). Sunrise Wind Farm Project: Underwater Noise and Exposure Modeling. Document 02109, Version 7.0. Technical report by JASCO Applied Sciences for Sunrise Wind LLC. Available at: [https://static1.squarespace.com/static/52aa2773e4b0f29916f46675/t/62c46ef1ec6d111d40f58f82/1657040635600/Sunrise+Wind+Farm+Project\\_Underwater+Noise+and+Exposure+Modelling.pdf](https://static1.squarespace.com/static/52aa2773e4b0f29916f46675/t/62c46ef1ec6d111d40f58f82/1657040635600/Sunrise+Wind+Farm+Project_Underwater+Noise+and+Exposure+Modelling.pdf)

Mackenzie, K. V. (1981). Nine-term equation for sound speed in the oceans. Journal of the Acoustical Society of America 70, 807-812.

MacGillivray, A.O., Li, Z., Yurk, H. (2018). Modelling of Cumulative Vessel Noise for Haro Strait Slowdown Trial: Final Report. Document Number 01577. Version 2.0. Technical report by JASCO Applied Sciences for Vancouver Fraser Port Authority ECHO Program. Available at: <https://www.flipsnack.com/portvancouver/echo-haro-strait-slowdown-trial-summary/full-view.html>

McPherson, C., Zizheng, L., Quijano, J. (2019). Underwater sound propagation modelling to illustrate potential noise exposure to Maui dolphins from seismic surveys and vessel traffic on West Coast North Island, New Zealand. Available at: <https://static1.squarespace.com/static/52aa2773e4b0f29916f46675/t/62ebc2d26fe30554647fc78d/1659618009850/Modelling+exposure+to+Maui+dolphins+New+Zealand.pdf>

NMFS - National Marine Fisheries Service (US) (2014). Marine Mammals: Interim Sound Threshold Guidance (webpage). National Marine Fisheries Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S. Department of Commerce. Available at: [http://www.westcoast.fisheries.noaa.gov/protected\\_species/marine\\_mammals/threshold\\_guidance.html](http://www.westcoast.fisheries.noaa.gov/protected_species/marine_mammals/threshold_guidance.html)

NMFS - National Marine Fisheries Service (US) (2016). Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing: Underwater Acoustic Thresholds for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts. US Department of Commerce, NOAA. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-55. 178 pp.

NMFS - National Marine Fisheries Service (US) (2018). 2018 Revision to: Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 2.0): Underwater Thresholds for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts. US Department of Commerce, NOAA. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-59. 167 pp. Available at: <https://www.fisheries.noaa.gov/webdam/download/75962998>

Robinson, S. P., Lepper, P. A., & Hazelwood, R. A. (2014). Good Practice Guide for Underwater Noise Measurement, National Measurement Office, Marine Scotland, The Crown Estate, NPL Good Practice Guide No. 133, ISSN: 1368-6550. Available at: <http://www.npl.co.uk/upload/pdf/gpg133-underwater-noise-measurement.pdf>

Southall, B.L., Bowles, A.E., Ellison, W.T., Finneran, J.J., Gentry, R.L., Greene, C.R., Kastak, Jr., D., Ketten, D.R., Miller, J.H., et al. (2007). Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations. Aquatic Mammals 33(4): 411-521.

Southall, B.L., Finneran, J.J., Reichmuth, C., Nachtigall, P.E., Ketten, D.R., Bowles, A.E., Ellison, W.T., Nowacek, D.P., Tyack, P.L. (2019). Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Updated Scientific Recommendations for Residual Hearing Effects. Aquatic Mammals 45(2): 125-232.

ATI:



Consorzio Stabile Grandi Lavori S.c.r.l.

Imprese Consorziate Esecutrici



FINCOSIT



CONSORZIO INTEGRA



RTP:



UNEP-CBD (2012). Scientific Synthesis on the Impacts of Underwater Noise on Marine and Coastal Biodiversity and Habitats. UNEP/CBD/SBSTTA/16/INF/12, 12 March 2012. Available at: <https://www.cbd.int/kb/record/meetingDocument/86665?Subject=MAR>

van Geel, N. C., Risch, D., & Wittich, A. (2022). A brief overview of current approaches for underwater sound analysis and reporting. *Marine Pollution Bulletin*, 178, 113610.

Warner, G.A., Wood, J.D., Frey, S., MacGillivray, A.O., Tollit, D.J., Li, Z., and McWhinnie, L. (2019). Salish Sea Ambient Noise Evaluation 2016–2017: Enhancing Cetacean Habitat and Observation Program. Document 01756, Version 2.0. Technical report by JASCO Applied Sciences, SMRU Consulting, and Coastal and Ocean Resource Analysis Laboratory for Vancouver Fraser Port Authority. Available at: <https://repository.oceanbestpractices.org/bitstream/handle/11329/1572/2021-03-15%20OBPS%20Salish%20Sea%20Ambient%20Noise%20submission.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Williams, R., Cholewiak, D., Clark, C. W., Erbe, C., George, C., Lacy, R., et al. (2020). Chronic ocean noise and cetacean population models. *J. Cetacean Res. Manage.* 21(1), 85-94.

NMFS - National Marine Fisheries Service (US) (2018). 2018 Revision to: Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 2.0): Underwater Thresholds for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts. US Department of Commerce, NOAA. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-59. 167 pp. Available at: <https://www.fisheries.noaa.gov/webdam/download/75962998>

Robinson, S. P., Lepper, P. A., & Hazelwood, R. A. (2014). Good Practice Guide for Underwater Noise Measurement, National Measurement Office, Marine Scotland, The Crown Estate, NPL Good Practice Guide No. 133, ISSN: 1368-6550. Available at: <http://www.npl.co.uk/upload/pdf/gpg133-underwater-noise-measurement.pdf>

Southall, B.L., Bowles, A.E., Ellison, W.T., Finneran, J.J., Gentry, R.L., Greene, C.R., Kastak, Jr., D., Ketten, D.R., Miller, J.H., et al. (2007). Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations. *Aquatic Mammals* 33(4): 411-521.

Southall, B.L., Finneran, J.J., Reichmuth, C., Nachtigall, P.E., Ketten, D.R., Bowles, A.E., Ellison, W.T., Nowacek, D.P., Tyack, P.L. (2019). Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Updated Scientific Recommendations for Residual Hearing Effects. *Aquatic Mammals* 45(2): 125-232.

UNEP-CBD (2012). Scientific Synthesis on the Impacts of Underwater Noise on Marine and Coastal Biodiversity and Habitats. UNEP/CBD/SBSTTA/16/INF/12, 12 March 2012. Available at: <https://www.cbd.int/kb/record/meetingDocument/86665?Subject=MAR>

van Geel, N. C., Risch, D., & Wittich, A. (2022). A brief overview of current approaches for underwater sound analysis and reporting. *Marine Pollution Bulletin*, 178, 113610.

Warner, G.A., Wood, J.D., Frey, S., MacGillivray, A.O., Tollit, D.J., Li, Z., and McWhinnie, L. (2019). Salish Sea Ambient Noise Evaluation 2016–2017: Enhancing Cetacean Habitat and Observation Program. Document 01756, Version 2.0. Technical report by JASCO Applied Sciences, SMRU Consulting, and Coastal and Ocean Resource Analysis Laboratory for Vancouver Fraser Port Authority. Available at: <https://repository.oceanbestpractices.org/bitstream/handle/11329/1572/2021-03-15%20OBPS%20Salish%20Sea%20Ambient%20Noise%20submission.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

**ATI:**



**Consorzio Stabile Grandi Lavori S.c.r.l.**

Imprese Consorziate Esecutrici



**FINCOSIT**



**CONSORZIO INTEGRA**



**RTP:**



Williams, R., Cholewiak, D., Clark, C. W., Erbe, C., George, C., Lacy, R., et al. (2020). Chronic ocean noise and cetacean population models. J. Cetacean Res. Manage. 21(1), 85-94.

**ATI:**



**Consorzio Stabile  
Grandi Lavori S.c.r.l.**

Imprese Consorziate Esecutrici



**FINCOSIT**



CONSORZIO  
**INTEGRA**



**RTP:**



# Allegato 1

## Monitoraggio Ante Operam Rumore subacqueo

### ATI:



**Consorzio Stabile  
Grandi Lavori S.c.r.l.**

Imprese Consorziate Esecutrici



**FINCOSIT**



CONSORZIO  
**INTEGRA**



### RTP:



ACDA Group Company

## 1. TERMINOLOGIA E DEFINIZIONI

La terminologia tecnica utilizzata in questo documento si riferisce alla ISO 18405:2017 ([www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:18405:ed-1:v1:en](http://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:18405:ed-1:v1:en)). La ISO 18405:2017 definisce i termini e le espressioni impiegate nel campo dell'acustica subacquea, compresi i suoni naturali, biologici e antropogenici.

In Tabella 1 è riportata la lista dei termini qui utilizzati.

Termine	Definizione	Descrizione
<i>Sound Pressure Level (root mean square)</i>	$(L_{p,rms})$ dB re 1 $\mu$ Pa	$L_{p,rms}$ è il rapporto in decibel tra la pressione sonora quadratica media in tutta la banda di frequenza $(\overline{p^2})$ , e il quadrato della pressione sonora di riferimento che per il suono nell'acqua è un micropascal ( $p_0 = 1 \mu Pa$ ) (ANSI S1.1-1994 R2004)
<i>Sound Pressure Level (peak)</i>	$(L_{p-pk})$ dB re 1 $\mu$ Pa	$L_{p,pk}$ è il rapporto in decibel tra il valore della pressione di picco $p_{pk}$ (modulo del più grande valore di pressione ottenuta nell'intervallo di tempo considerato) e la pressione sonora di riferimento che per il suono nell'acqua è un micropascal ( $p_0 = 1 \mu Pa$ ) (ANSI S1.1-1994 R2004)
<i>Sound Exposure Level</i>	$(L_{E,p})$ dB re 1 $\mu Pa^2 s$	$L_{E,p}$ è il rapporto in decibel tra l'integrale nel tempo del quadrato della pressione misurata nell'intervallo di tempo considerato ( $E_p$ ), e il valore di riferimento che per il suono nell'acqua è ( $E_{p,0} = 1 \mu Pa^2 s$ )
<i>Power Spectral Density</i>	$(L_{p,f})$ dB re 1 $\mu Pa^2/Hz$	$L_{p,f}$ è il rapporto in decibel tra la densità spettrale della pressione sonora quadratica media $(\overline{p^2})_f$ , e il valore di riferimento che per il suono nell'acqua è $(\overline{p^2})_{f,0} = 1 \mu Pa^2/Hz$ (ANSI S1.1-1994 R2004).

Tabella 1. Lista dei termini e delle espressioni di acustica subacquea utilizzati in questo documento (ref. ISO 18405:2017).

## 2. STRUMENTAZIONE

Le misurazioni acustiche sono state effettuate utilizzando un idrofono Reson Teledyne Marine TC4040 connesso ad un cavo Mil:C-915 di 30 metri. Le specifiche tecniche dell'idrofono sono riportate in Allegato 1. L'idrofono è stato poi calato dall'imbarcazione appoggio M/B Maso di Arco89 (<https://www.arco89.com/>) a una profondità di 7-10 metri. Tutte le misure sono state acquisite con l'imbarcazione ferma in ciascun punto di campionamento, con il motore arrestato e tutta la strumentazione di bordo spenta.

L'idrofono è stato connesso a un preamplificatore Reson Teledyne Marine EC6081 mk2, collegato al registratore Zoom F6 (frequenza di campionamento: 48 kHz; risoluzione: 32 bit). Le specifiche tecniche del preamplificatore sono riportate in Allegato 2. Il manuale del registratore è disponibile qui:

[https://www.zoom.co.jp/sites/default/files/products/downloads/pdfs/I\\_F6\\_0.pdf](https://www.zoom.co.jp/sites/default/files/products/downloads/pdfs/I_F6_0.pdf)

Per la rilevazione dei parametri oceanografici è stata utilizzata una sonda multiparametrica CTD MAR380 della IdromarAmbiente, dotata di sensori per la misura di temperatura, conducibilità, pressione, ossigeno disciolto e torbidità, e un correntometro Acoustic Doppler Current Profile (ADCP) verticale, con frequenza 600 kHz, dotato di applicazione Bottom Track, modello WorkHorse della Teledyne RD Instruments, montato a scafo.

### 3. PUNTI DI REGISTRAZIONE

La Figura 1 riporta i punti di registrazione e la Tabella 1 le coordinate geografiche. I diversi siti sono stati selezionati in considerazione dei seguenti elementi:

- Distanza crescente dalla zona più interna del porto, ovvero l'area dove principalmente si svolgeranno i lavori;
- Sicurezza (traffico marittimo dell'area).



Figura 1. Mappa dei siti di campionamento acustico del rumore.

Stazione	Latitudine	Longitudine
St1	44.41827	8.84087
St2	44.41831	8.83775
St3	44.41982	8.83857
St4	44.41989	8.83507
St5	44.41819	8.83142
St6	44.41992	8.83166
St7	44.41992	8.83166
St8	44.42001	8.82867
St9	44.41812	8.82821
St10	44.42805	8.82316
St11	44.41789	8.80945
St12	44.40012	8.80551

Tabella 1. Coordinate geografiche dei siti di campionamento acustico.

## 4. ANALISI

Il rumore sottomarino è stato caratterizzato attraverso la stima dei seguenti livelli usati nell'acustica sottomarina (ISO 18405:2017):

(a) *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $(L_{p,rms})$  dB re 1  $\mu$ Pa]

$L_{p,rms}$  è il rapporto in decibel tra la pressione sonora quadratica media in tutta la banda di frequenza  $(\overline{p^2})$ , e il quadrato della pressione sonora di riferimento che per il suono nell'acqua è 1 micropascal ( $p_0 = 1 \mu Pa$ ) (ANSI S1.1-1994 R2004).

$$L_{p,rms} = 10 \log_{10}(\overline{p^2}/p_0^2) \quad [\text{dB re } 1 \mu Pa^2]$$

SPL<sub>rms</sub> può anche essere espresso nella seguente forma:

$$L_{p,rms} = 20 \log_{10} \left( \sqrt{\overline{p^2}}/p_0 \right) \quad [\text{dB re } 1 \mu Pa]$$

(b) *Sound Pressure Level (peak)* [ $(L_{p,pk})$  dB re 1  $\mu$ Pa]

$L_{p,pk}$  è il rapporto in decibel tra il valore della pressione di picco  $p_{pk}$  (modulo del più grande valore di pressione ottenuta nell'intervallo di tempo considerato) e la pressione sonora di riferimento che per il suono nell'acqua è un micropascal ( $p_0 = 1 \mu Pa$ ) (ANSI S1.1-1994 R2004).

$$L_{p,pk} = 20 \log_{10}(p_{pk}/p_0) \quad [\text{dB re } 1 \mu Pa]$$

(c) *Sound Exposure Level* [ $(L_{E,p})$  dB re 1  $\mu Pa^2 s$ ]

$L_{E,p}$  è il rapporto in decibel tra l'integrale nel tempo del quadrato della pressione misurata nell'intervallo di tempo considerato ( $E_p$ ), e il valore di riferimento che per il suono nell'acqua è ( $E_{p,0} = 1 \mu Pa^2 s$ )

$$L_{E,p} = 10 \log_{10}(E_p/E_{p,0}) \quad [\text{dB re } 1 \mu Pa^2 s]$$

In questa indagine *Sound Exposure Level* è stato anche stimato nelle bande di un terzo di ottava centrate a 63 Hz e a 125 Hz:

$$L_{E,63} = 10 \log_{10}(E_{p,63}/E_{p,0}) \quad [\text{dB re } 1 \mu Pa^2 s]$$

$$L_{E,125} = 10 \log_{10}(E_{p,125}/E_{p,0}) \quad [\text{dB re } 1 \mu Pa^2 s]$$

$E_{p,63}$  e  $E_{p,125}$  sono gli integrale nel tempo del quadrato della pressione stimata nelle bande di un terzo di ottava centrate a 63 e 125 Hz nell'intervallo di tempo considerato (T)

(d) *Power Spectral Density* [ $(L_{p,f})$  dB re 1  $\mu Pa^2/Hz$ ]

$L_{p,f}$  è il rapporto in decibel tra la densità spettrale della pressione sonora quadratica media  $(\overline{p^2})_f$ , e il valore di riferimento che per il suono nell'acqua è  $(\overline{p^2})_{f,0} = 1 \mu Pa^2/Hz$  (ANSI S1.1-1994 R2004).

$$L_{p,f} = 10 \log_{10}(\overline{p^2})_f / (\overline{p^2})_{f,0} \quad [\text{dB re } 1 \mu Pa^2/Hz]$$

Il *Power Spectral Density*  $L_{p,f_c}$  è stato anche stimato nelle bande di un terzo di ottava valutabili all'interno dell'intervallo di frequenza di campionamento; è stato definito *Band Spectral Density*  $L_{p,f_c}$

La stima dei livelli del rumore nel periodo del monitoraggio è stata eseguita attraverso software sviluppato *ad hoc* implementato in Matlab:

[https://it.mathworks.com/products/matlab.html?s\\_tid=hp\\_ff\\_p\\_matlab](https://it.mathworks.com/products/matlab.html?s_tid=hp_ff_p_matlab)

Per ogni punto di monitoraggio sono stati registrati file acustici della durata di 10 minuti alla frequenza di campionamento di 48000 Hz.

I valori dei livelli di rumore  $L_{p,rms}$  (dB re 1  $\mu$ Pa) e  $L_{p,pk}$  (dB re 1  $\mu$ Pa) sono stati calcolati in un intervallo di 10 secondi, ottenendo 6 valori al minuto per un totale di N=60 valori per ogni sito di campionamento.

*Sound Exposure Level*  $L_{E,p}$  (dB re 1  $\mu$ Pa<sup>2</sup> s), invece, è stato calcolato per l'intero periodo di registrazione (10 minuti). Per lo stesso intervallo di tempo sono state calcolate i livelli  $L_{E,fc}$  nella banda di 1/3 di ottava centrate a 63 Hz e 125 Hz. La stima dei livelli sonore nelle bande di un terzo di ottava centrati a 63 Hz e 125 Hz è stata effettuata in linea con il descrittore 11.2 della Direttiva 2008/56/CE (*Marine Strategy Framework Directive - MSFD*) e indicato nel dettaglio dal MSFD Technical Sub-Group on Underwater Noise (Dekeling et al., 2014).

Per l'analisi spettrale, la stima di *Power Spectral Density*  $L_{p,f}$  (dB re 1  $\mu$ Pa<sup>2</sup>/Hz) è stata condotta utilizzando la funzione Matlab *pwelch*:

<https://www.mathworks.com/help/signal/ref/pwelch.html>

*Welch's Power Spectral Density estimate* calcola la media di segmenti sovrapposti; per ogni intervallo di 10 secondi, applicando una finestra di analisi del segnale di tipo "Hamming" di 1 secondo con una sovrapposizione del 50%. Il valore del  $L_{p,f}$  è stato utilizzato per la stima dei  $L_{p,fc}$ .

Tutte le misurazioni e le analisi acustiche sono state effettuate seguendo le indicazioni descritte nel *National Physical Laboratory (NPL) Good Practice Guide No. 133 – Underwater Noise Measurement* (Robinson et al., 2014).

La velocità del suono nei siti di registrazione è stata stimata utilizzando la formula empirica di Mackenzie (1981). Tale relazione permette di determinare con una buona approssimazione la velocità del suono nella colonna d'acqua partendo dai dati di temperatura, salinità e profondità rilevati dalla sonda multiparametrica:

$$v = 1448.96 + 4.591 \cdot T - 5.304 \cdot 10^{-2} T^2 + 2.374 \cdot 10^{-4} T^3 + 1.340 (S - 35) + 1.630 \cdot 10^{-2} z + 1.675 \cdot 10^{-7} z^2 - 1.025 \cdot 10^{-2} T (S - 35) - 7.139 \cdot 10^{-13} T z^3$$

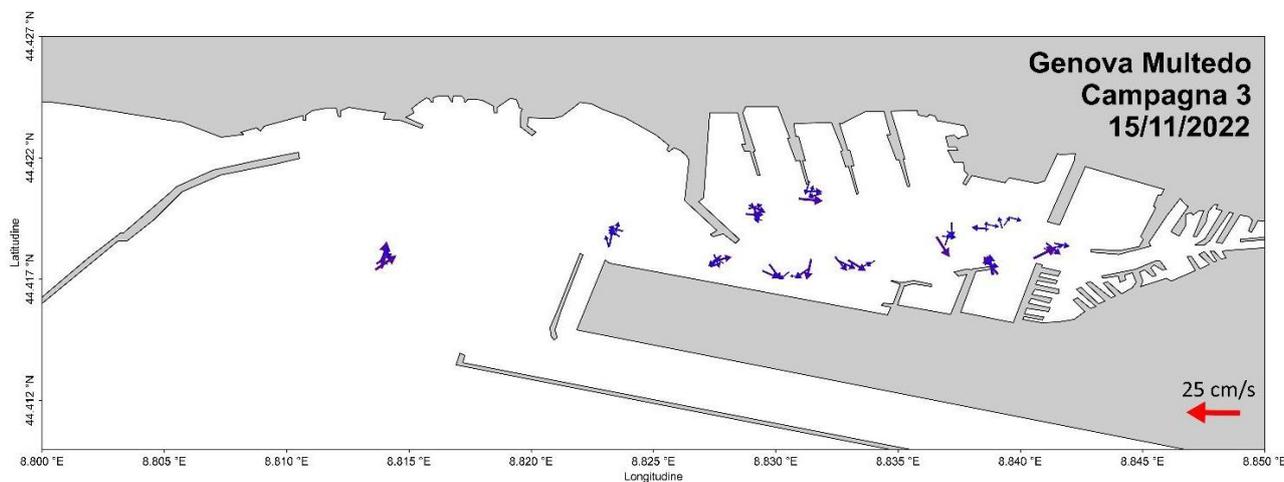
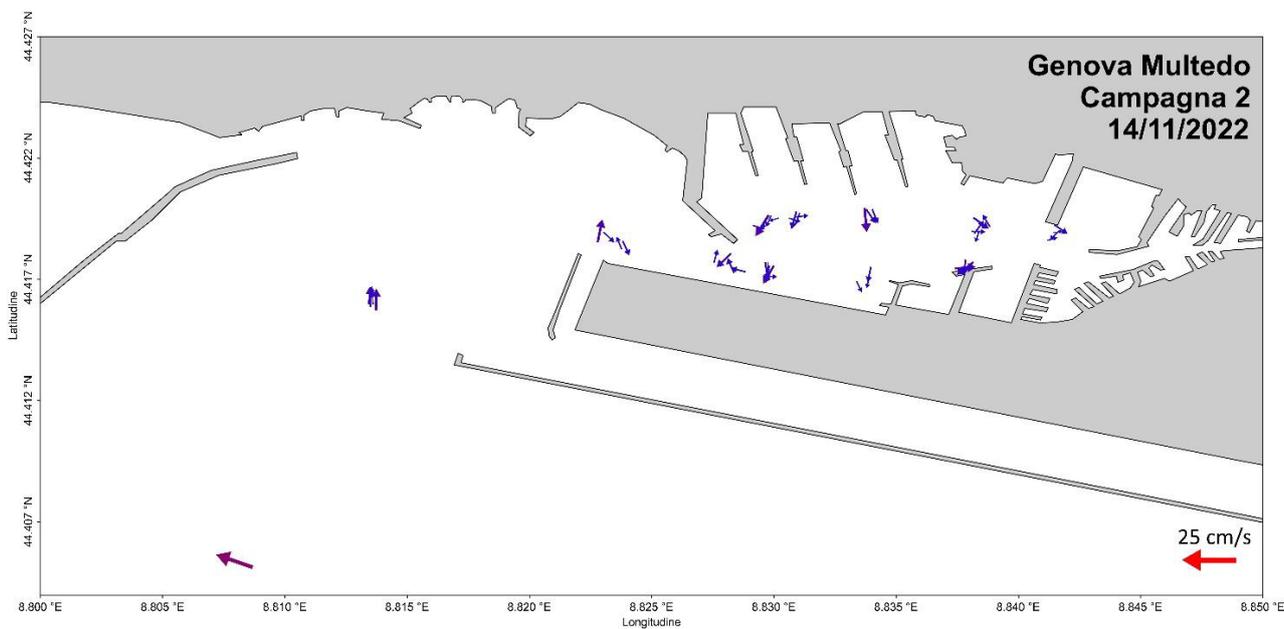
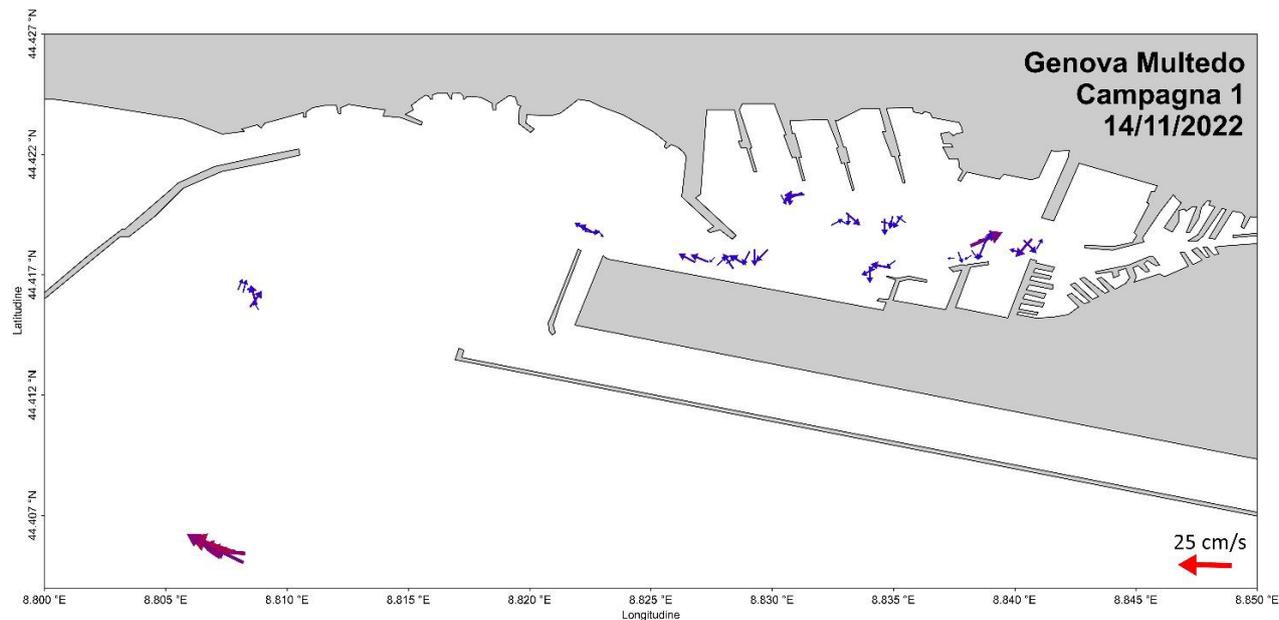
dove T è la temperatura dell'acqua [C°], S è la salinità [ppt] e z è la profondità [m].

## 5. RISULTATI

Complessivamente nei giorni 14 e 15 novembre 2022, in assenza di precipitazioni, sono state effettuate 35 registrazioni di 10 minuti con l'idrofono posto alla profondità di 7 metri (stazione 1) e di 10 metri (tulle le altre stazioni), realizzando 3 campionamenti per stazione (Tabella 2). Il 15/11/2022 non è stato possibile effettuare la registrazione presso la stazione S12 esterna al porto per via del consistente moto ondoso e delle intense raffiche di vento. Le condizioni meteo-marine sono rimaste abbastanza costanti in tutti i punti di campionamento acustico nell'arco della stessa giornata, con presenza di vento >10 nodi e correnti che in alcuni casi hanno determinato scostamenti apprezzabili rispetto alle coordinate prefissate nel corso dei 10 minuti di registrazione in entrambe le giornate di campionamento (per ragioni di sicurezza non è stato possibile ancorare l'imbarcazione). Le mappe con i vettori delle correnti nei punti di campionamento sono riportati in Figura 2.

Data	Stazione	Latitudine	Longitudine	Profondità	Campionamento	Ora inizio registrazione	Direzione del vento	Forza del vento (scala Beaufort)	Stato del mare (scala Douglas)
14/11/2022					1	12:27	NNE	3	1-2
14/11/2022	S1	44.41827	8.84087	9 m	2	16:10	WSW	2	1
15/11/2022					3	16:30	N	2	1-2
14/11/2022					1	12:09	NNE	3	1-2
14/11/2022	S2	44.41831	8.83775	13 m	2	15:50	WSW	2	1
15/11/2022					3	16:12	N	2	1-2
14/11/2022					1	13:20	N	3	1-2
14/11/2022	S3	44.41982	8.83857	10 m	2	16:25	WSW	2	1
15/11/2022					3	15:54	N	2	1-2
14/11/2022					1	13:38	NW	2	1
14/11/2022	S4	44.41989	8.83507	20 m	2	16:41	WSW	2	1
15/11/2022					3	15:00	N	2	1-2
14/11/2022					1	11:50	NNE	3	1-2
14/11/2022	S5	44.41819	8.83142	16 m	2	15:28	WSW	2	1
15/11/2022					3	14:42	N	2	1-2
14/11/2022					1	11:29	NNE	3	1-2
14/11/2022	S6	44.41992	8.83166	22 m	2	15:13	WSW	2	1
15/11/2022					3	14:22	N	2	1-2
14/11/2022					1	13:55	W	2	1
14/11/2022	S7	44.41992	8.83166	17.5 m	2	16:55	WSW	2	1
15/11/2022					3	14:07	N	2	1-2
14/11/2022					1	14:11	WSW	2	1
14/11/2022	S8	44.42001	8.82867	15 m	2	17:09	WSW	2	1
15/11/2022					3	13:50	N	2	1-2
14/11/2022					1	11:10	NNE	3	1-2
14/11/2022	S9	44.41812	8.82821	18 m	2	14:59	WSW	2	1
15/11/2022					3	13:33	N	2	1-2
14/11/2022					1	10:51	NNE	3	1-2
14/11/2022	S10	44.42805	8.82316	16 m	2	14:43	WSW	2	1
15/11/2022					3	13:15	N	2	1-2
14/11/2022					1	10:23	NNE	3	1-2
14/11/2022	S11	44.41789	8.80945	17m	2	17:35	WSW	2	1
15/11/2022					3	12:32	N	2	2-3
14/11/2022					1	9:58	NNE	3	1-2
14/11/2022	S12	44.40012	8.80551	40 m	2	17:58	WSW	2	1

**Tabella 2. Sintesi delle registrazioni effettuate il 14 e 15 novembre 2022 e delle condizioni meteo-marine presso i siti di campionamento.**



**Figura 2. Mappe con i vettori di corrente misurati nello strato superficiale presso i siti di registrazione nel corso dei campionamenti effettuati il 14 e 15 novembre 2022.**

### 5.1 Sound Pressure Level (root mean square) $L_{p,rms}$ (dB re 1 $\mu$ Pa)

La Tabella 3 riporta i valori di *Sound Pressure Level (root mean square)*  $L_{p,rms}$  (dB re 1  $\mu$ Pa) stimati nei diversi siti di registrazione. Complessivamente si osservano valori medi compresi tra 98 e 114, con variabilità sia all'interno dello stesso sito, sia tra siti differenti. Tale variabilità è da attribuire alle diverse condizioni durante le registrazioni, ovvero al passaggio di imbarcazioni differenti a diverse distanze dalla piattaforma di rilevazione.

I grafici dell'andamento temporale delle stime di *Sound Pressure Level (root mean square)* per ogni singolo sito di campionamento sono riportati nell'Allegato 3.

Data	Stazione	Latitudine	Longitudine	Profondità	Campionamento	Min	Max	Media	Std. error	Mediana	Varianza	Coeff. var	Media stazione
14/11/2022	1	44.41827	8.84087	9 m	1	97.2	112.4	106.0	0.4	106.8	10.3	3.0	105.3
14/11/2022					2	104.2	124.6	112.9	0.6	112.4	19.4	3.9	
15/11/2022					3	93.3	102.0	97.2	0.3	97.0	4.7	2.2	
14/11/2022	2	44.41831	8.83775	13 m	1	97.8	111.5	104.4	0.4	104.3	9.3	2.9	99.8
14/11/2022					2	96.2	103.8	98.2	0.2	98.0	2.1	1.5	
15/11/2022					3	94.5	102.2	96.9	0.2	96.5	2.8	1.7	
14/11/2022	3	44.41982	8.83857	10 m	1	97.2	115.4	104.6	0.5	105.0	17.1	3.9	104.4
14/11/2022					2	101.8	113.5	107.1	0.3	107.0	5.9	2.3	
15/11/2022					3	98.9	106.7	101.6	0.2	101.6	2.3	1.5	
14/11/2022	4	44.41989	8.83507	20 m	1	101.7	123.9	118.1	0.5	119.4	17.8	3.6	113.9
14/11/2022					2	96.0	119.1	112.9	0.8	115.9	42.6	5.8	
15/11/2022					3	99.3	119.2	110.8	0.5	110.3	18.0	3.8	
14/11/2022	5	44.41819	8.83142	16 m	1	94.3	119.2	108.0	0.9	108.6	52.3	6.7	106.4
14/11/2022					2	99.2	114.0	108.2	0.4	108.9	8.8	2.8	
15/11/2022					3	95.4	112.2	103.0	0.5	102.9	15.8	3.9	
14/11/2022	6	44.41992	8.83166	22 m	1	102.4	111.2	107.6	0.2	107.4	3.1	1.6	104.4
14/11/2022					2	96.0	100.6	97.7	0.2	97.4	1.5	1.2	
15/11/2022					3	99.9	113.0	107.9	0.5	110.0	16.4	3.7	
14/11/2022	7	44.41992	8.83166	17.5 m	1	99.4	111.3	106.3	0.4	106.4	8.2	2.7	104.4
14/11/2022					2	98.2	132.2	103.1	0.9	100.2	50.2	6.9	
15/11/2022					3	91.0	111.0	103.7	0.6	104.6	21.7	4.5	
14/11/2022	8	44.42001	8.82867	15 m	1	100.1	110.4	102.7	0.4	100.8	10.3	3.1	102.2
14/11/2022					2	99.6	107.0	102.4	0.2	101.9	3.9	1.9	
15/11/2022					3	92.7	111.4	101.4	0.4	101.9	12.4	3.5	
14/11/2022	9	44.41812	8.82821	18 m	1	103.5	112.2	108.4	0.3	108.8	5.4	2.1	103.3
14/11/2022					2	99.1	112.2	105.5	0.5	104.9	15.3	3.7	
15/11/2022					3	92.8	106.1	95.9	0.4	94.8	8.1	3.0	
14/11/2022	10	44.42805	8.82316	16 m	1	92.0	111.2	100.5	0.6	100.2	21.2	4.6	102.1
14/11/2022					2	101.1	111.1	108.2	0.2	108.5	3.3	1.7	
15/11/2022					3	87.5	114.5	97.5	0.8	94.7	45.2	6.9	
14/11/2022	11	44.41789	8.80945	17m	1	98.8	107.6	103.6	0.3	103.7	5.4	2.2	98.2
14/11/2022					2	91.3	110.5	96.5	0.7	93.5	34.5	6.1	
15/11/2022					3	91.8	97.8	94.3	0.1	94.3	1.2	1.1	
14/11/2022	12	44.40012	8.80551	40 m	1	76.3	104.5	95.5	0.8	97.3	47.8	7.2	101.8
14/11/2022					2	99.5	114.6	108.1	0.4	108.3	10.4	3.0	

**Tabella 3. Valori di *Sound Pressure Level (root mean square)*  $L_{p,rms}$  (dB re 1  $\mu$ Pa) stimati nei diversi siti di registrazione. I valori medi per stazione sono evidenziati in grigio nell'ultima colonna.**

### 5.2 Sound pressure level (peak) $L_{p,pk}$ (dB re 1 $\mu$ Pa)

La Tabella 4 riporta i valori di *Sound Pressure Level (peak)*  $L_{p,pk}$  (dB re 1  $\mu$ Pa) stimati nei diversi siti di registrazione. Complessivamente si osservano valori medi compresi tra 113 e 126, con variabilità sia all'interno dello stesso sito, sia tra siti differenti. Come nel caso dei valori di *Sound Pressure Level (root mean square)*, tale variabilità è da attribuire alle diverse

condizioni durante le registrazioni, ovvero al passaggio di imbarcazioni differenti a diverse distanze dalla piattaforma di rilevazione.

I grafici dell'andamento temporale delle stime di *Sound Pressure Level (peak)* per ogni singolo sito di campionamento sono riportati nell'Allegato 3.

Data	Stazione	Latitudine	Longitudine	Profondità	Campionamento	Min	Max	Media	Std. error	Mediana	Varianza	Coeff. var	Media stazione
14/11/2022	S1	44.41827	8.84087	9 m	1	115.0	132.1	119.8	0.4	119.3	11.0	2.8	123.6
14/11/2022					2	120.0	149.8	127.0	0.8	124.9	43.0	5.2	
15/11/2022					3	113.1	136.7	124.0	0.8	123.5	35.1	4.8	
14/11/2022	S2	44.41831	8.83775	13 m	1	114.2	125.2	119.8	0.3	119.6	6.0	2.0	126.1
14/11/2022					2	123.8	139.3	130.1	0.4	129.8	9.6	2.4	
15/11/2022					3	121.2	135.7	128.3	0.4	128.4	10.3	2.5	
14/11/2022	S3	44.41982	8.83857	10 m	1	112.5	141.9	121.1	0.8	119.7	41.7	5.3	118.8
14/11/2022					2	114.0	126.3	119.1	0.3	118.8	5.6	2.0	
15/11/2022					3	111.1	124.7	116.2	0.3	116.2	7.1	2.3	
14/11/2022	S4	44.41989	8.83507	20 m	1	117.6	132.1	125.9	0.3	126.7	4.4	1.7	124.9
14/11/2022					2	109.5	128.8	122.2	0.7	124.5	28.5	4.4	
15/11/2022					3	115.0	134.7	126.4	0.6	127.5	21.7	3.7	
14/11/2022	S5	44.41819	8.83142	16 m	1	110.6	127.7	120.7	0.6	121.2	23.2	4.0	119.3
14/11/2022					2	112.3	135.8	120.5	0.5	120.5	17.1	3.4	
15/11/2022					3	109.4	141.6	116.9	0.6	116.3	23.3	4.1	
14/11/2022	S6	44.41992	8.83166	22 m	1	115.9	129.8	120.1	0.3	119.3	7.2	2.2	118.5
14/11/2022					2	111.4	120.0	114.7	0.2	114.7	3.0	1.5	
15/11/2022					3	113.0	134.8	120.6	0.5	120.2	14.1	3.1	
14/11/2022	S7	44.41992	8.83166	17.5 m	1	111.9	133.4	118.9	0.6	117.7	20.8	3.8	121.2
14/11/2022					2	111.1	153.2	120.7	1.3	117.6	108.5	8.6	
15/11/2022					3	115.8	134.9	124.0	0.6	123.8	23.0	3.9	
14/11/2022	S8	44.42001	8.82867	15 m	1	112.8	127.1	116.7	0.4	116.2	10.2	2.7	118.0
14/11/2022					2	112.7	135.4	119.4	0.7	117.4	28.0	4.4	
15/11/2022					3	111.6	138.5	118.0	0.8	116.0	35.4	5.0	
14/11/2022	S9	44.41812	8.82821	18 m	1	117.1	125.1	121.5	0.2	121.5	3.8	1.6	119.1
14/11/2022					2	113.6	126.3	118.5	0.4	117.9	8.7	2.5	
15/11/2022					3	112.1	136.4	117.3	0.7	115.5	28.5	4.6	
14/11/2022	S10	44.42805	8.82316	16 m	1	111.1	123.6	116.3	0.3	116.1	6.0	2.1	117.5
14/11/2022					2	116.3	123.5	120.2	0.2	120.4	2.3	1.3	
15/11/2022					3	109.7	140.4	116.1	0.6	115.8	19.9	3.8	
14/11/2022	S11	44.41789	8.80945	17m	1	111.5	123.6	116.4	0.3	116.3	5.7	2.1	113.0
14/11/2022					2	106.8	120.5	111.8	0.5	110.4	13.1	3.2	
15/11/2022					3	107.0	116.9	110.7	0.3	110.6	4.9	2.0	
14/11/2022	S12	44.40012	8.80551	40 m	1	92.0	135.1	113.1	0.9	114.8	60.3	6.9	115.9
14/11/2022					2	112.4	123.3	118.7	0.3	118.9	6.8	2.2	

**Tabella 4. Valori di *Sound Pressure Level (peak)*  $L_{p,pk}$  (dB re 1  $\mu$ Pa) stimati nei diversi siti di registrazione nei diversi campionamenti. I valori medi per stazione sono evidenziati in grigio nell'ultima colonna**

### 5.3 *Sound Exposure Level* $L_{E,p}$ (dB re 1 $\mu$ Pa<sup>2</sup> s)

La Tabella 5 e la Figura 2 riportano i valori di *Sound Exposure Level*  $L_{E,p}$  (dB re 1  $\mu$ Pa<sup>2</sup> s) stimati nei diversi siti di campionamento per l'intero periodo di registrazione (10 minuti) e i valori  $L_{E,fc}$  nella banda di 1/3 di ottava centrata a 63 Hz e 125 Hz.

Data	Stazione	Latitudine	Longitudine	Profondità	Campionamento	$L_{E,fc}$ 63 Hz	$L_{E,fc}$ 125 Hz	$L_{E,p}$	Media $L_{E,p}$ stazione
14/11/2022	S1	44.41827	8.84087	9 m	1	116	111	135	135
14/11/2022					2	135	124	143	
15/11/2022					3	117	111	126	
14/11/2022	S2	44.41831	8.83775	13 m	1	107	101	131	132
14/11/2022					2	104	96	136	
15/11/2022					3	98	98	129	
14/11/2022	S3	44.41982	8.83857	10 m	1	102	115	132	128
14/11/2022					2	104	102	130	
15/11/2022					3	108	109	122	
14/11/2022	S4	44.41989	8.83507	20 m	1	114	109	126	132
14/11/2022					2	102	104	137	
15/11/2022					3	120	115	133	
14/11/2022	S5	44.41819	8.83142	16 m	1	117	114	126	128
14/11/2022					2	111	107	125	
15/11/2022					3	125	121	134	
14/11/2022	S6	44.41992	8.83166	22 m	1	132	113	136	137
14/11/2022					2	114	115	130	
15/11/2022					3	122	114	147	
14/11/2022	S7	44.41992	8.83166	17.5 m	1	132	124	143	141
14/11/2022					2	127	130	140	
15/11/2022					3	133	115	140	
14/11/2022	S8	44.42001	8.82867	15 m	1	118	118	137	135
14/11/2022					2	111	114	133	
15/11/2022					3	120	115	136	
14/11/2022	S9	44.41812	8.82821	18 m	1	113	110	126	133
14/11/2022					2	114	114	137	
15/11/2022					3	118	112	135	
14/11/2022	S10	44.42805	8.82316	16 m	1	127	120	144	136
14/11/2022					2	112	109	133	
15/11/2022					3	114	110	132	
14/11/2022	S11	44.41789	8.80945	17m	1	111	116	131	133
14/11/2022					2	121	115	130	
15/11/2022					3	110	109	137	
14/11/2022	S12	44.40012	8.80551	40 m	1	118	110	135	130
14/11/2022					2	112	107	125	

**Tabella 5. Valori di *Sound Exposure Level*  $L_{E,p}$  (dB re 1  $\mu\text{Pa}^2$  s) stimati nei diversi siti di registrazione.**

#### 5.4 Analisi livelli spettrali

L'analisi spettrale è stata condotta su tutti i siti di campionamento ed è stata rappresentata attraverso: (1) *Power Spectral Density*  $L_{p,f}$  (dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ) e (2) *Band Spectral Density*  $L_{p,fc}$  (dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ), ovvero l'accorpamento in tutte le bande di un terzo di ottava presenti all'interno della frequenza di campionamento.

I grafici di *Power Spectrum Density* e *Band Spectral Density* per ogni singolo sito di registrazione nei diversi campionamenti sono riportati nell'Allegato 3. In generale, in tutte le stazioni, si osservano picchi nelle frequenze inferiori ai 100 Hz determinati dall'intenso traffico di piccole imbarcazioni da diporto. Si evidenzia inoltre una elevata variabilità dei

valori di  $L_{p,f}$  e  $L_{p,fc}$  nell'intervallo di frequenze 100Hz – 1000Hz, probabilmente determinato dalla diversa tipologia di imbarcazioni e mezzi presenti nel porto; tale variabilità è ridotta nelle stazioni esterne al porto (St11 e St12).

Le Tabelle 6 e 7 riportano i valori di *Power Spectrum Density*  $L_{p,fc}$  stimati nelle bande di un terzo di ottava centrate a 63 Hz e 125 Hz per ogni singolo sito di campionamento, rispettivamente.

Data	Stazione	Latitudine	Longitudine	Profondità	Campionamento	Min	Max	Media	Std. error	Mediana	Varianza	25 prcnil	75 prcnil	Coeff. var	Media stazione
14/11/2022	S1	44.41827	8.84087	9 m	1	79	97	85	0.7	82	28	81	90	6	92
14/11/2022					2	91	115	104	0.7	105	29	101	108	5	
15/11/2022					3	78	94	86	0.6	87	22	82	91	6	
14/11/2022	S2	44.41831	8.83775	13 m	1	89	98	92	0.2	91	3	91	92	2	87
14/11/2022					2	86	95	89	0.3	88	5	87	90	2	
15/11/2022					3	75	93	79	0.5	78	18	77	81	5	
14/11/2022	S3	44.41982	8.83857	10 m	1	89	102	95	0.5	95	15	92	98	4	92
14/11/2022					2	86	111	101	0.6	102	23	98	105	5	
15/11/2022					3	72	97	80	0.8	79	38	76	84	8	
14/11/2022	S4	44.41989	8.83507	20 m	1	82	99	92	0.5	93	18	89	95	5	96
14/11/2022					2	84	109	100	0.9	102	49	99	106	7	
15/11/2022					3	85	108	95	0.8	95	38	90	100	6	
14/11/2022	S5	44.41819	8.83142	16 m	1	78	114	93	1.5	90	138	83	105	13	87
14/11/2022					2	77	98	87	0.7	86	29	84	90	6	
15/11/2022					3	76	91	82	0.4	82	10	79	84	4	
14/11/2022	S6	44.41992	8.83166	22 m	1	83	100	90	0.6	89	21	86	92	5	85
14/11/2022					2	76	97	82	0.5	80	16	79	84	5	
15/11/2022					3	82	94	85	0.3	85	5	83	86	3	
14/11/2022	S7	44.41992	8.83166	17.5 m	1	79	97	88	0.5	88	18	85	91	5	86
14/11/2022					2	81	113	85	0.9	83	52	82	86	8	
15/11/2022					3	78	90	83	0.3	83	7	81	85	3	
14/11/2022	S8	44.42001	8.82867	15 m	1	78	93	84	0.6	83	19	80	89	5	85
14/11/2022					2	80	86	82	0.2	82	2	81	83	2	
15/11/2022					3	76	100	90	0.9	92	45	83	95	7	
14/11/2022	S9	44.41812	8.82821	18 m	1	76	86	81	0.4	81	9	79	83	4	84
14/11/2022					2	82	98	89	0.5	89	15	86	91	4	
15/11/2022					3	81	87	83	0.2	83	2	83	84	2	
14/11/2022	S10	44.42805	8.82316	16 m	1	66	88	76	0.7	76	26	73	78	7	73
14/11/2022					2	68	80	74	0.4	75	11	71	76	4	
15/11/2022					3	62	76	69	0.4	70	11	67	72	5	
14/11/2022	S11	44.41789	8.80945	17m	1	66	81	73	0.5	72	16	70	76	6	75
14/11/2022					2	70	88	74	0.4	73	12	72	75	5	
15/11/2022					3	74	89	80	0.4	80	8	78	81	3	
14/11/2022	S12	44.40012	8.80551	40 m	1	64	90	82	0.9	84	48	82	86	8	78
14/11/2022					2	70	79	74	0.3	74	5	72	75	3	

**Tabella 6. Valori di *Power Spectrum Density*  $L_{p,fc}$  stimati nella banda di un terzo di ottava centrata a 63 Hz per ogni singolo sito di registrazione.**

Data	Stazione	Latitudine	Longitudine	Profondità	Campionamento	Min	Max	Media	Std. error	Mediana	Varianza	25 prcntil	75 prcntil	Coeff. var	Media stazione
14/11/2022	S1	44.41827	8.84087	9 m	1	77	94	81	0.5	80	12	79	82	4	84
14/11/2022					2	75	110	89	0.9	89	53	86	95	8	
15/11/2022					3	74	90	82	0.5	83	15	79	85	5	
14/11/2022	S2	44.41831	8.83775	13 m	1	82	91	87	0.4	86	9	84	90	3	83
14/11/2022					2	84	93	86	0.2	86	3	85	86	2	
15/11/2022					3	76	87	78	0.3	77	6	76	77	3	
14/11/2022	S3	44.41982	8.83857	10 m	1	82	102	91	0.6	90	24	87	95	5	87
14/11/2022					2	81	93	85	0.3	84	7	83	86	3	
15/11/2022					3	76	98	85	0.5	84	16	83	87	5	
14/11/2022	S4	44.41989	8.83507	20 m	1	81	93	85	0.3	85	5	84	86	3	91
14/11/2022					2	82	106	91	0.9	88	50	85	95	8	
15/11/2022					3	83	112	97	1.0	99	56	91	104	8	
14/11/2022	S5	44.41819	8.83142	16 m	1	78	99	84	0.6	83	20	81	85	5	85
14/11/2022					2	81	99	88	0.5	86	17	84	91	5	
15/11/2022					3	80	96	85	0.5	84	13	82	87	4	
14/11/2022	S6	44.41992	8.83166	22 m	1	76	98	82	0.7	80	30	78	85	7	83
14/11/2022					2	77	92	81	0.3	81	7	79	83	3	
15/11/2022					3	79	96	84	0.5	84	12	82	86	4	
14/11/2022	S7	44.41992	8.83166	17.5 m	1	78	90	83	0.4	82	8	81	84	3	82
14/11/2022					2	81	106	85	0.8	82	36	81	85	7	
15/11/2022					3	74	90	79	0.5	77	14	76	80	5	
14/11/2022	S8	44.42001	8.82867	15 m	1	78	86	82	0.2	82	3	80	83	2	83
14/11/2022					2	78	98	85	0.7	82	25	81	89	6	
15/11/2022					3	72	95	84	0.9	87	48	75	89	8	
14/11/2022	S9	44.41812	8.82821	18 m	1	69	90	78	0.7	78	33	72	83	7	79
14/11/2022					2	75	89	81	0.5	81	16	77	85	5	
15/11/2022					3	73	86	78	0.4	77	10	75	79	4	
14/11/2022	S10	44.42805	8.82316	16 m	1	61	87	68	0.7	67	31	64	72	8	67
14/11/2022					2	62	75	68	0.3	68	7	66	70	4	
15/11/2022					3	60	85	66	0.5	65	18	63	67	6	
14/11/2022	S11	44.41789	8.80945	17m	1	70	101	79	1.0	77	59	73	84	10	78
14/11/2022					2	71	78	74	0.2	75	2	74	75	2	
15/11/2022					3	72	85	80	0.4	81	10	78	82	4	
14/11/2022	S12	44.40012	8.80551	40 m	1	60	86	79	1.0	81	56	80	83	9	77
14/11/2022					2	72	79	75	0.3	76	4	74	77	3	

**Tabella 7. Valori di *Power Spectrum Density*  $L_{p,fc}$  stimati nelle banda di un terzo di ottava centrata a 125 Hz per ogni singolo sito di registrazione.**

## 5.5 Velocità del suono

I profili della velocità del suono ottenuti dai dati registrati dalla sonda multiparametrica e calcolati attraverso la formula empirica Mackenzie (1981) sono riportati in Allegato 4. Si osserva una apprezzabile variabilità tra le diverse stazioni, anche con variazioni dei diversi campionamenti nella stessa stazione.

## CONCLUSIONI

I rilievi acustici nell'area portuale di Genova Multedo sono stati eseguiti nei giorni 14 e 15 novembre 2022. Sono stati acquisiti i livelli di rumore ambientale in 12 stazioni di registrazione, effettuando 3 campionamenti/stazione (tranne la stazione 12, dove a causa delle condizioni meteomarine sfavorevoli, non è stato possibile acquisire la registrazione nella giornata del 15 novembre).

Le analisi del rumore subacqueo evidenziano:

1. livelli di *Sound Pressure Level (root mean square)*  $L_{p,rms}$  (dB re 1  $\mu\text{Pa}$ ) compresi in media tra 98 e 114;
2. livelli di *Sound Pressure Level (peak)*  $L_{p,pk}$  (dB re 1  $\mu\text{Pa}$ ) compresi in media tra 113 e 126;
3. livelli medi di *Sound Exposure Level*  $L_{E,p}$  (dB re 1  $\mu\text{Pa}^2 \text{ s}$ ) che non mostrano trend particolari in relazione ai diversi campionamenti nei siti di registrazione;
4. livelli di *Sound Exposure Level*  $L_{E,fc}$  (dB re 1  $\mu\text{Pa}^2 \text{ s}$ ) nella banda di un terzo di ottava centrata a 63Hz più elevati rispetto a quella centrata a 125 Hz;
5. livelli di *Power Spectrum Density*  $L_{p,fc}$  stimati nelle bande di un terzo di ottava centrate a 63Hz e 125Hz che mostrano valori inferiori presso i siti di registrazione esterni al porto (St10, St11, St12) rispetto a quelli interni.

E' da sottolineare che la campagna di misure è stata effettuata in condizioni di traffico navale più intenso nel corso dei campionamenti del 14 novembre, con una movimentazione cospicua di natanti a motore (da diporto) di piccole, medie e grandi dimensioni, di imbarcazioni a vela che navigavano a motore, di mezzi da lavoro in spostamento in alcune fasi di registrazione (rimorchiatori e draghe) e di grosse navi ormeggiate presso i terminali. Il 15 novembre non si è riscontrato il traffico di imbarcazioni del giorno precedente, pur rilevando i movimenti di rimorchiatori e draghe in alcune fasi di registrazione e la presenza delle grandi navi ormeggiate presso i terminali.

Le stime di rumore qui riportate nell'area di Genova Multedo rappresentano quindi una specifica fotografia temporale attraverso tre campionamenti in diversi siti di registrazione, caratterizzate da un elevato grado di variabilità dovuta a una rappresentazione parziale e contingente delle condizioni locali.

## **BIBLIOGRAFIA**

Dekeling, R. P. A., M.L. Tasker, A. J. Van der Graaf, M. A. Ainslie, M. H. Andersson, M. André, J. F. Borsani, K. Brensing, M. Castellote, D. Cronin, J. Dalen, T. Folegot, R. Leaper, J. Pajala, P. Redman, S. P. Robinson, P. Sigray, G. Sutton, F. Thomsen, S. Werner, D. Wittekind, J. V. Young (2014). Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas Part I, Part II e Part III. EUR, Scientific and Technical Research series, ISSN 1831-9424, ISBN 978-92-79-36339-9.

ISO 18405:2017. Underwater acoustics - Terminology, International Organization for Standardization (ISO, Geneva, Switzerland).

Available from: [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=62406](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=62406)

Mackenzie, K. V. (1981). Nine-term equation for sound speed in the oceans. Journal of the Acoustical Society of America 70, 807-812.

Robinson, S. P., Lepper, P. A., & Hazelwood, R. A. (2014). Good Practice Guide for Underwater Noise Measurement, National Measurement Office, Marine Scotland, The Crown Estate, NPL Good Practice Guide No. 133, ISSN: 1368-6550. <http://www.npl.co.uk/upload/pdf/gpg133-underwater-noise-measurement.pdf>

Urlick, R. J. (1967). "Principles of Underwater Sound for Engineers" McGraw-Hill, New York.

# ALLEGATO 1 – Scheda tecnica dell'idrofono

PRODUCT DATASHEET

TELEDYNE MARINE

## Hydrophone TC4040

### Reference Hydrophone



The TC4040 is an ideal standard reference hydrophone for calibration of transducers, hydrophones and underwater acoustic measurement systems.

The TC4040 offers flat frequency receiving response over a wide frequency range and the relatively high transmitting sensitivity makes it very useful within many areas of underwater acoustic research, tests and measurements.

The TC4040 utilizes sensor element technology that ensures a high stability with time and excellent performance.

The ceramic sensor element is encapsulated in special formulated NBR. The metallic support made of titanium, allows for precise mounting in suspension hangers.

### TECHNICAL SPECIFICATIONS

<b>Usable frequency range:</b>	1Hz to 120kHz +3/- 10dB
<b>Linear frequency range:</b>	1Hz to 80kHz $\pm 2.5$ dB
<b>Receiving voltage sensitivity:</b>	-206dB re 1V/ $\mu$ Pa ( $\pm 3$ dB) 56 $\mu$ V/Pa (nominal)
<b>Charge sensitivity:</b>	0.42pC/Pa (nominal)
<b>Transmitting sensitivity:</b>	132dB re 1 $\mu$ Pa/V at 1m (at 50kHz)
<b>Horizontal directivity:</b>	Omnidirectional $\pm 2$ dB at 100kHz (typical)
<b>Vertical directivity:</b>	260° $\pm 2$ dB at 50kHz (typical)
<b>Capacitance:</b>	8.3nF (nominal)
<b>Leakage resistance:</b>	>2Gohm
<b>Operating depth:</b>	400m
<b>Survival depth:</b>	500m
<b>Operating temperature range:</b>	-2°C to +80°C
<b>Storage temperature range:</b>	-40°C to +80°C
<b>Weight incl. cable, (in air):</b>	1.6kg
<b>Cable (length and type):</b>	10m shielded twisted pair, DSS-2 MIL-C-915 Optional cable lengths available on request
<b>Encapsulating material:</b>	Special formulated NBR
<b>Metal body:</b>	Titanium



### PRODUCT BENEFITS

- Wide operating frequency range
- Flat response over a wide frequency range
- Titanium mounting support
- Individually calibrated
- Water blocked cable to Mil: C-915



**TELEDYNE MARINE**  
RESON  
Everywhereyoulook™

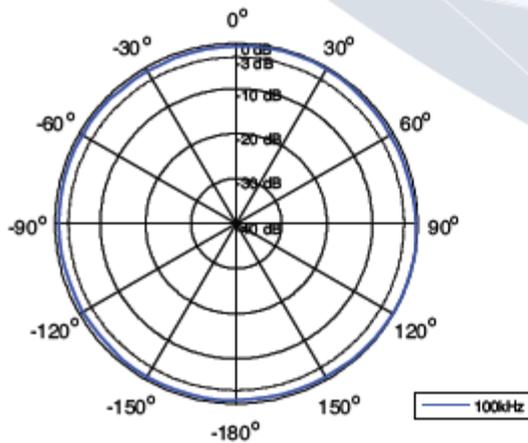
# Hydrophone TC4040

## Reference Hydrophone

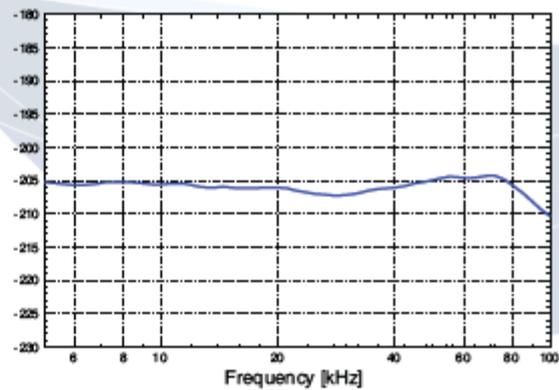
### NBR means Nitrile Rubber

The NBR rubber is first of all resistant to sea and fresh water but also resistant to oil. It is limited resistant to petrol, limited resistant to most acids and will be destroyed by base, strong acids, halogenated hydrocarbons (carbon tetrachloride, trichloroethylene), nitro hydrocarbons (nitrobenzene, aniline), phosphate ester hydraulic fluids, Ketones (MEK, acetone), Ozone and automotive brake fluid.

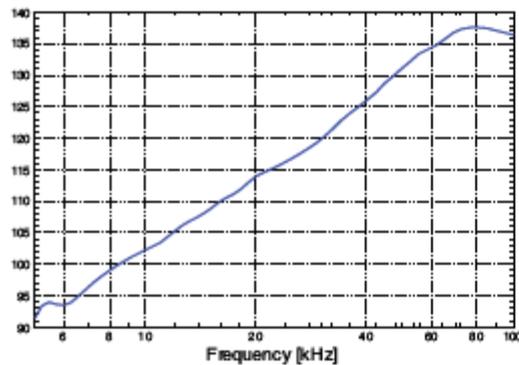
Horizontal Directivity Pattern



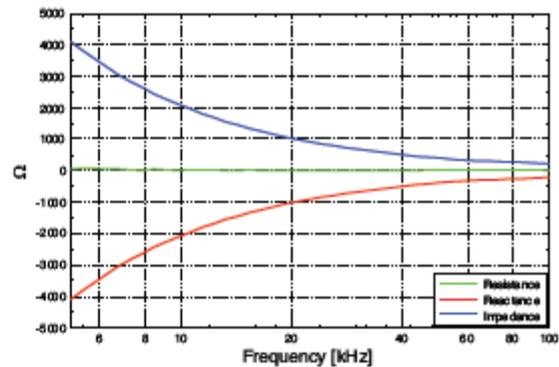
Receiving Sensitivity [dB re 1V/μPa @ 1m]



Transmitting Sensitivity [dB re 1μPa/V @ 1m]



Impedance

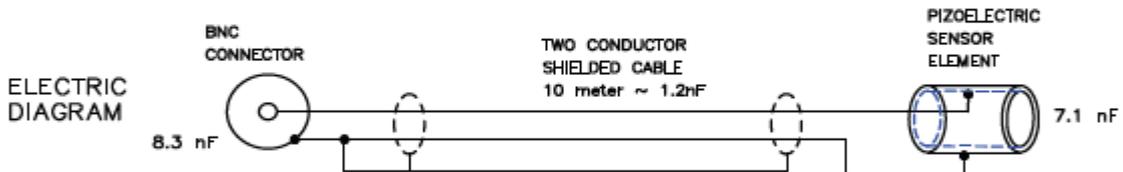
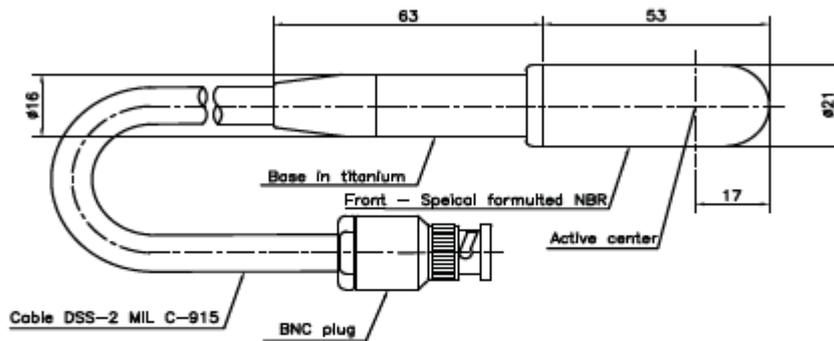


# Hydrophone TC4040

## Reference Hydrophone



### Outline Dimensions



For information on export control regulations on this product, please refer to [www.teledynemarine.com/reson](http://www.teledynemarine.com/reson)



**TELEDYNE MARINE**  
**RESON**  
*Everywhere you look™*

[www.teledynemarine.com/reson](http://www.teledynemarine.com/reson)

Tel: +45 4738 0022 (Europe) • Tel: +1 805 964 6260 (USA)

Email: [reson@teledyne.com](mailto:reson@teledyne.com)

# ALLEGATO 2 – Scheda tecnica dell'amplificatore dell'idrofono

Teledyne RESON EC6081 mk2

Teledyne RESON

## EC6081 mk2 VP2000 Voltage Preamplifier



The VP2000 is a 1MHz bandwidth Voltage Pre-amplifier designed for uses in conjunction with piezoelectric hydrophones.

VP2000 offers excellent low-noise performance over the entire frequency range and gain selections in 6 levels from 0 to 50dB.

A range of 12 high-pass and 12 low-pass filters allows for ideal band pass filter settings.

The VP2000 has a high input impedance which makes measurements at frequencies below 1Hz possible to perform with even very small hydrophone sensor capacities.

### PRODUCT BENEFITS

- 1Hz to 1MHz bandwidth
- Gain selection from 0 to 50dB
- Options of 12 high-pass filters and 12 low-pass filters
- Excellent low-noise characteristics

### TECHNICAL SPECIFICATIONS

#### INPUT:

Impedance:	1 Giga Ohm + 22pF
Max. level:	Up to 8Vp or 5.6Vrms depending on condition of rechargeable batteries.

#### OUTPUT:

Impedance:	10 Ohm/100µF
Max. level:	Up to 8Vp or 5.6Vrms depending on condition of rechargeable batteries.
Max. load:	10mF (100m cable)

#### GAIN:

Gain settings, 6 steps dB:	0-10-20-30-40-50 ±1dB
----------------------------	-----------------------

#### BANDWIDTH

Frequency range:	1Hz to 1MHz -3dB at 0dB to 40dB gain; 1MHz and 50dB gain -6dB.
------------------	--

#### NOISE:

Noise power density spectrum	20mV/√Hz (at 1kHz)
------------------------------	--------------------

#### HI-PASS FILTERS

-3dB @ Hz (6dB/oct):	1-10-50-100-500-1k-5k-10k-25k-50k-100k-250k
----------------------	---

#### LO-PASS FILTERS

-3dB @ Hz (6dB/oct):	1k-5k-10k-20k-25k-50k-100k-250k-500k-750-1M
----------------------	---

#### POWER SUPPLY:

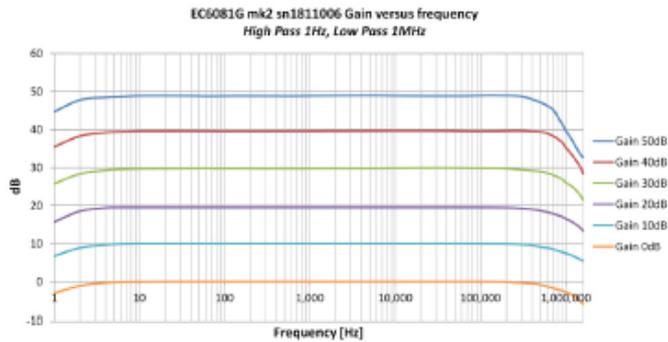
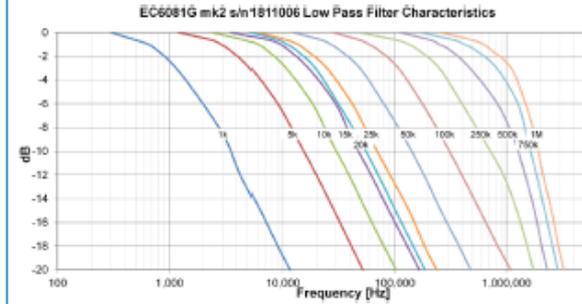
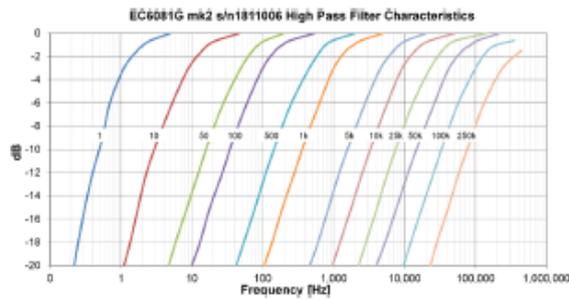
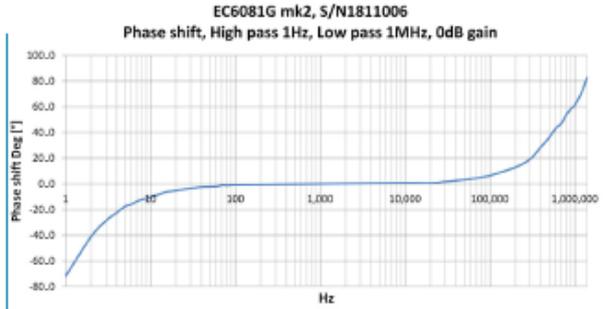
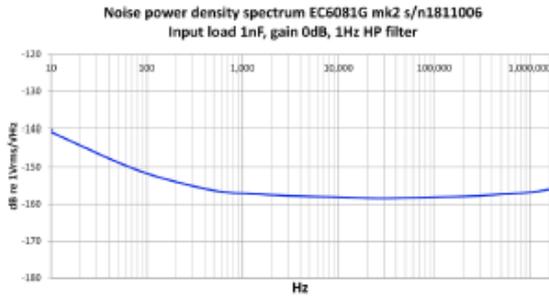
Voltage nominal/Current quiescent:	24VDC - 18 watt min. Recommended model: XP-Power type : VER18US240-1A
	24VDC input for charging. Current consumption of EC6081 mk2 approx 30mA.
	Power consumption from battery: approx. 18mA.
	Operation time: approx. 10 hours with 2pcs. 9Volt rechargeable batteries.

Enclosure case, dimensions:	125, 80, 60mm. (Lw, h) (Splash proof aluminum box)
-----------------------------	--

Accessories included :	2.1mm DC connector and wire supplemented with black and red banana plugs.
------------------------	---

# EC6081 mk2

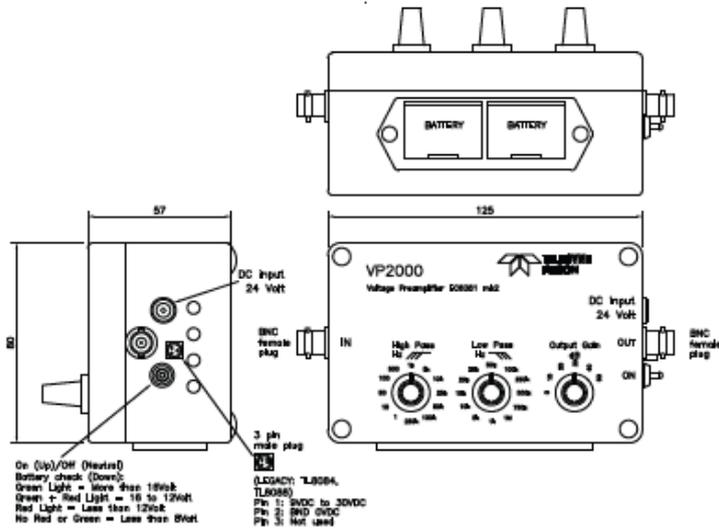
## VP2000 Voltage Preamplifier



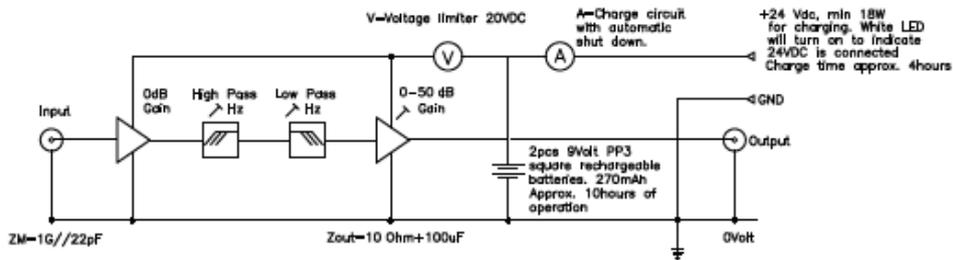
# EC6081 mk2

## VP2000 Voltage Preamplifier

### OUTLINE DIMENSIONS AND LAYOUT



### FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



### ACCESSORIES INCLUDED



2.1mm DC connector and wire with black and red banana plugs

# User guide

## EC6081 mk2 VP2000 Voltage Preamplifier

When switched on the LED below the switch turns blue



For use of EC6069 (Legacy supply)

For battery check press switch down. The LED next to the blue will be green to indicate good condition of the battery.



Green LED - >16V  
Green and red LED - 12V to 16V  
Red LED - <12V  
No LED - <8V

For low noise performance – utilize internal battery or EC6069 as supply. Disengage wall supply.

The two rechargeable 9V batteries can be replaced. If replaced temporarily with 9V alkaline batteries: DO NOT attempt to recharge as this will damage both batteries and the EC6081 mk2.




EC6081 mk2 can run on power from the old EC6068/ EC6069 or the old EC6072 supply when connected with the old TL8084 cable. Remove the rechargeable batteries first as the old EC6068/6069/6072 operates at 12VDC and 18VDC. EC6081 mk2 operates at 18VDC nominal (range min 10VDC to max 30VDC) but the charge circuit in EC6081 mk2 requires 24VDC.



For charging, use a 24VDC minimum 18 Watt wall supply with a 2.1mm center pin DC connector or the old TL8088 supply cable connected to a 24VDC lab supply or a 24V battery. The LED on the right will turn white.

Recommended wall supply: XP-Power type: VER18US240-JA

FD1935-2

Specifications subject to change without notice.  
© 2018 Teledyne RESON. All rights reserved.

# ALLEGATO 3 – Grafici misure acustiche per stazione per campionamento

## Sito di Registrazione 1 – St1 Campionamento 1

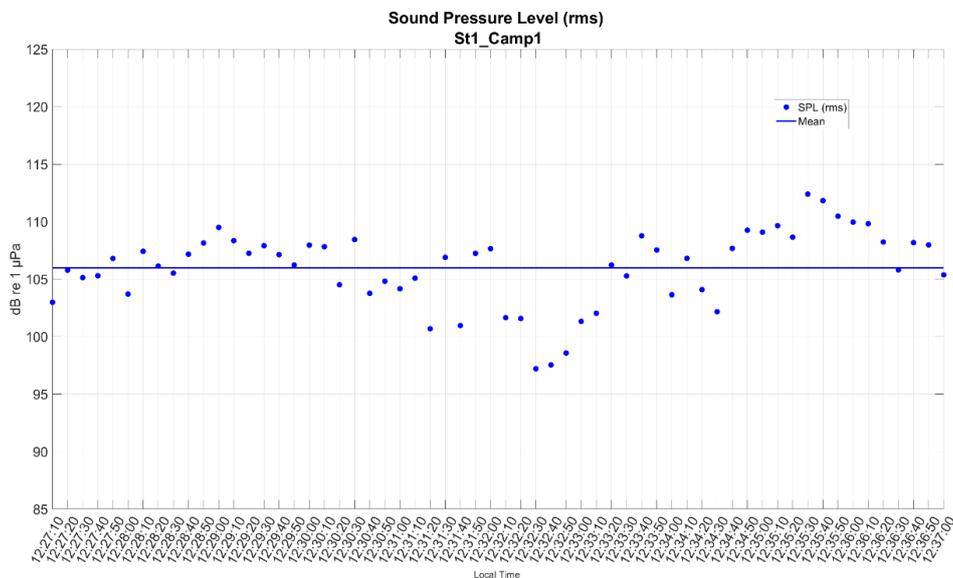


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

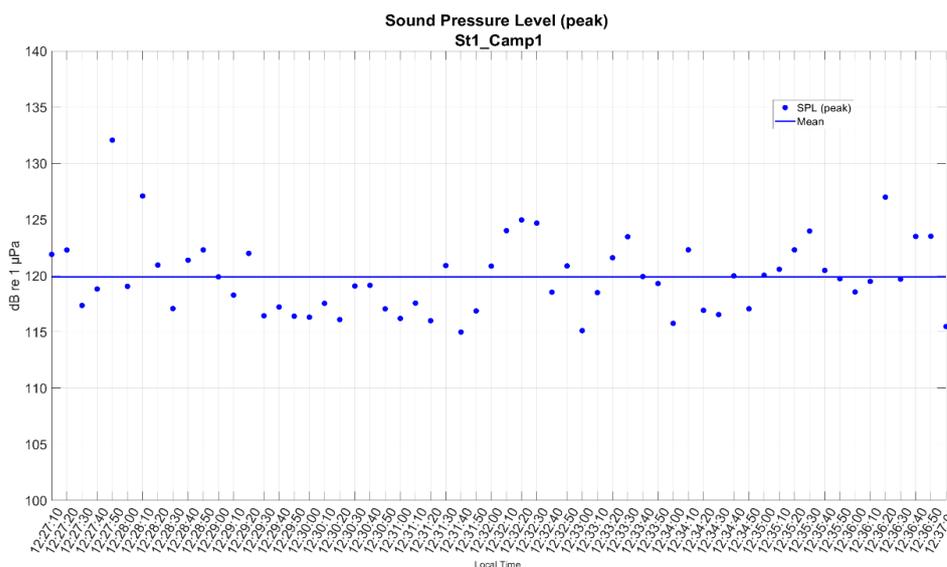
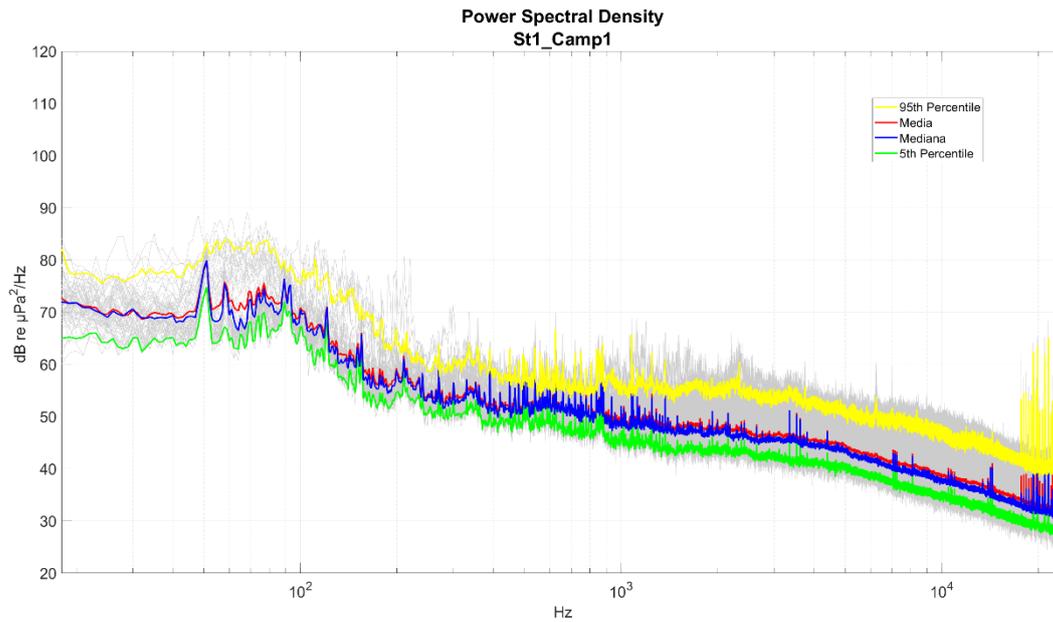
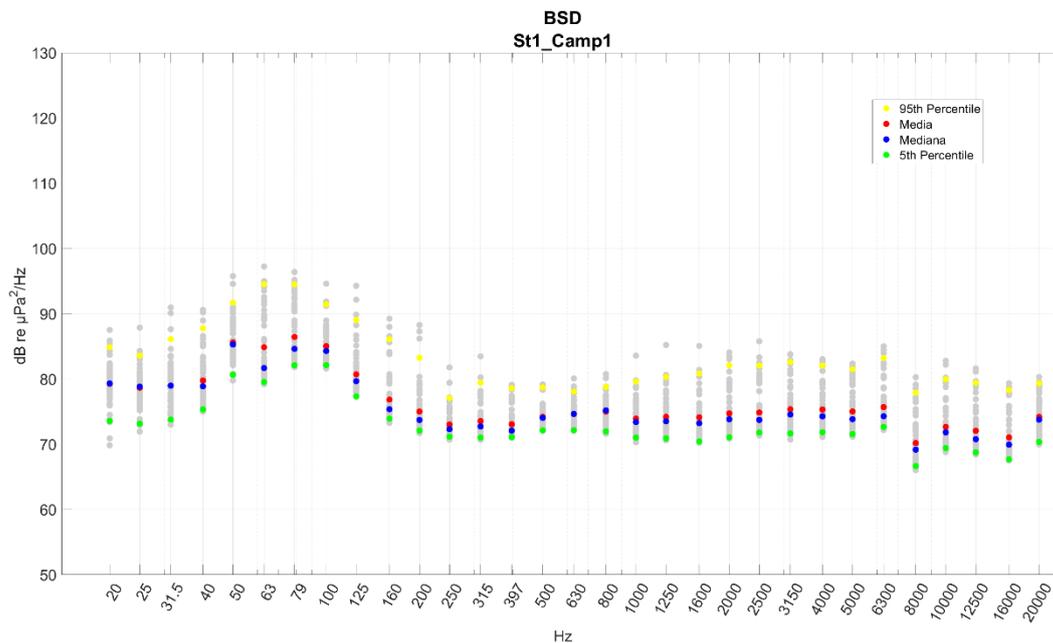


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [( $L_{p,f}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [( $L_{p,fc}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

# Sito di Registrazione 1 – St1 Campionamento 2

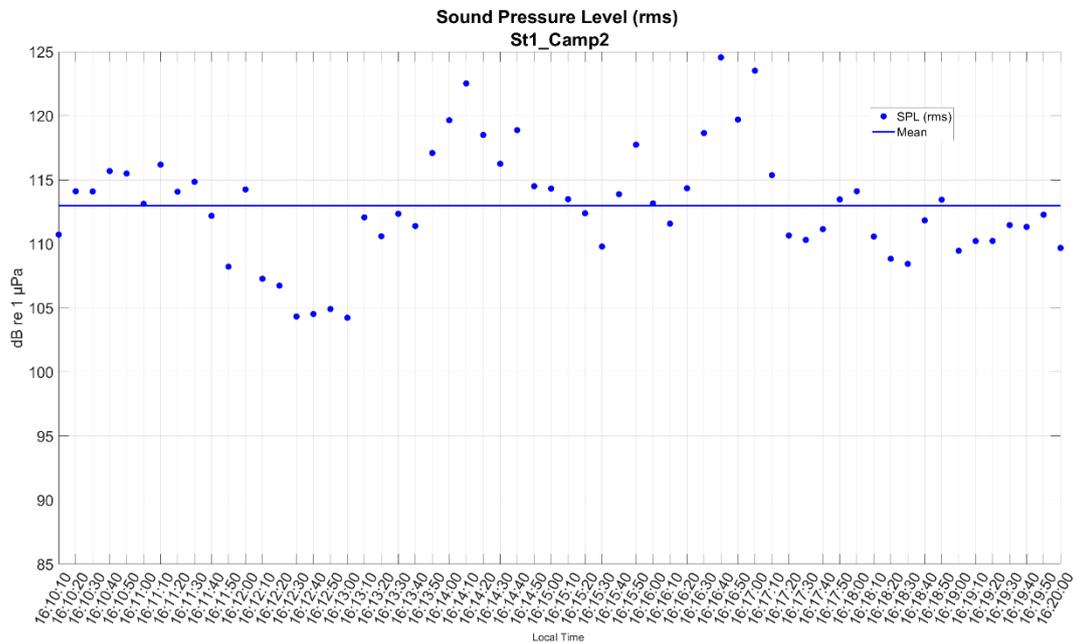


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

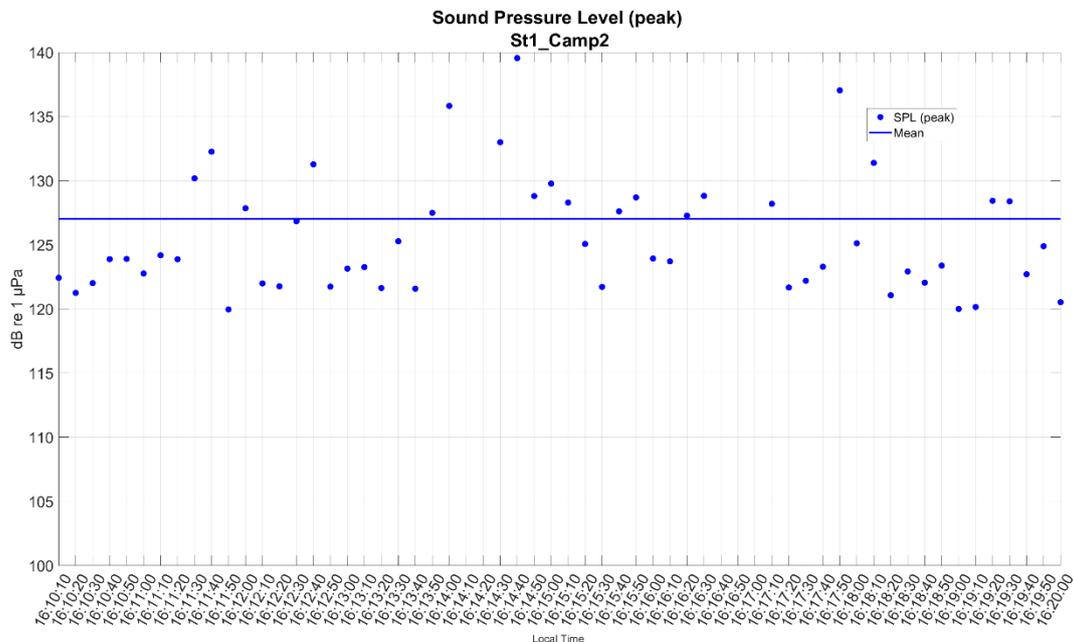
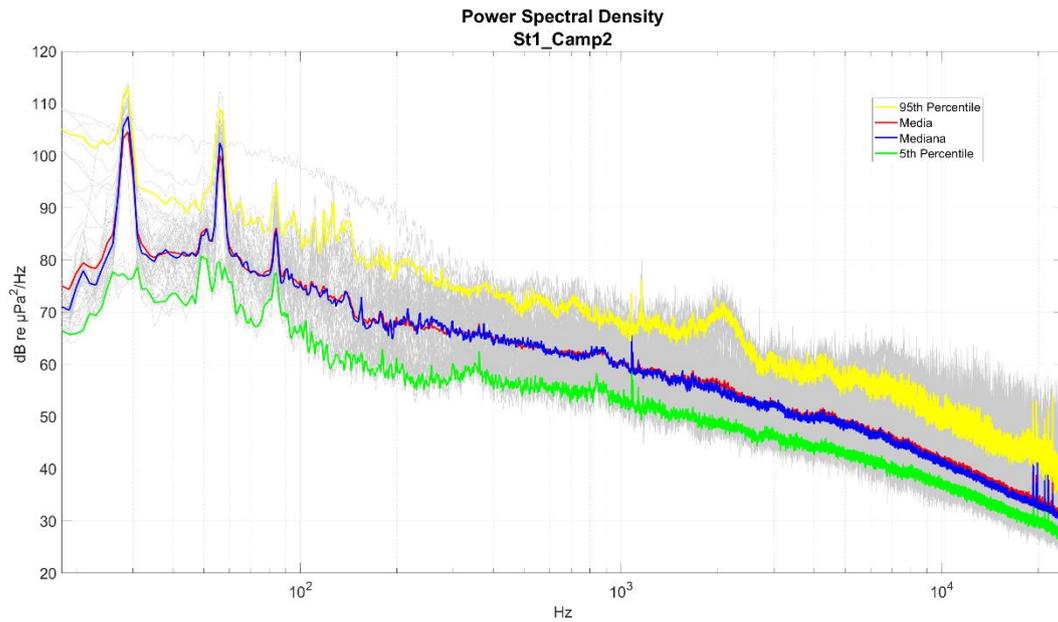
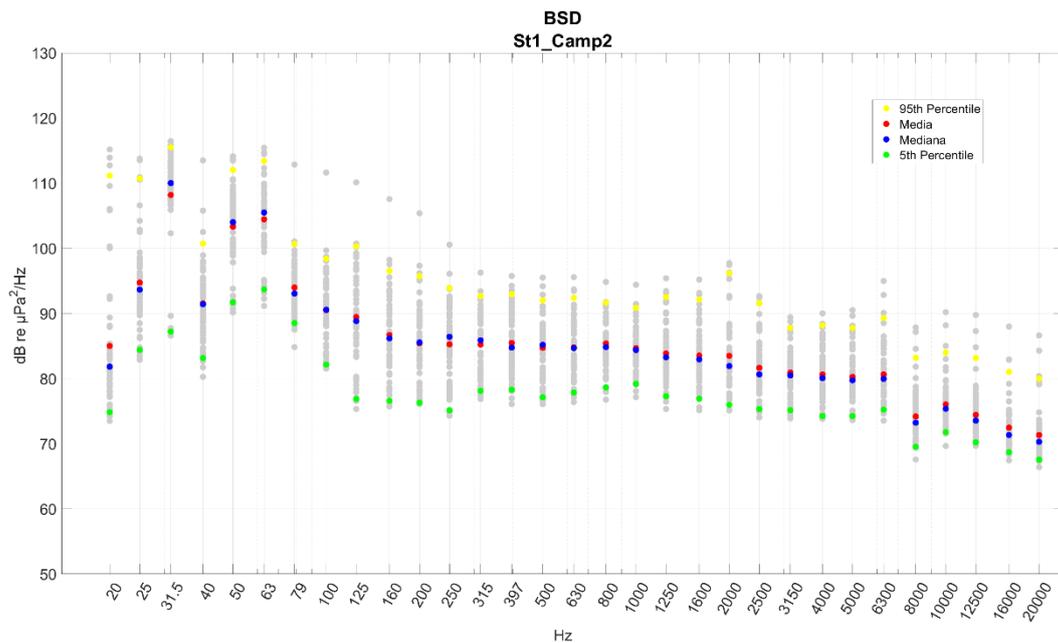


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [ $(L_{p,f})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [ $(L_{p,fc})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

# Sito di Registrazione 1 – St1 Campionamento 3

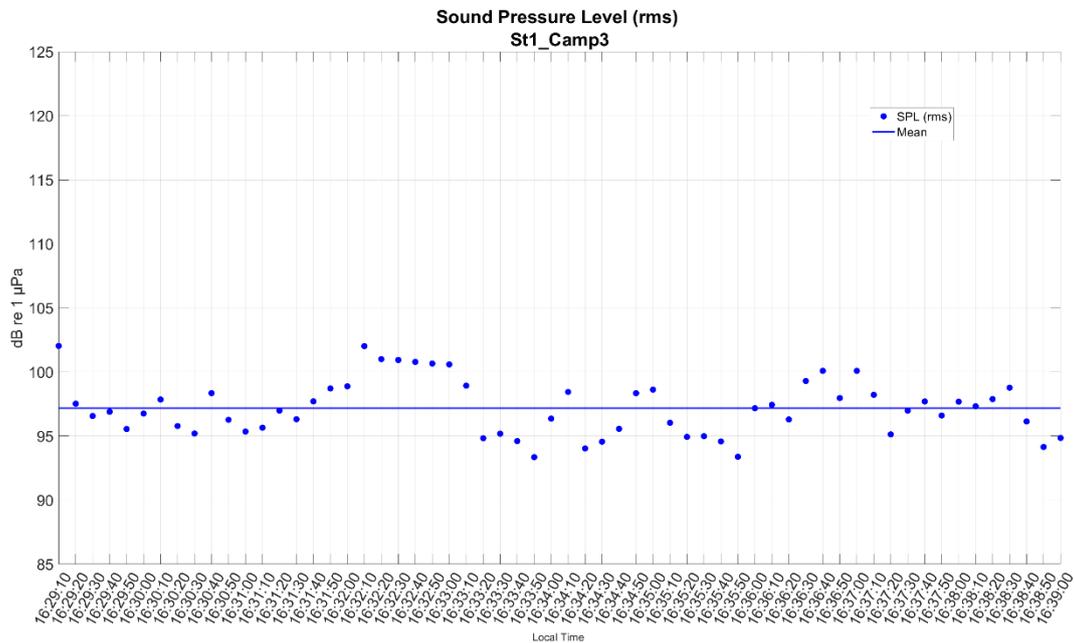


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1 $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

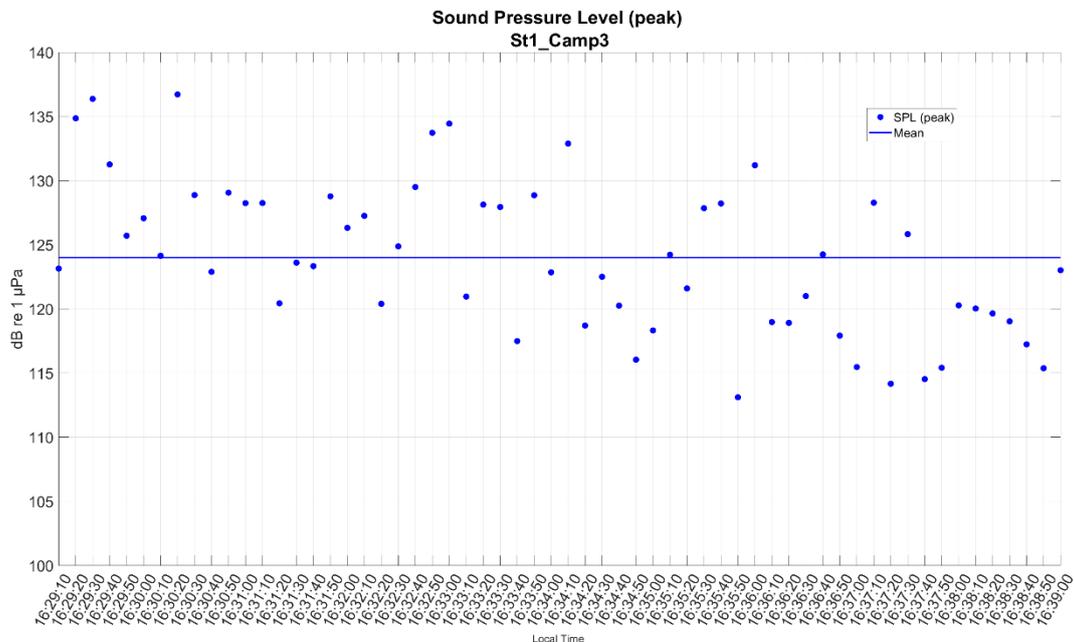
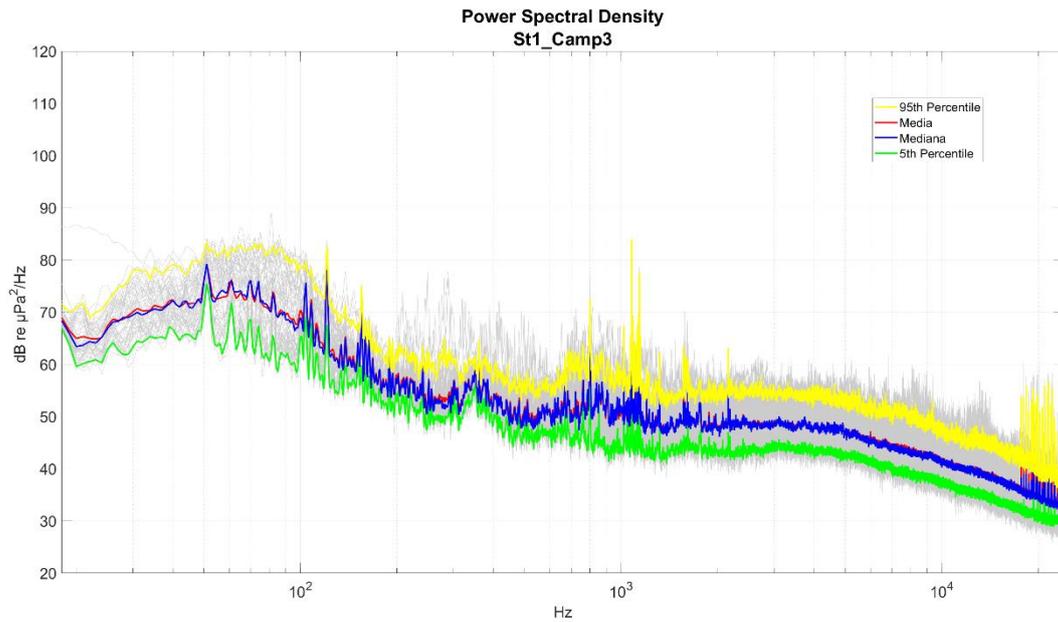
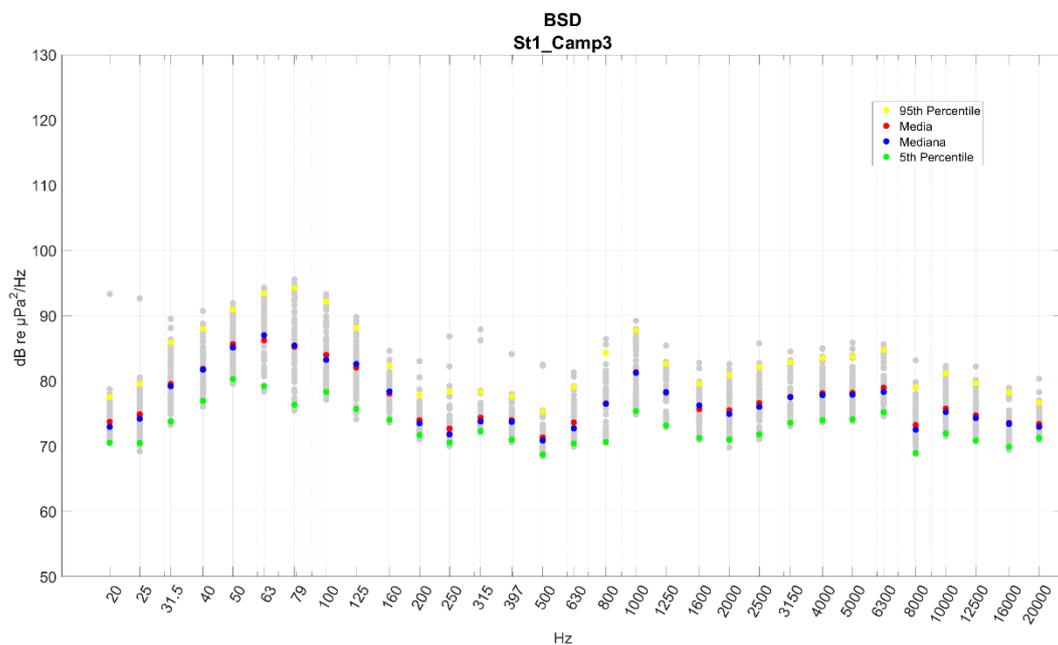


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1 $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [ $(L_{p,f})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [ $(L_{p,fc})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

# Sito di Registrazione 2 – St2 Campionamento 1

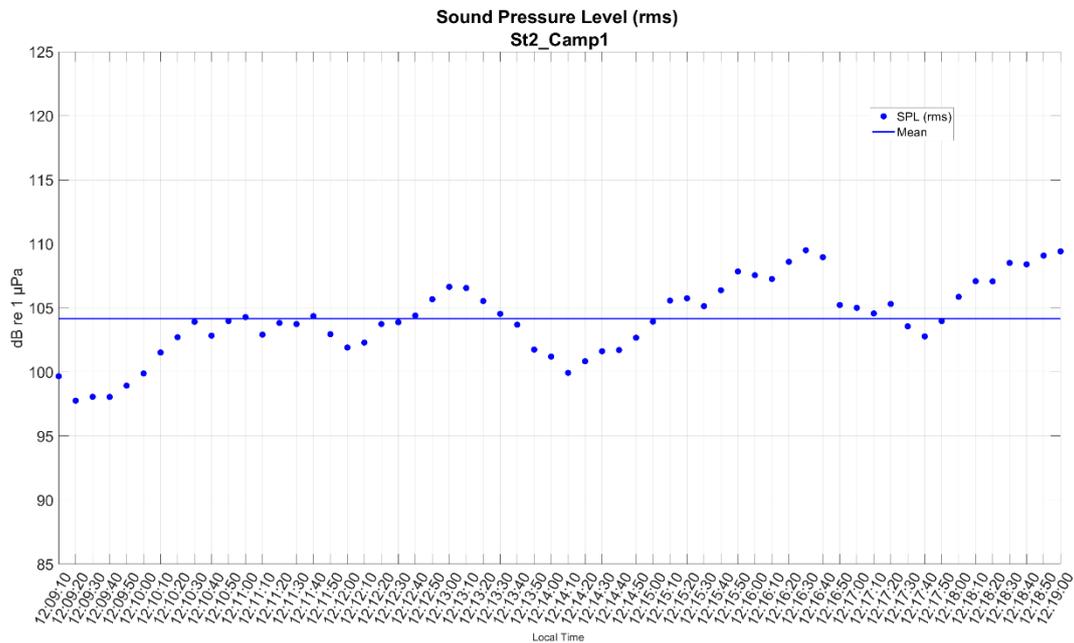


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

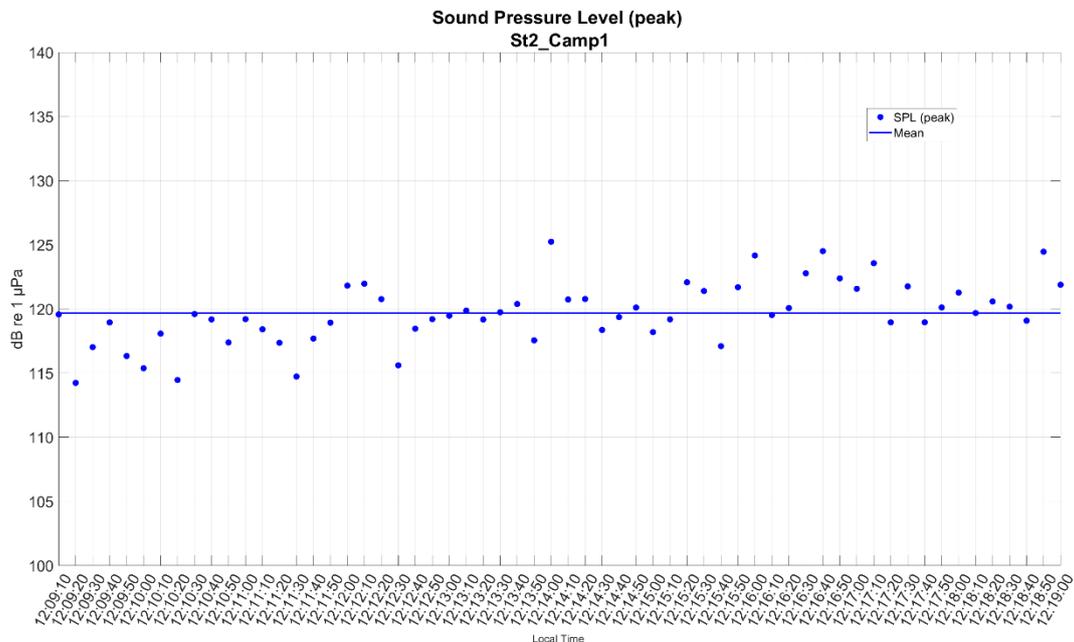
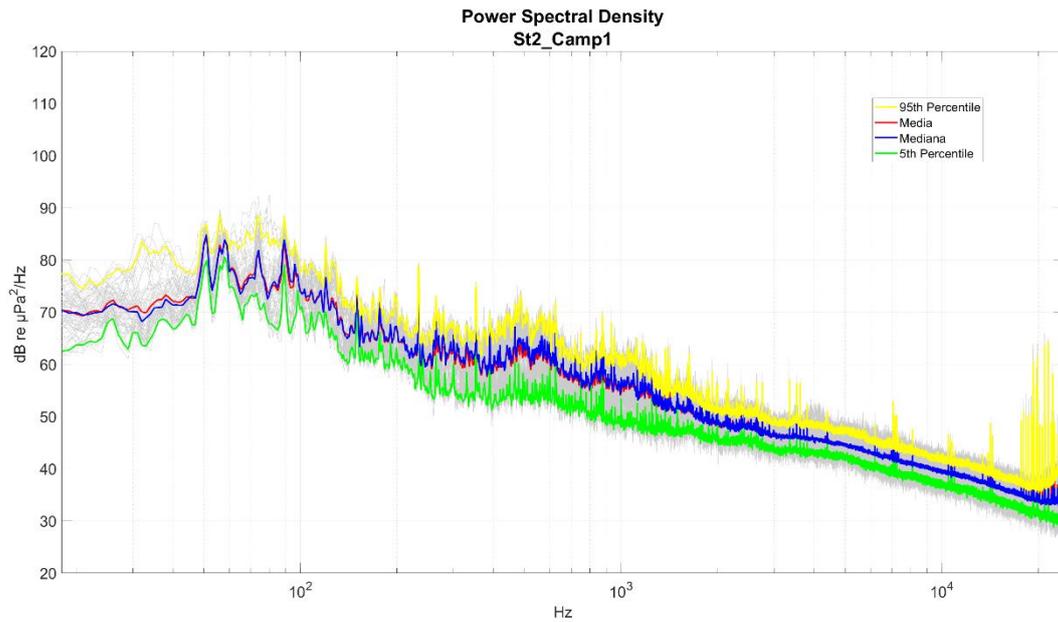
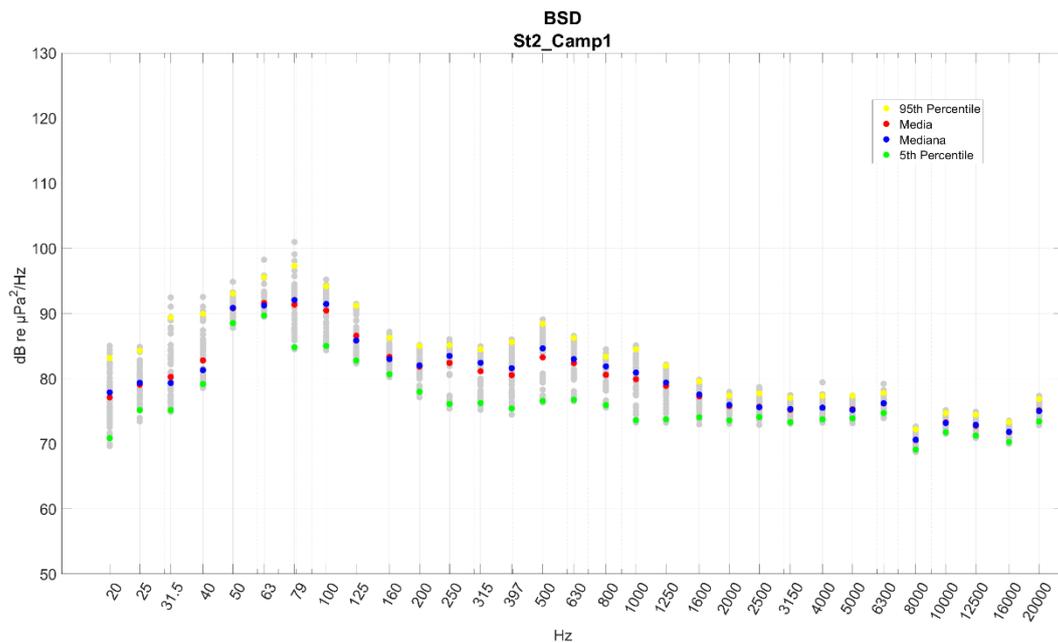


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [( $L_{p,f}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [( $L_{p,fc}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

## Sito di Registrazione 2 – St2 Campionamento 2

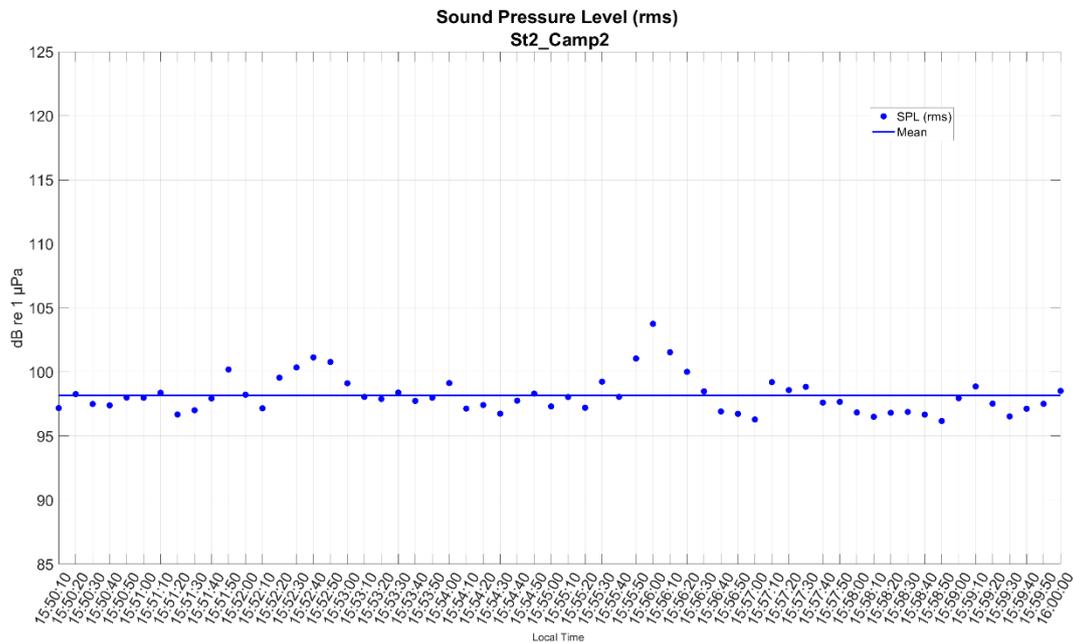


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

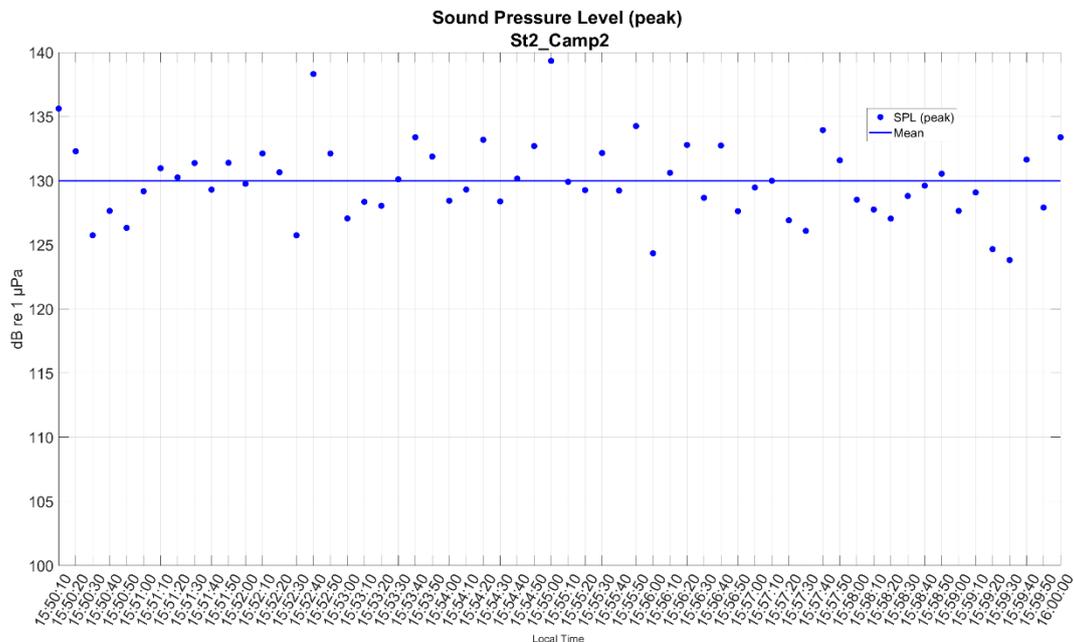
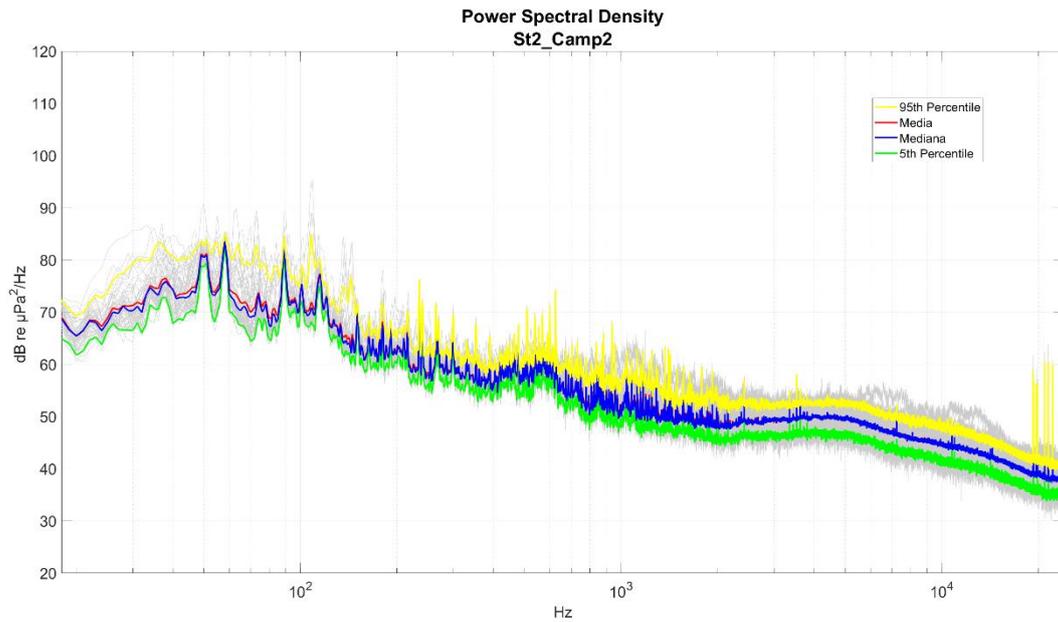
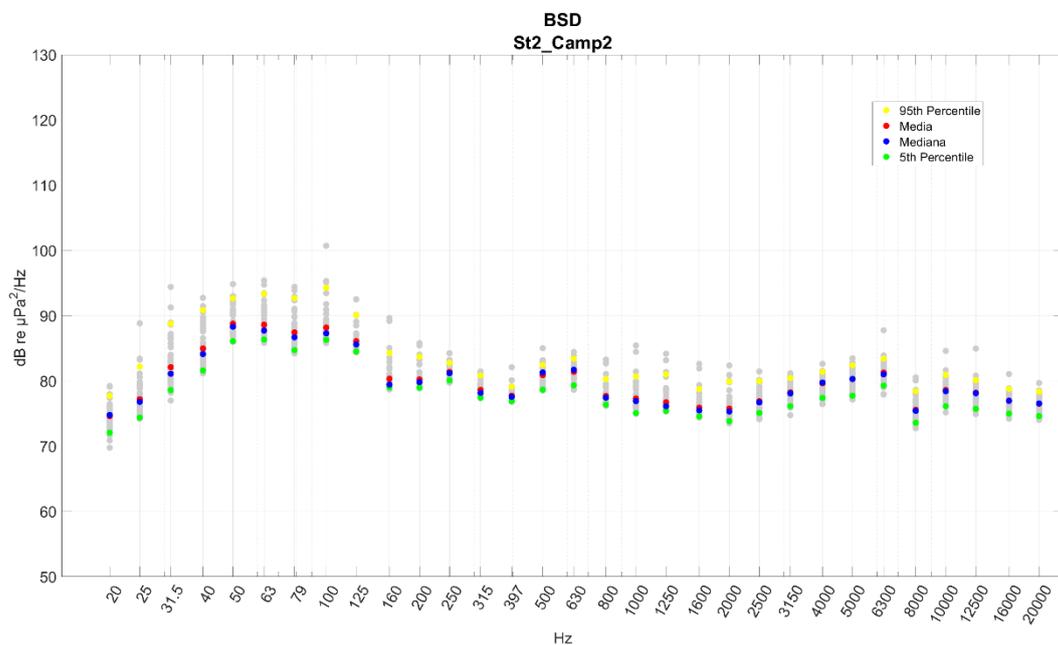


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [( $L_{p,f}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [( $L_{p,fc}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

## Sito di Registrazione 2 – St2 Campionamento 3

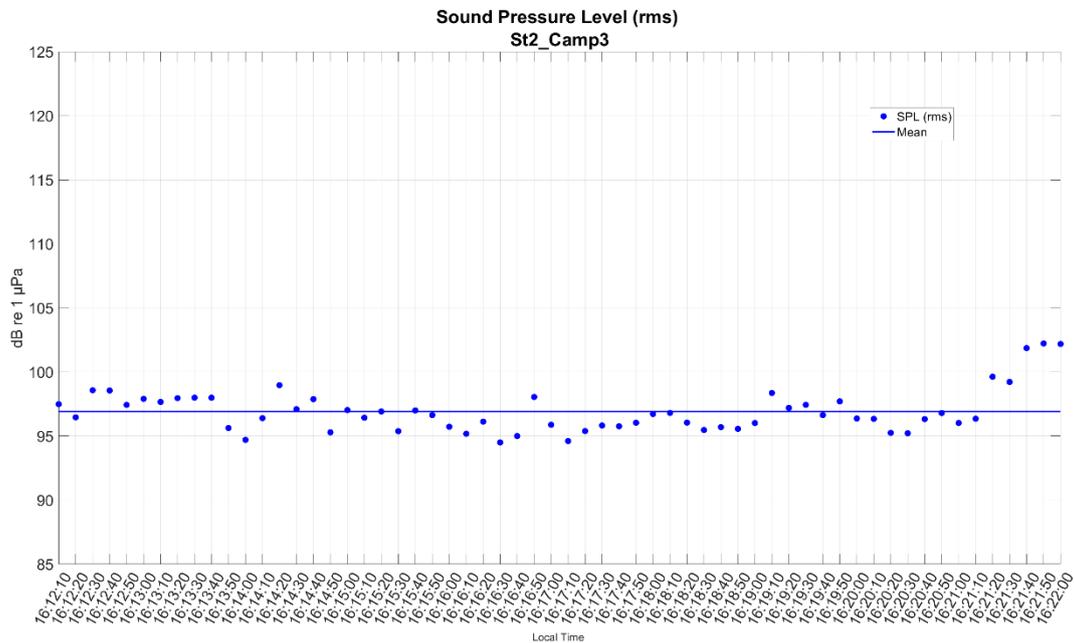


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

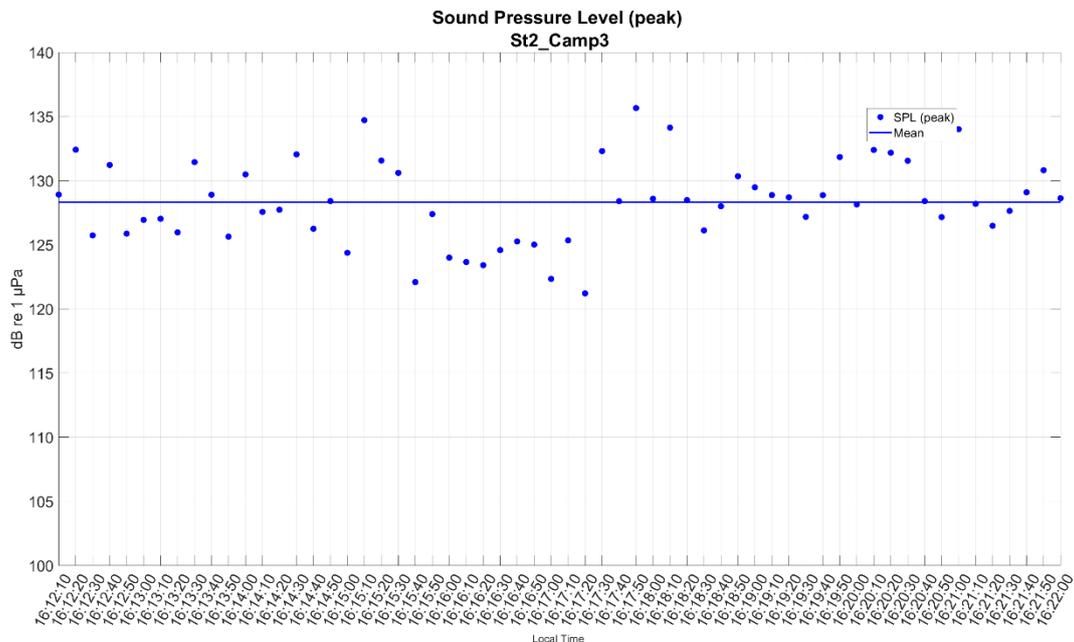
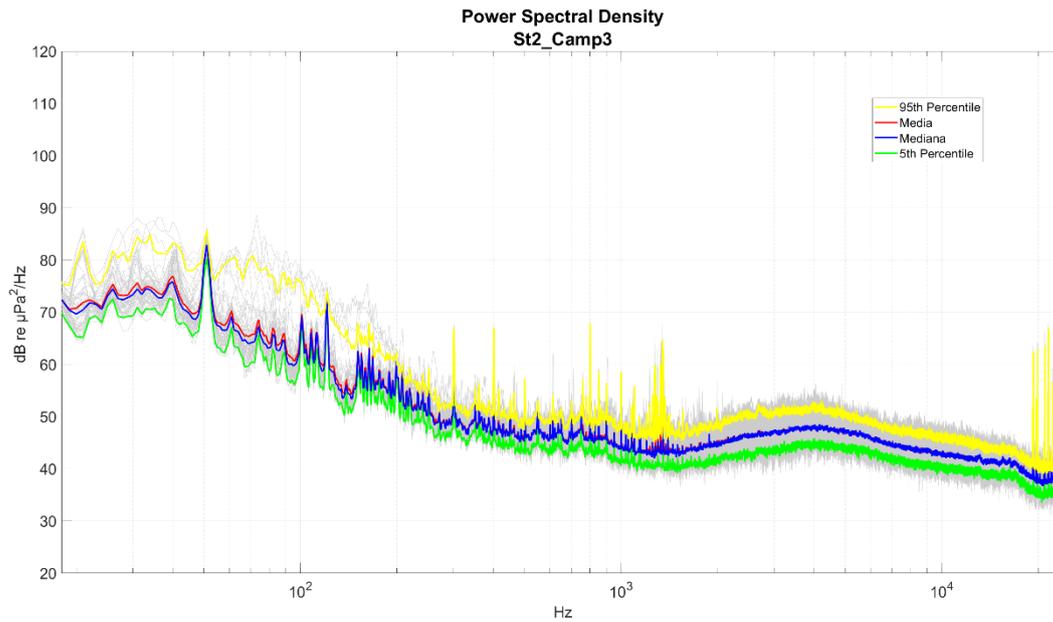
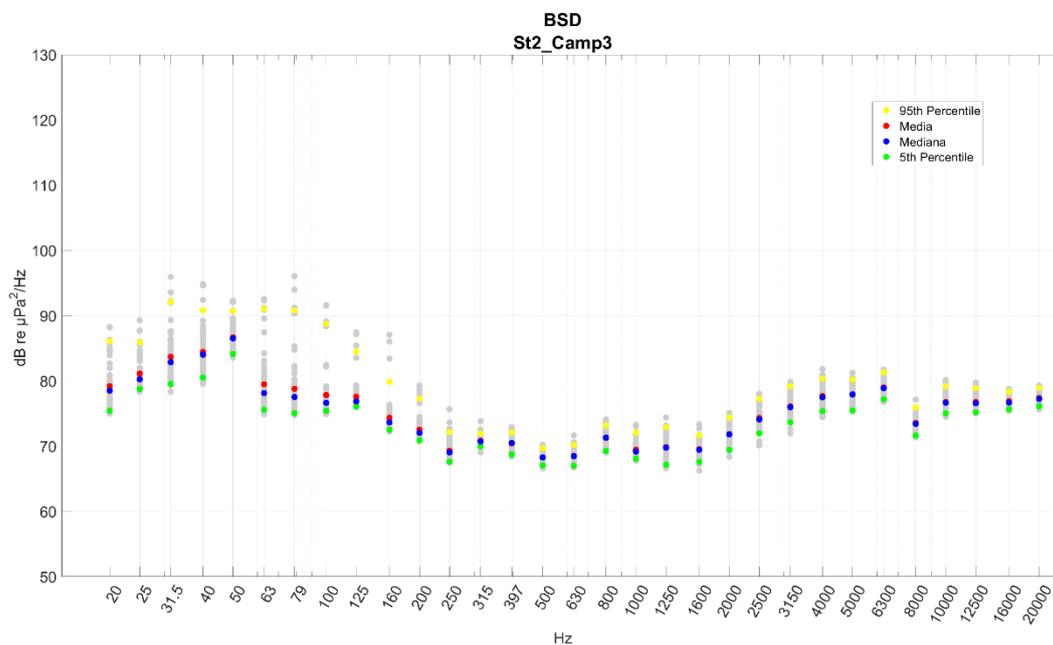


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [ $(L_{p,f})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [ $(L_{p,fc})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

# Sito di Registrazione 3 – St3 Campionamento 1

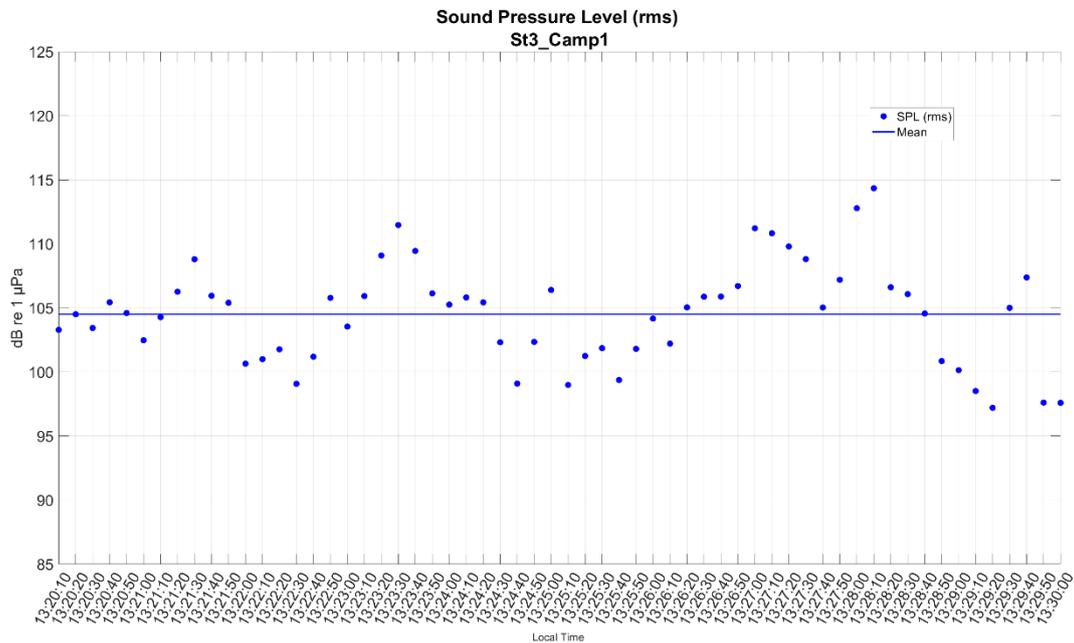


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

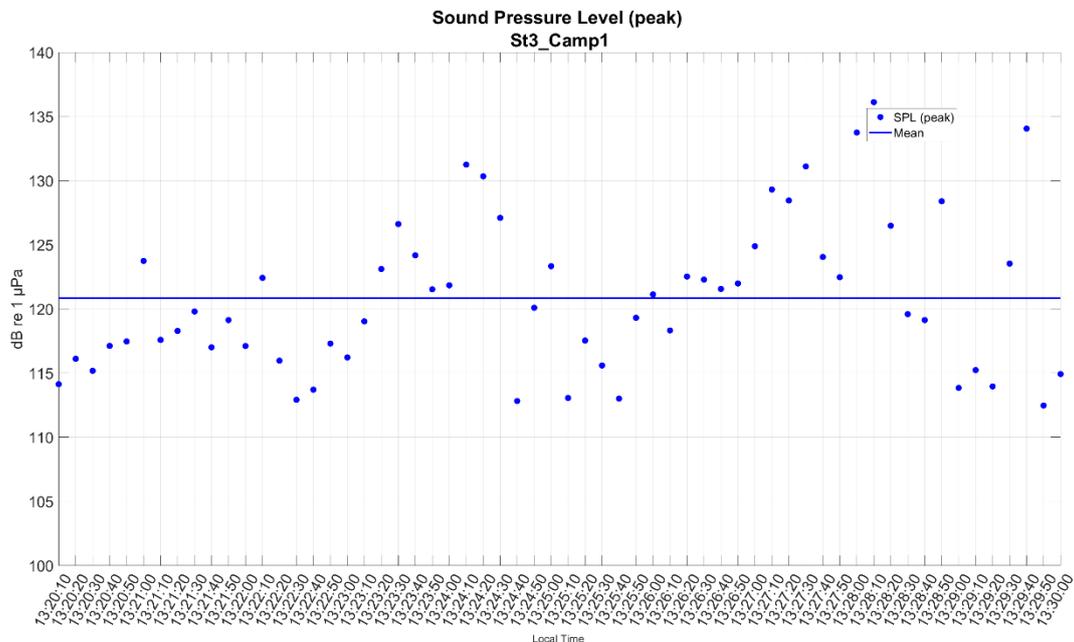
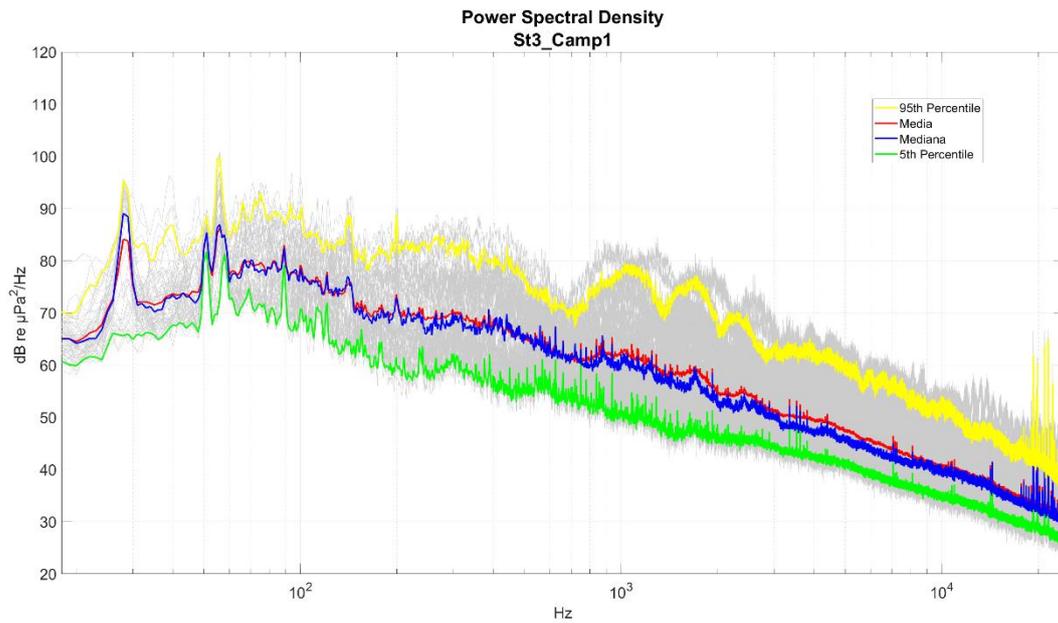
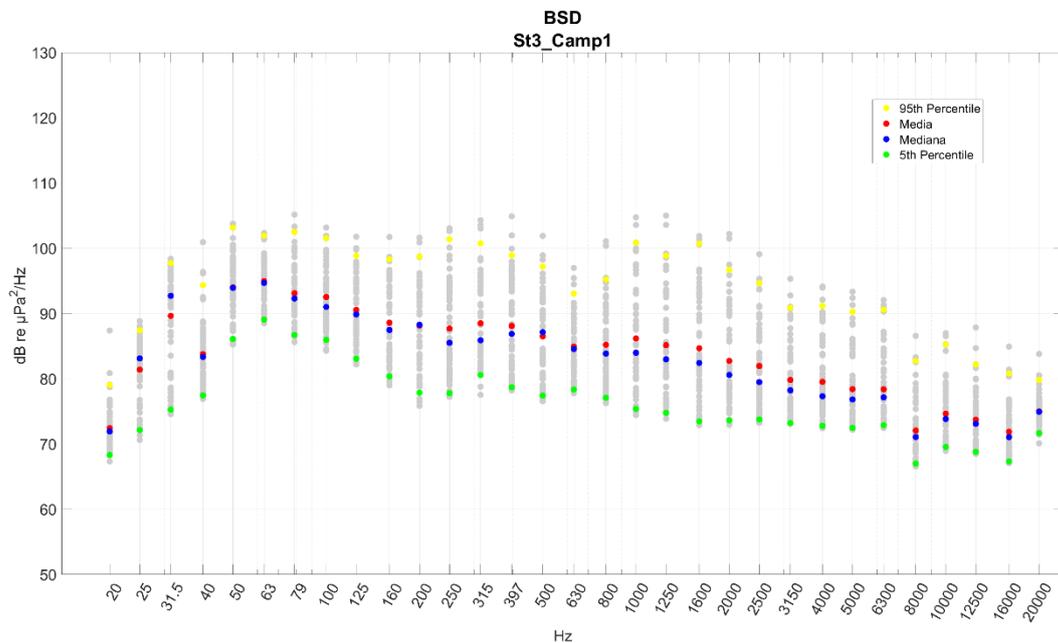


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [( $L_{p,f}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [( $L_{p,fc}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

## Sito di Registrazione 3 – St3 Campionamento 2

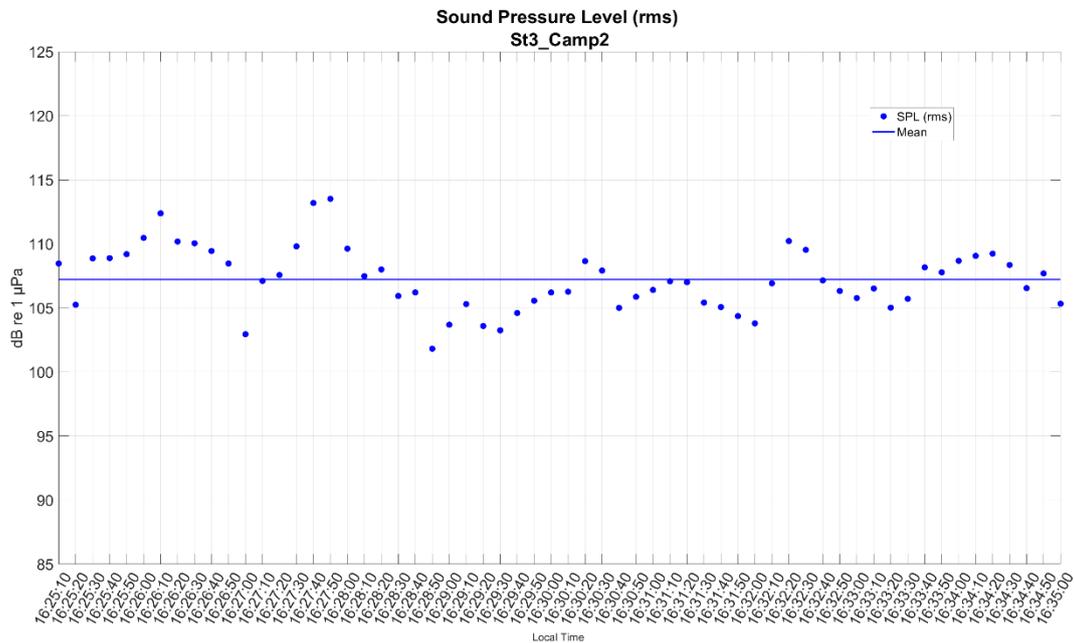


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

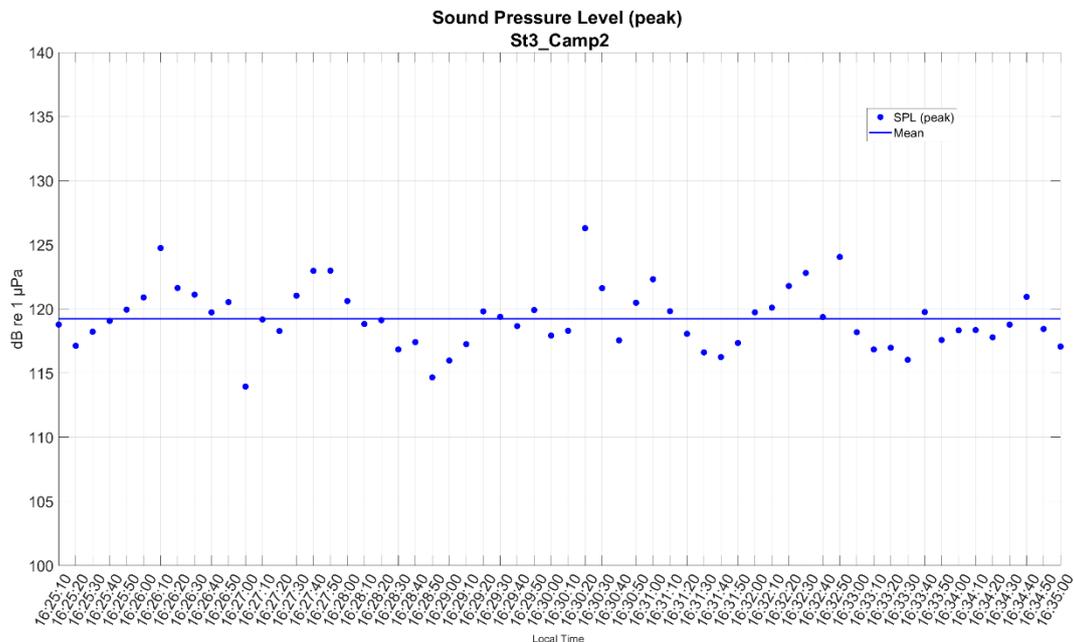
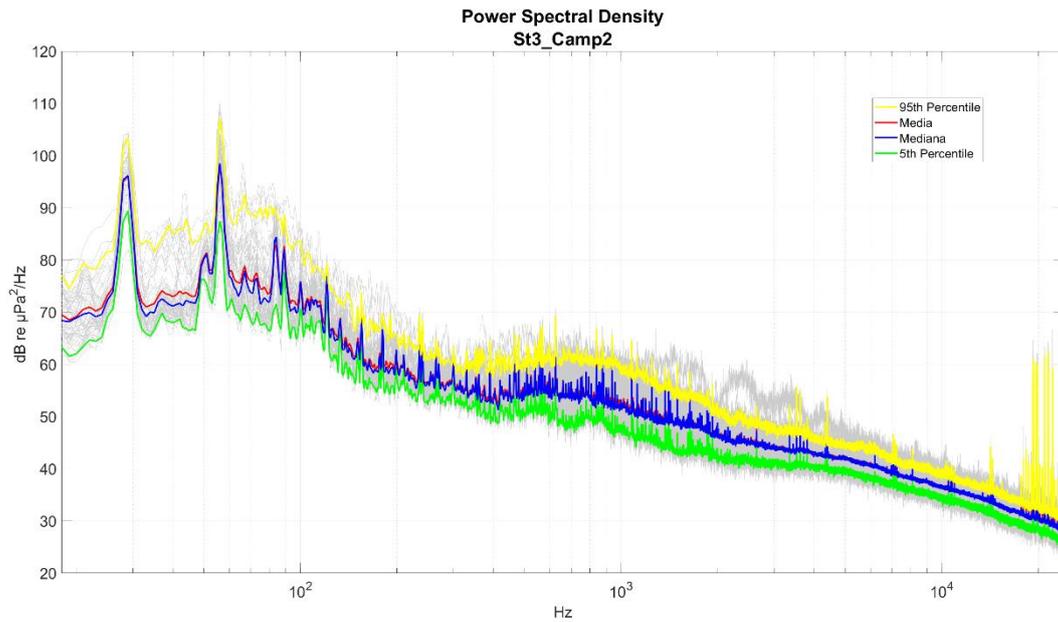
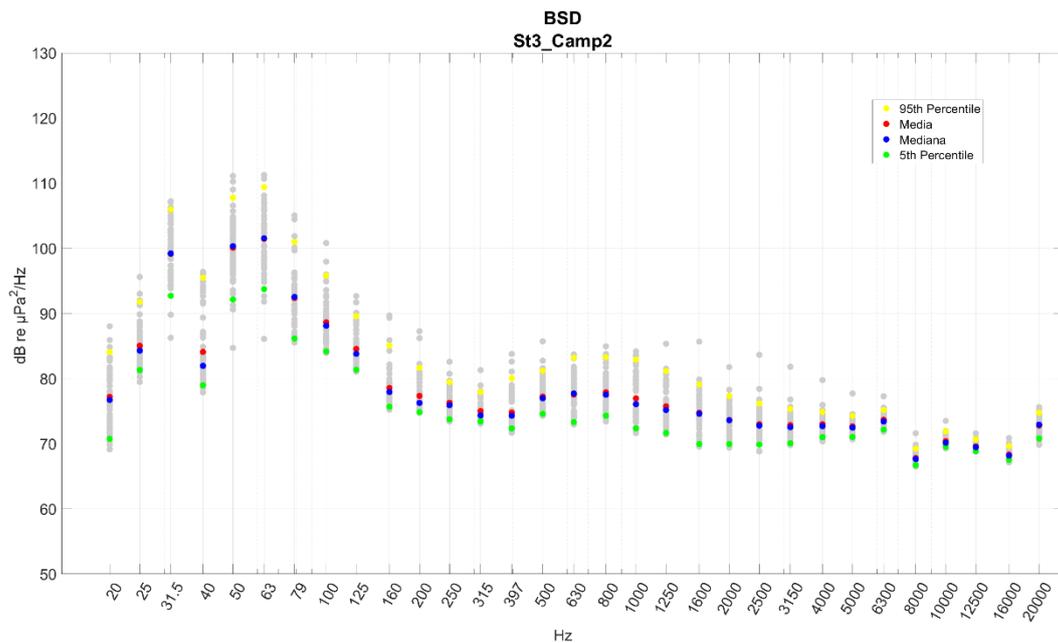


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [( $L_{p,f}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [( $L_{p,fc}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

## Sito di Registrazione 3 – St3 Campionamento 3

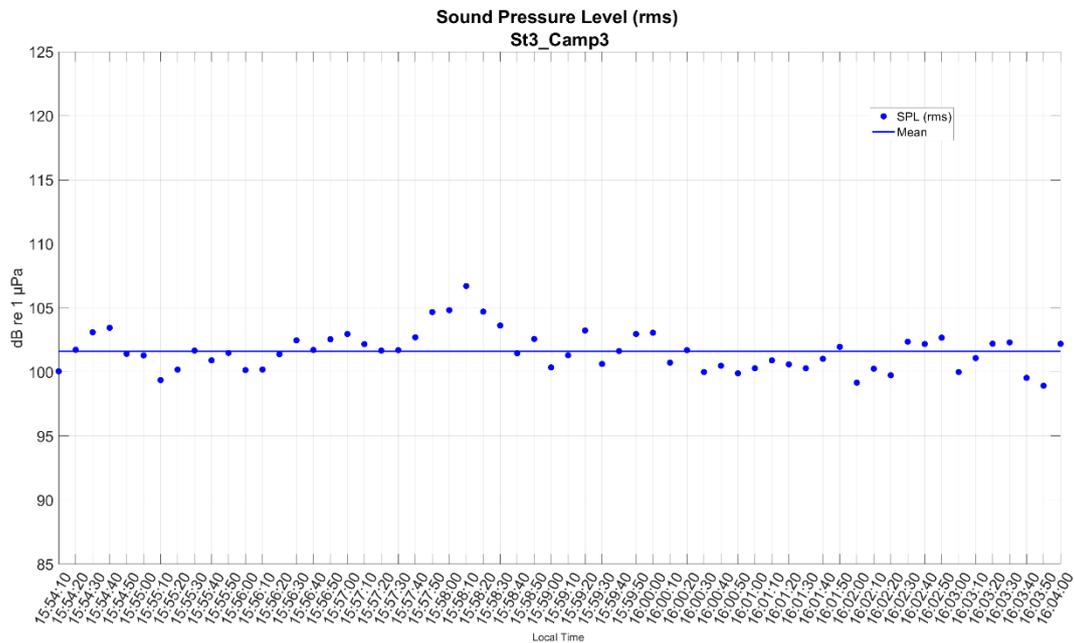


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

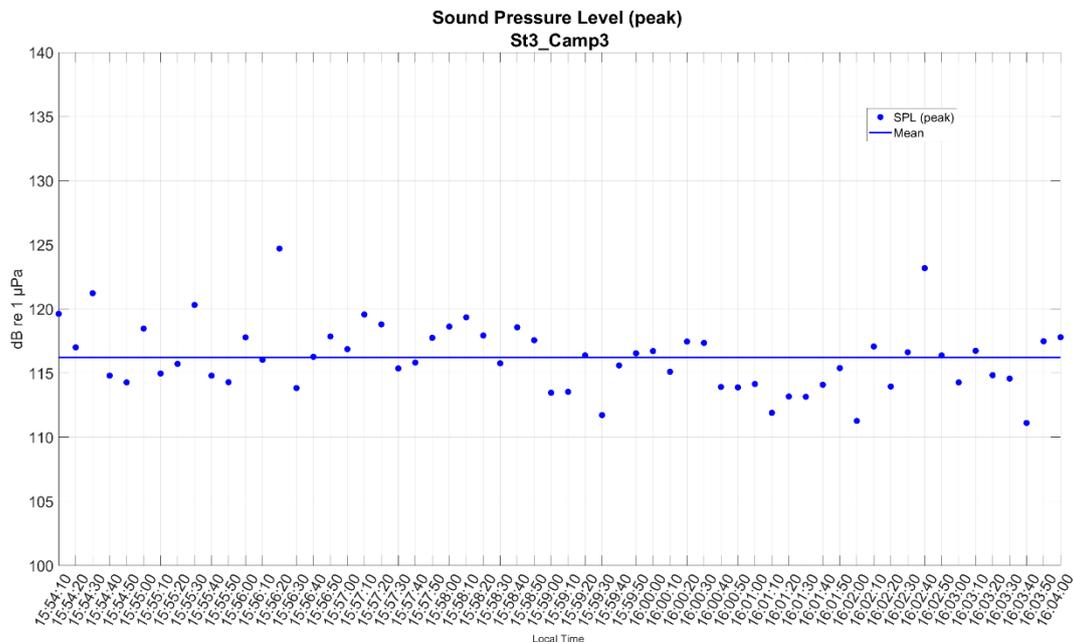
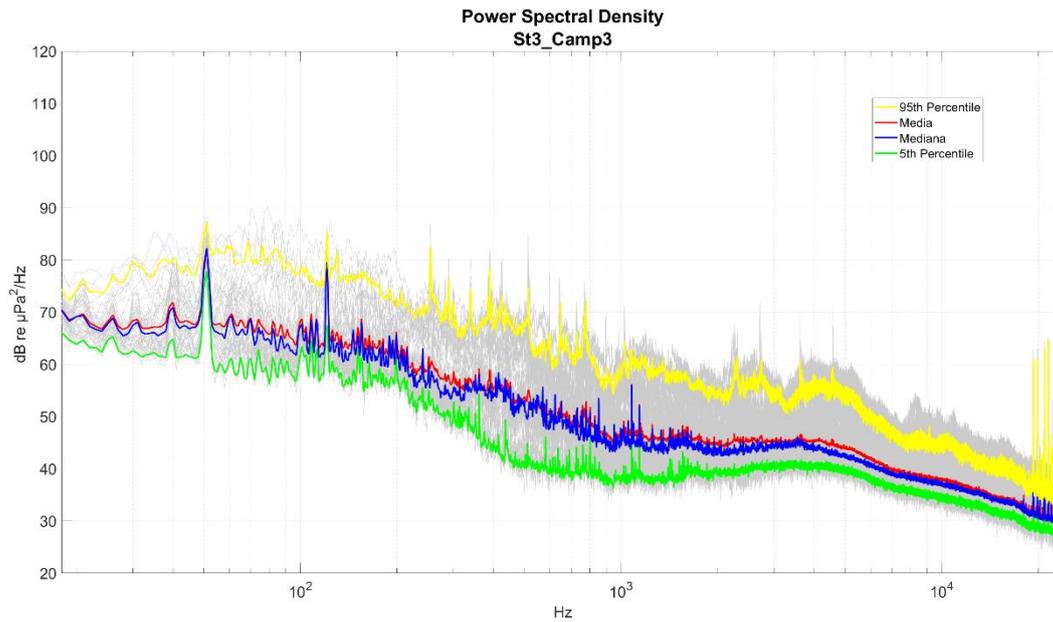
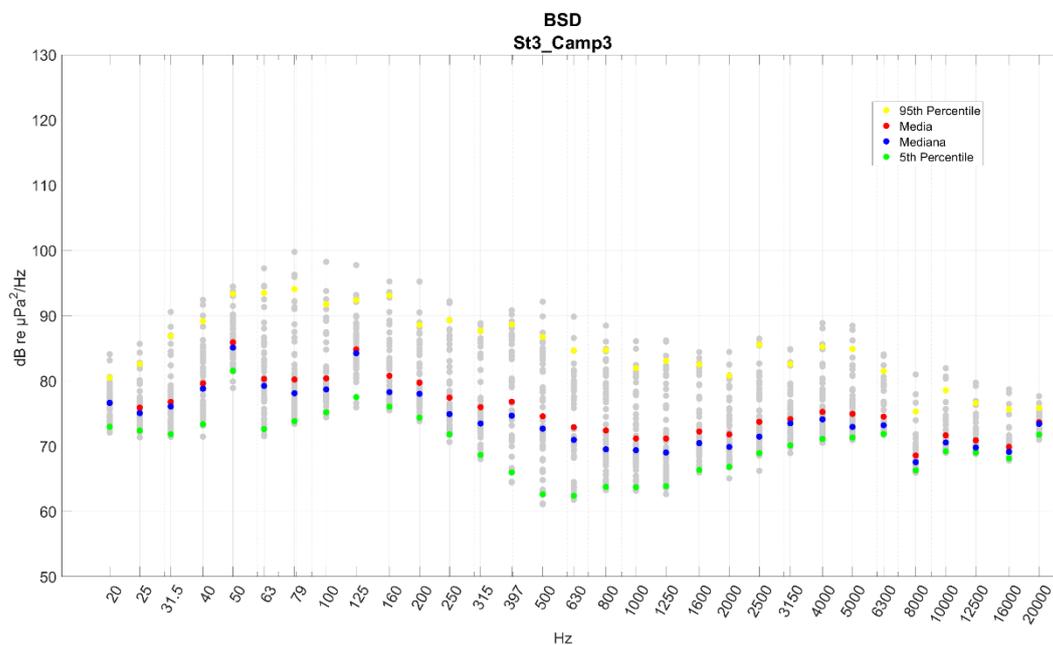


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [ $(L_{p,f})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [ $(L_{p,fc})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

# Sito di Registrazione 4 – St4 Campionamento 1

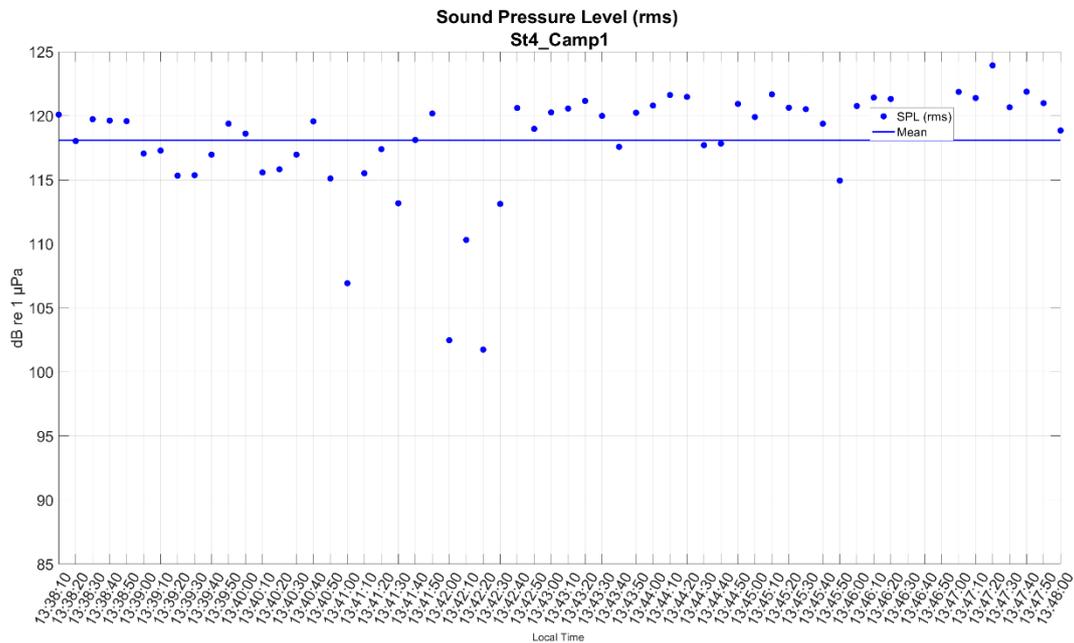


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

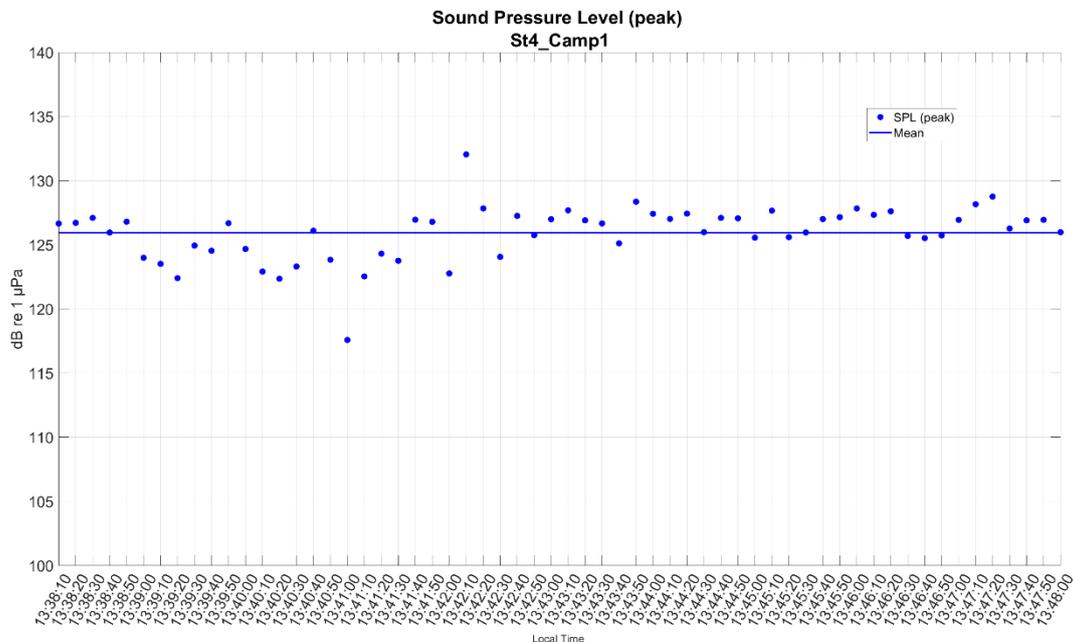
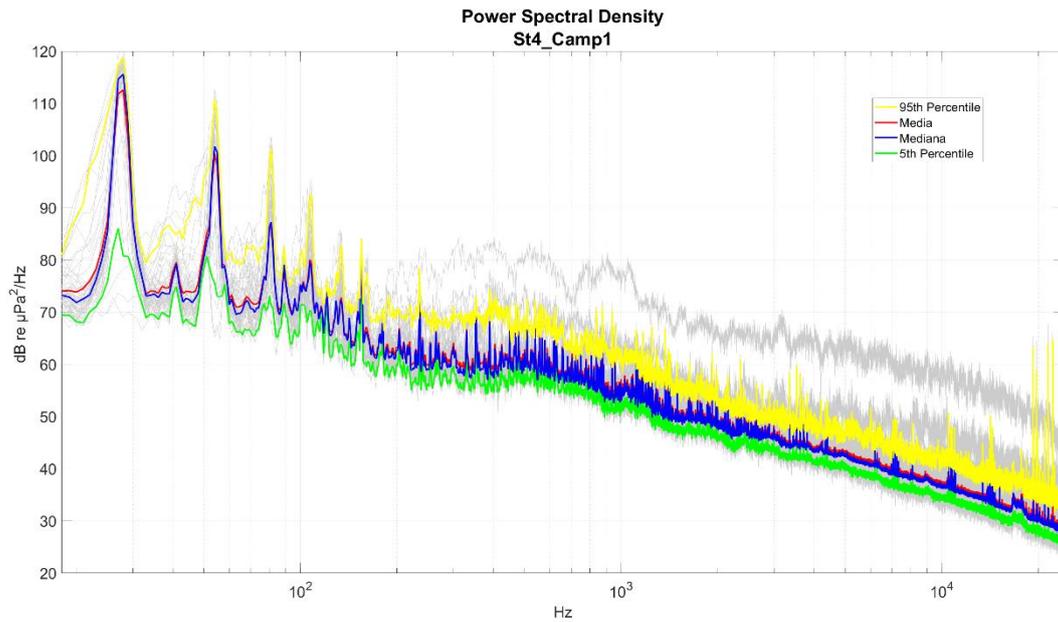
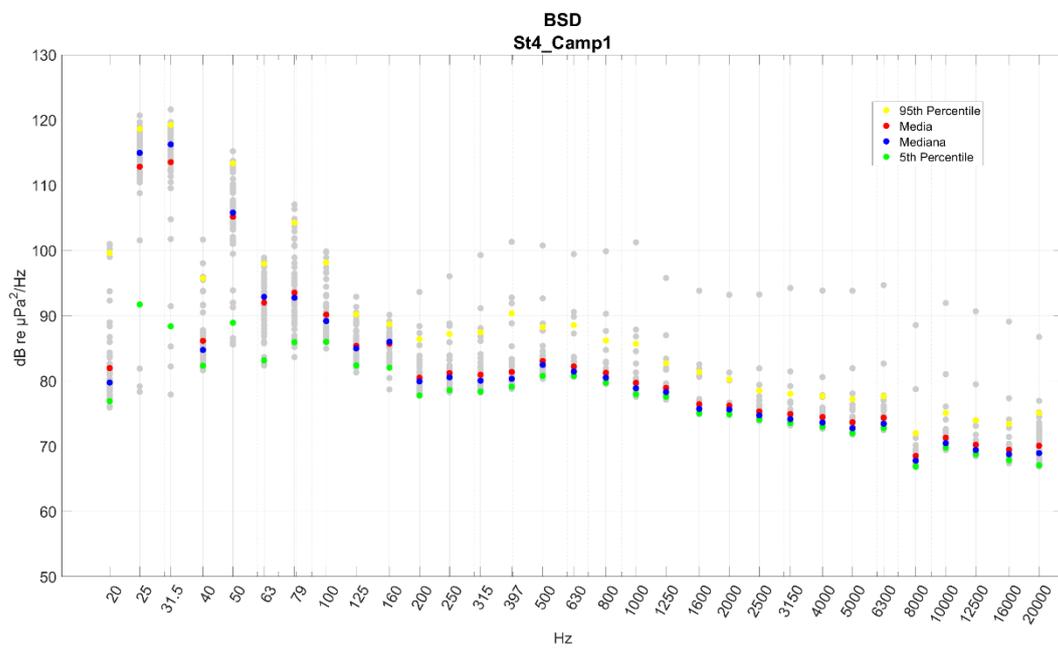


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [( $L_{p,f}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [( $L_{p,fc}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

## Sito di Registrazione 4 – St4 Campionamento 2

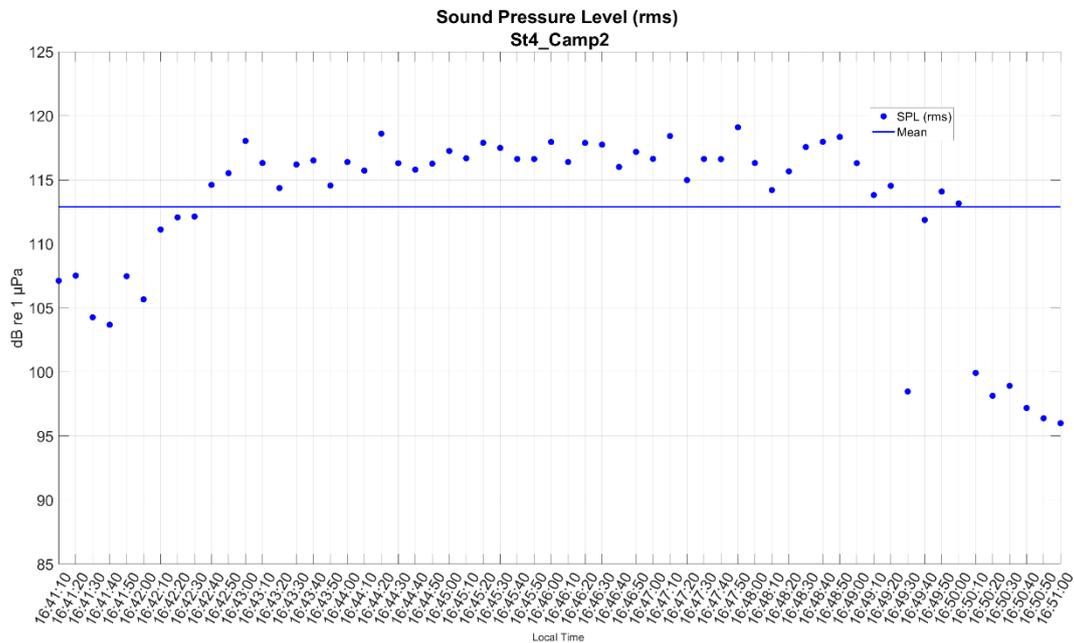


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1 $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

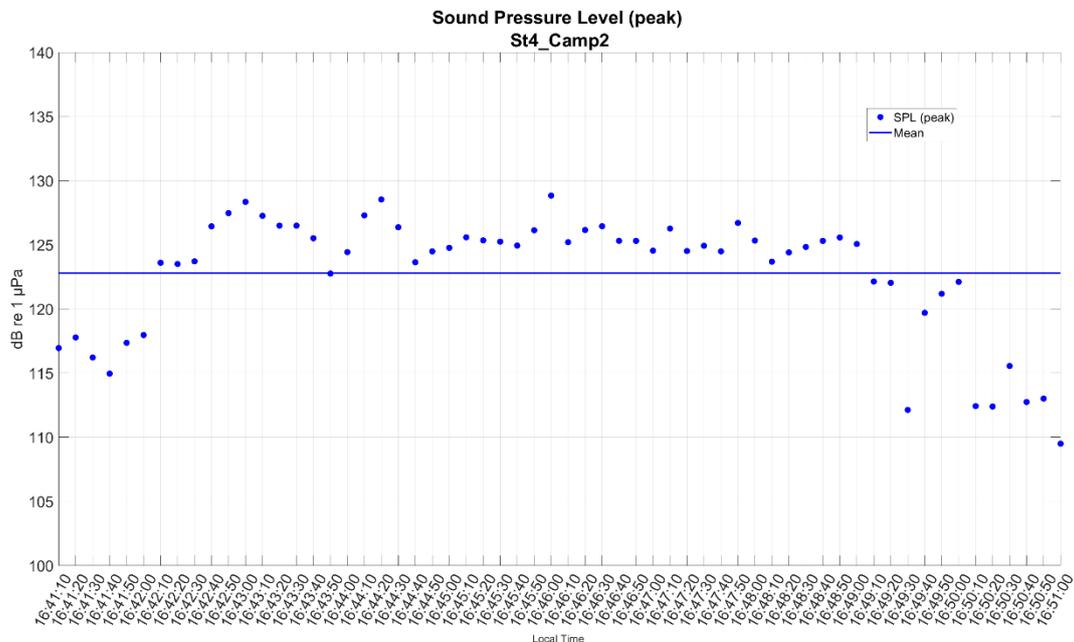
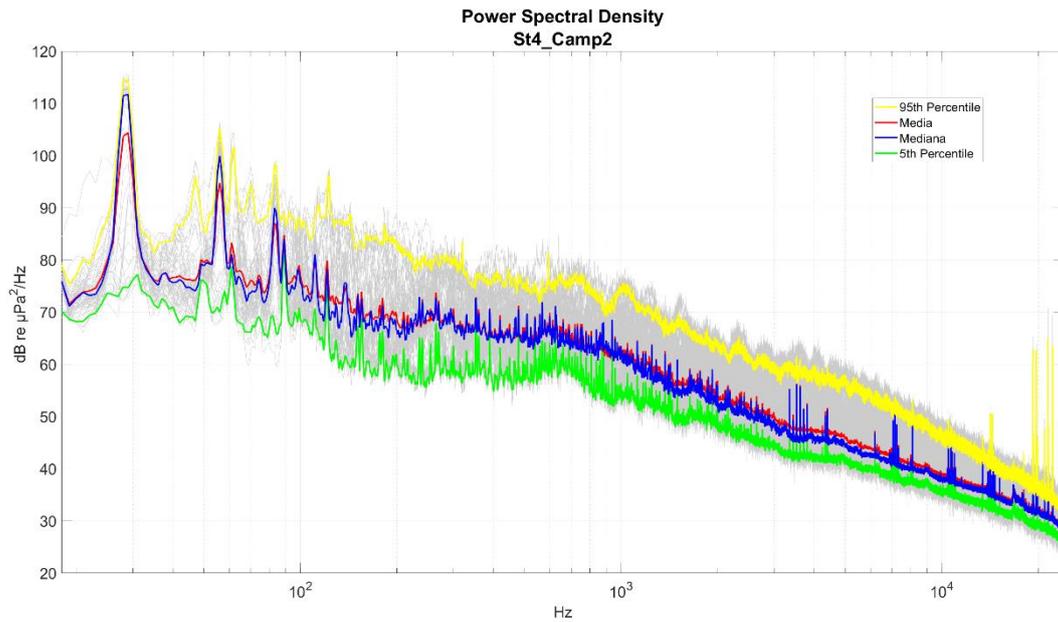
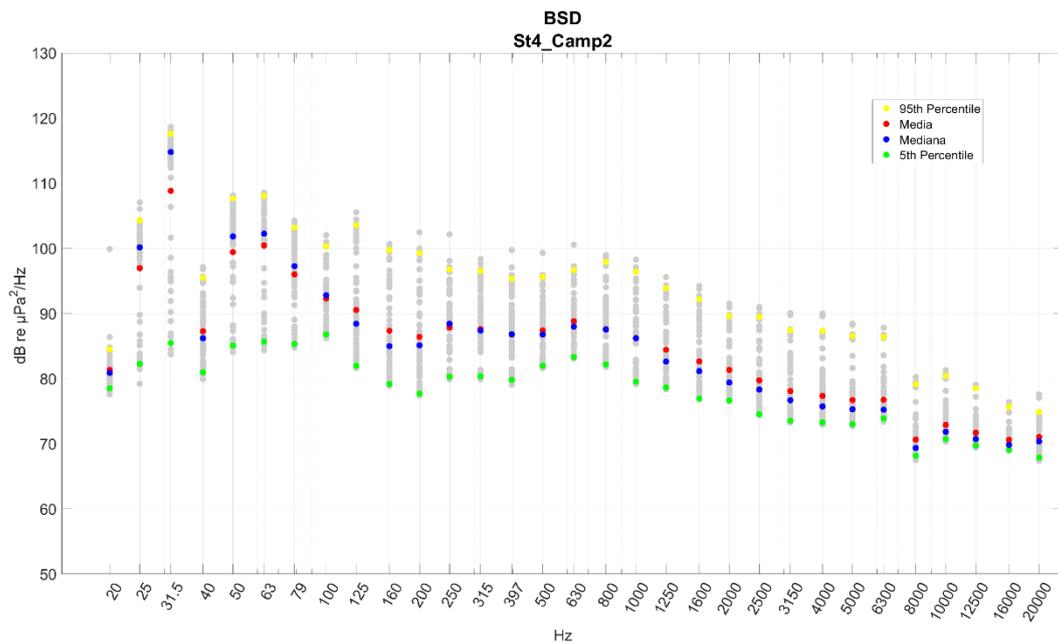


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1 $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [ $(L_{p,f})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [ $(L_{p,fc})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

# Sito di Registrazione 4 – St4 Campionamento 3

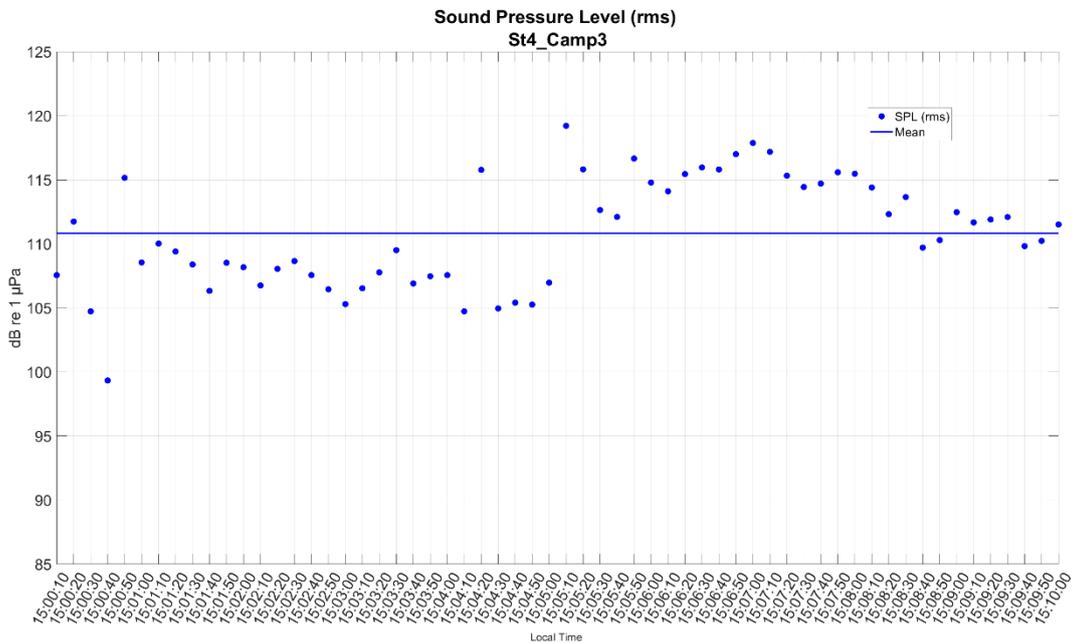


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

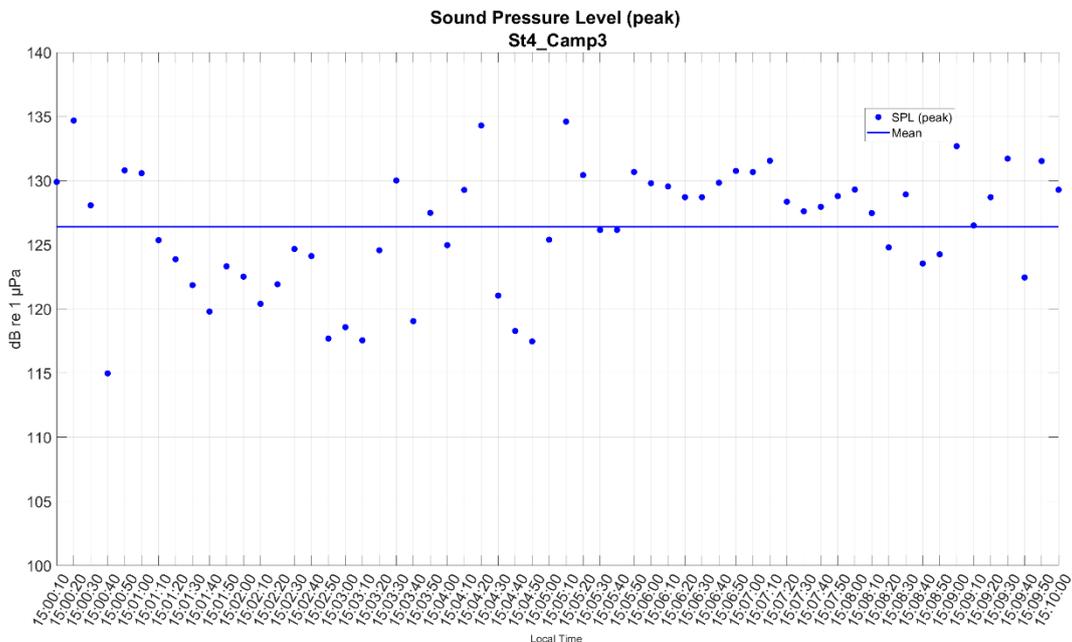


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

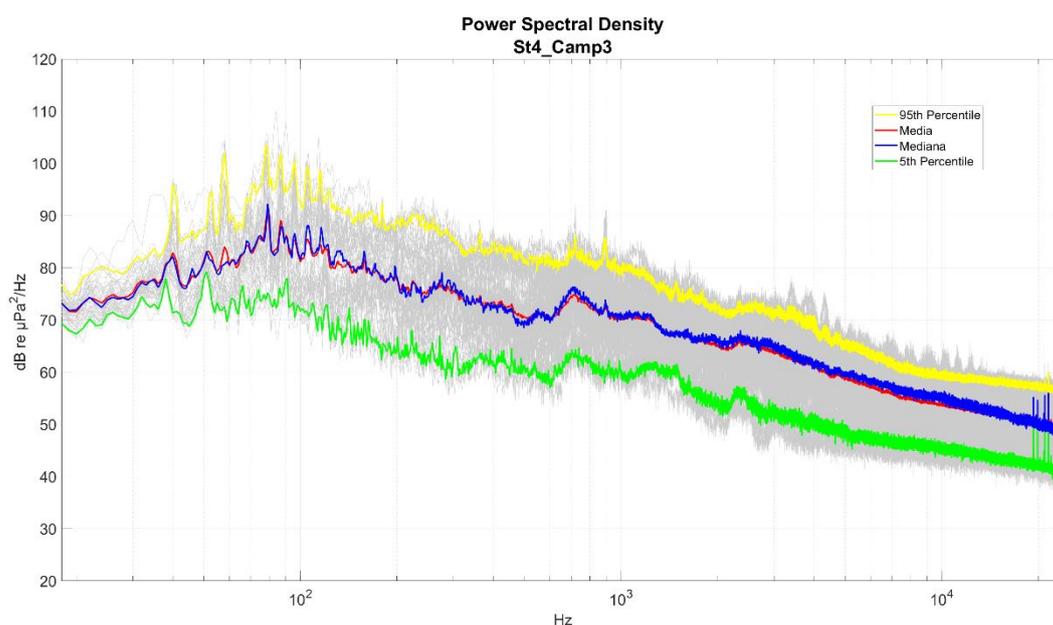


Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [ $(L_{p,f})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

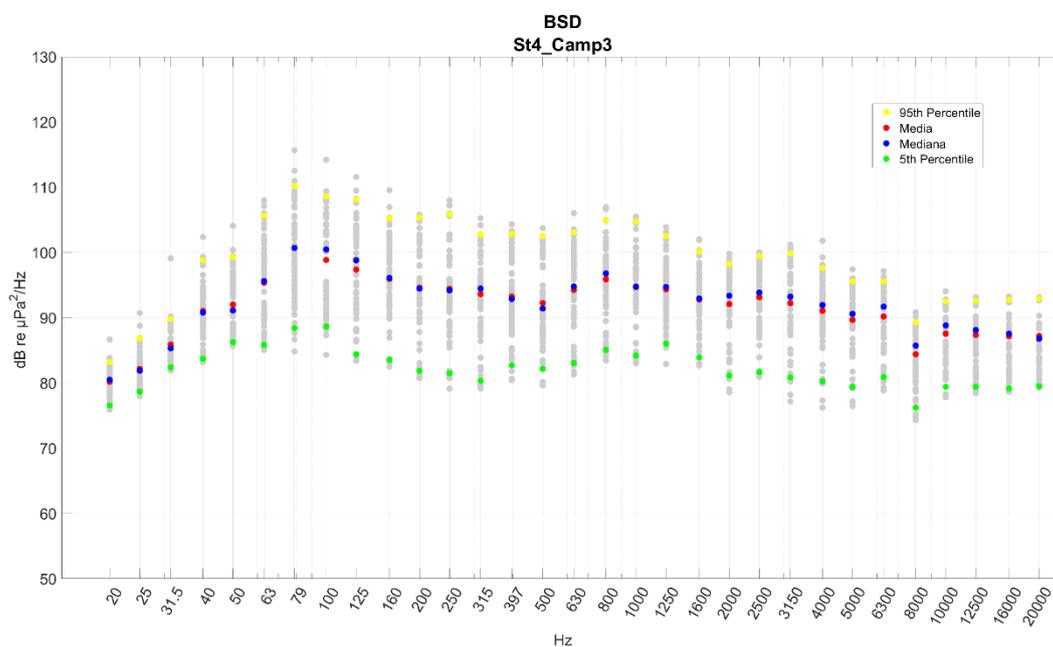


Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [ $(L_{p,fc})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

# Sito di Registrazione 5 – St5 Campionamento 1

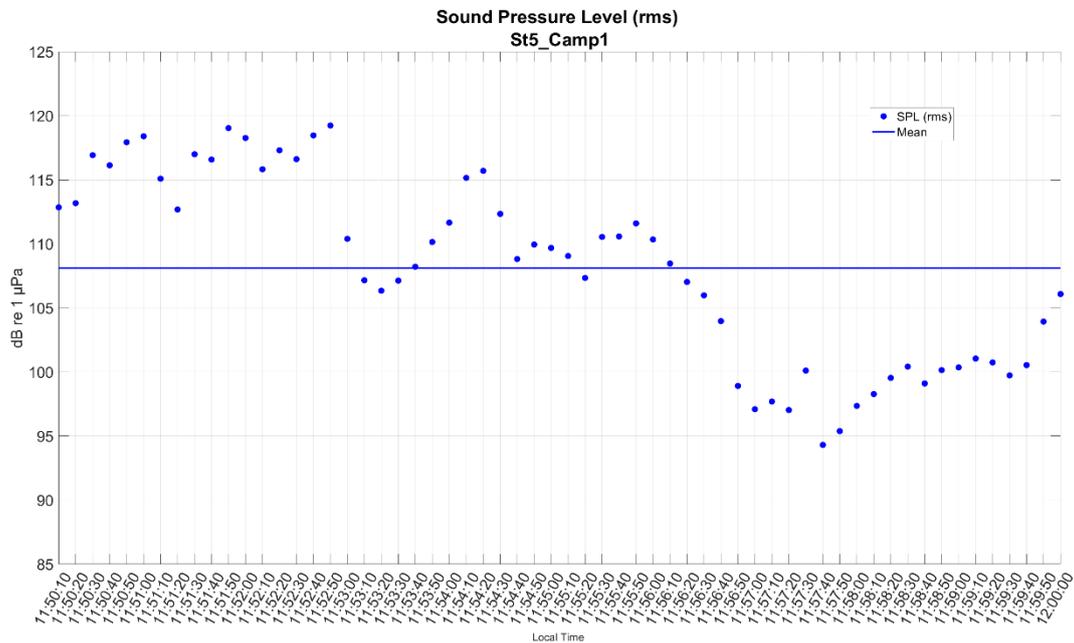


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

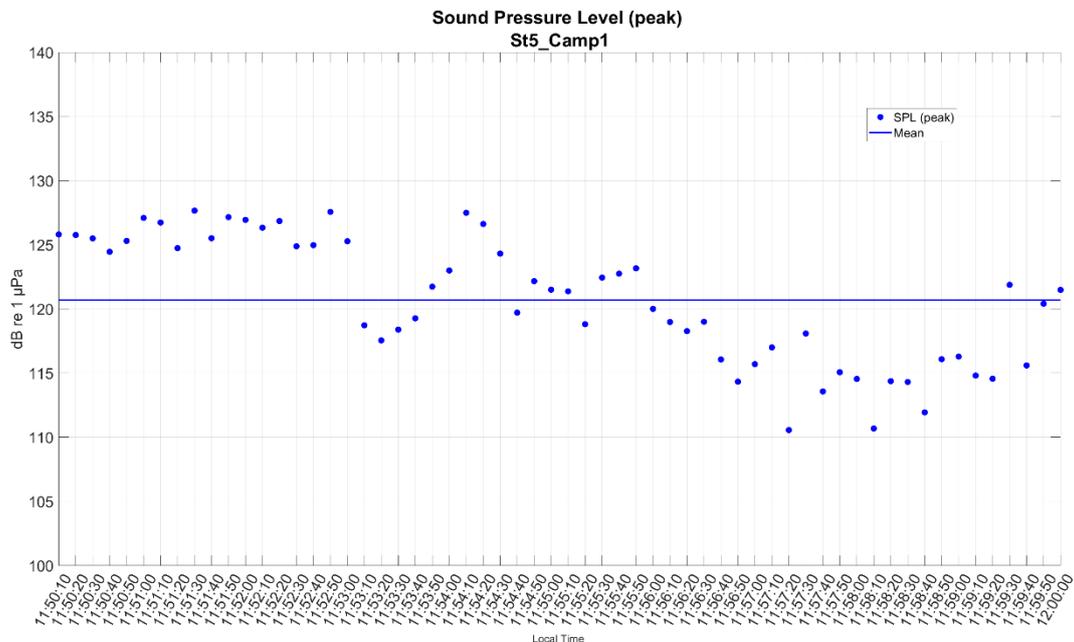
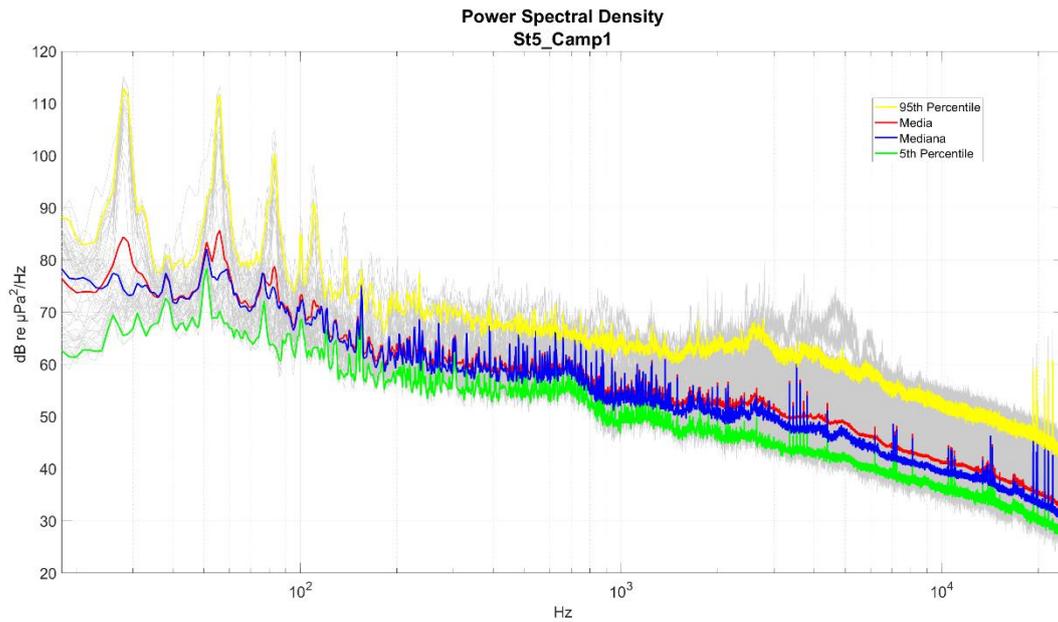
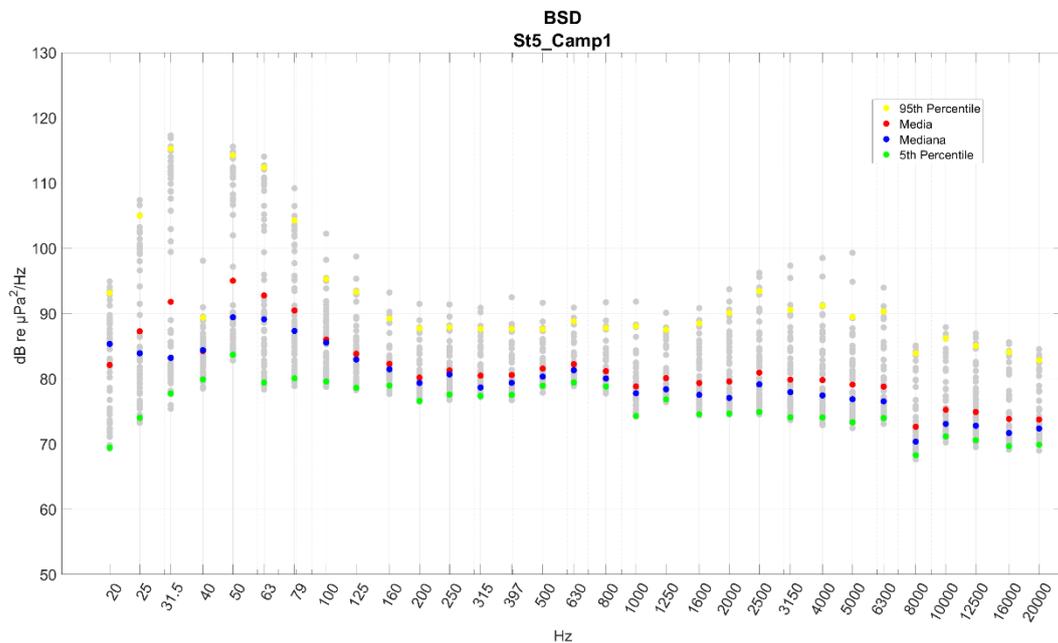


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [ $(L_{p,f})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [ $(L_{p,fc})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

## Sito di Registrazione 5 – St5 Campionamento 2

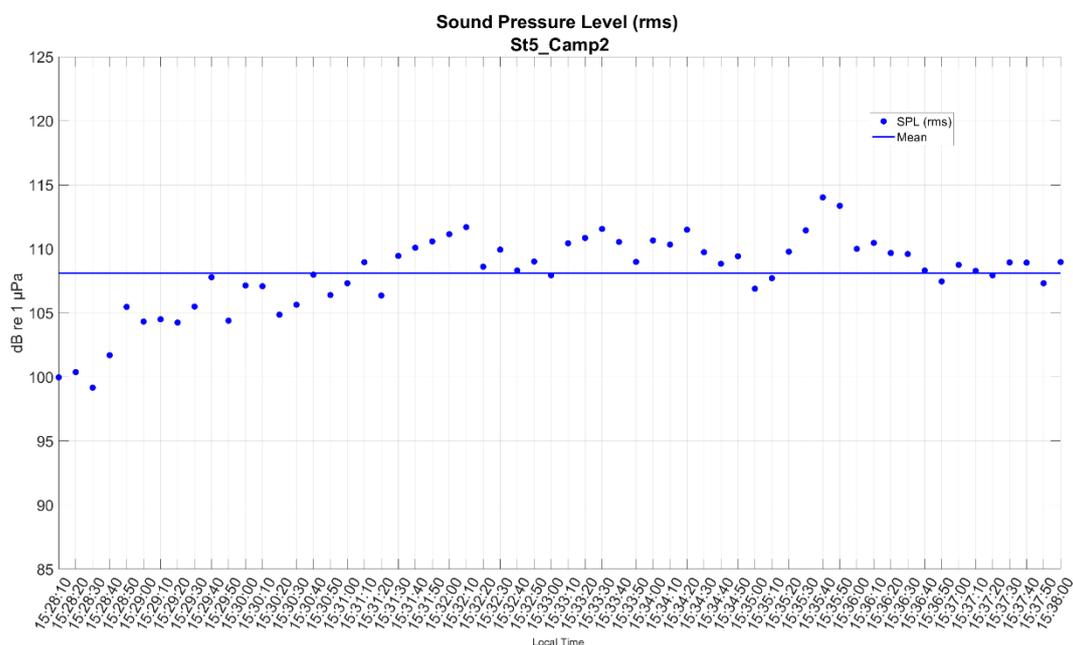


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

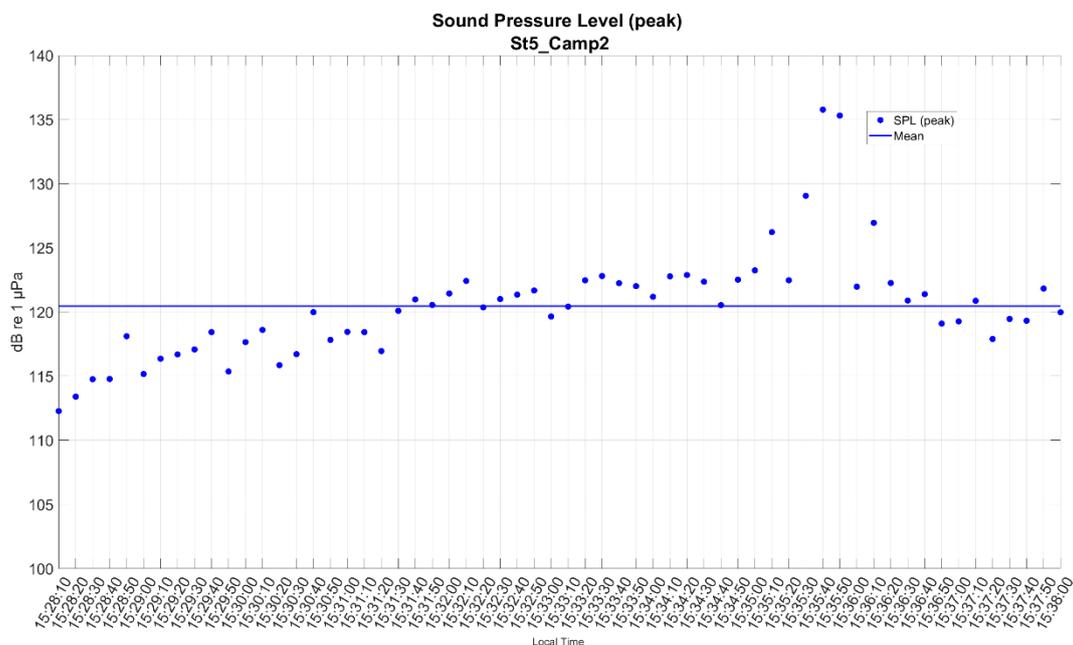
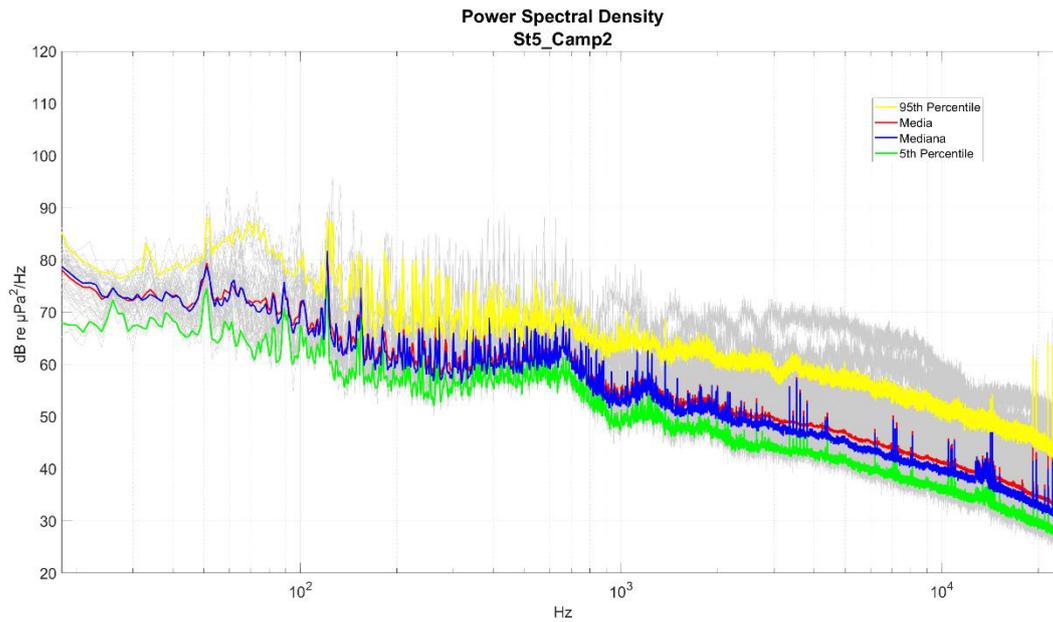
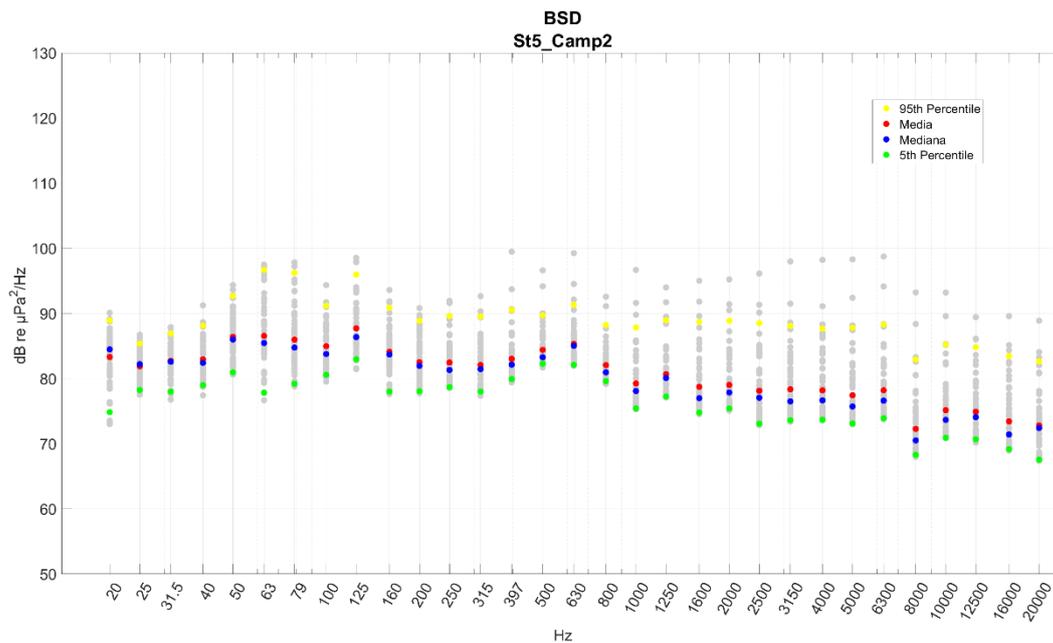


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [ $(L_{p,f})$  dB re 1 µPa<sup>2</sup>/Hz] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [ $(L_{p,fc})$  dB re 1 µPa<sup>2</sup>/Hz] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

## Sito di Registrazione 5 – St5 Campionamento 3

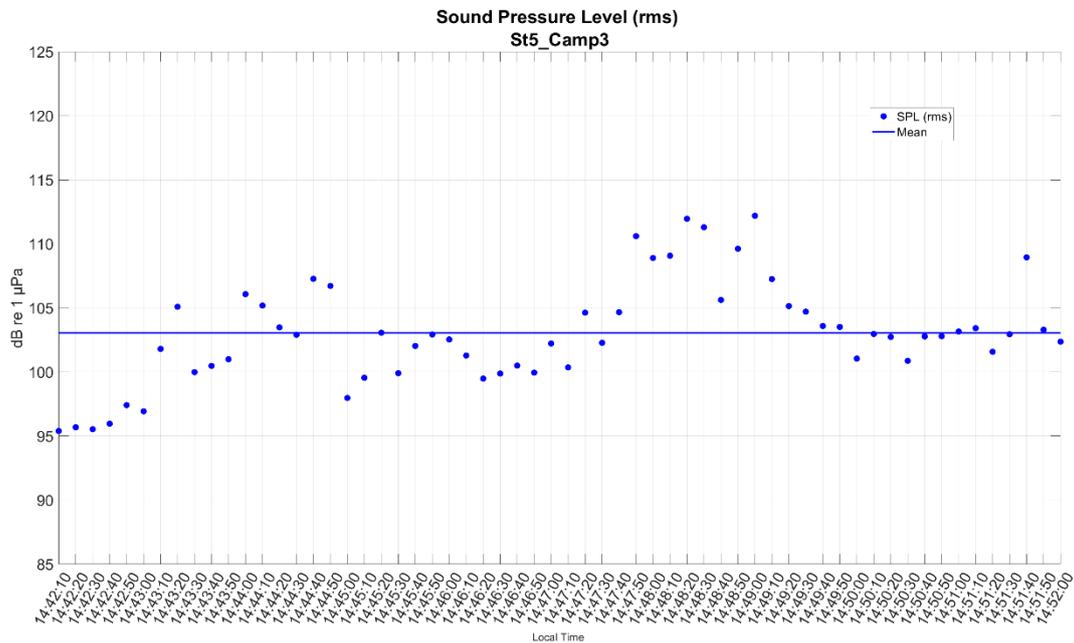


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

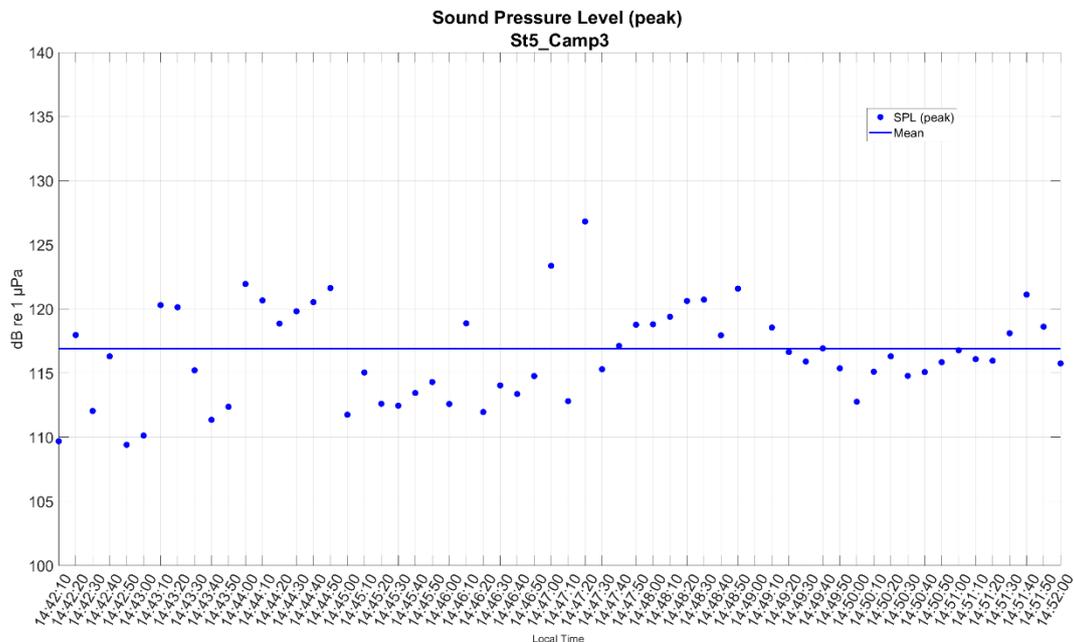
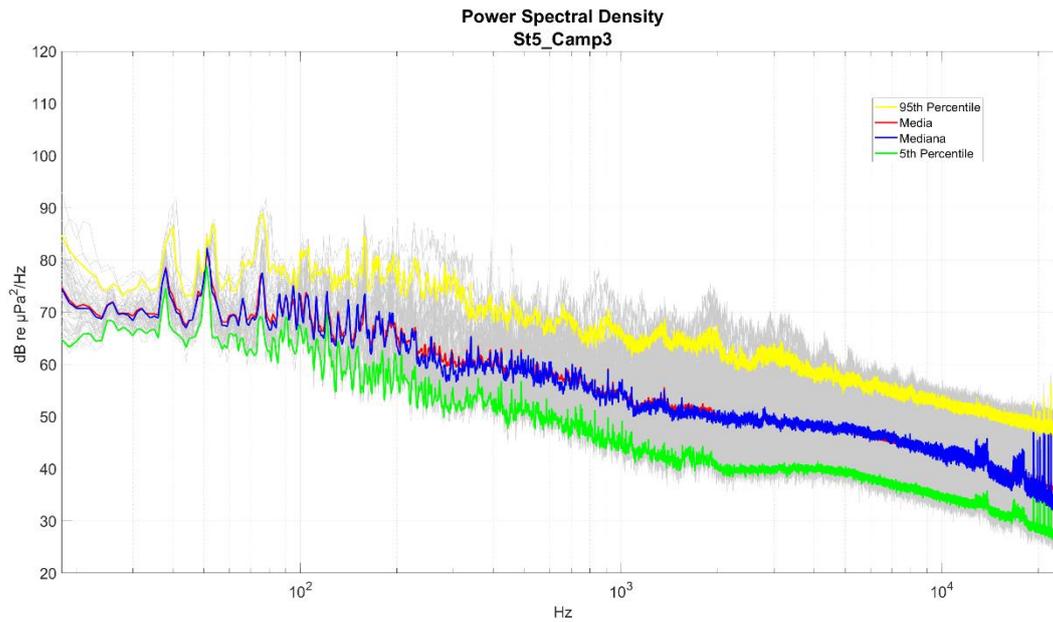
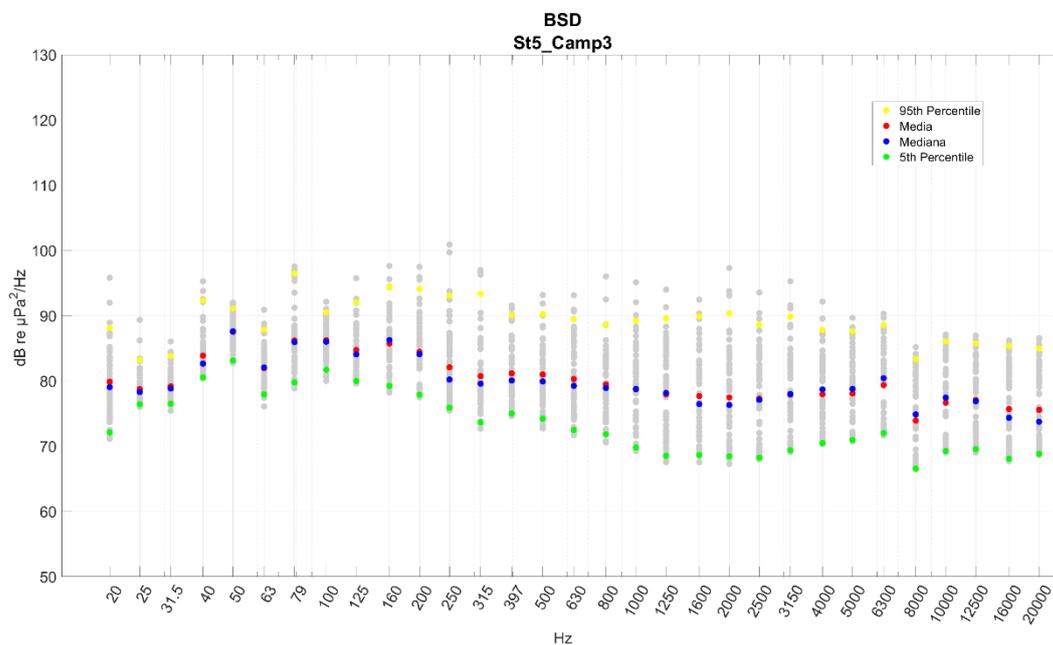


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [( $L_{p,f}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [( $L_{p,fc}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

## Sito di Registrazione 6 – St6 Campionamento 1

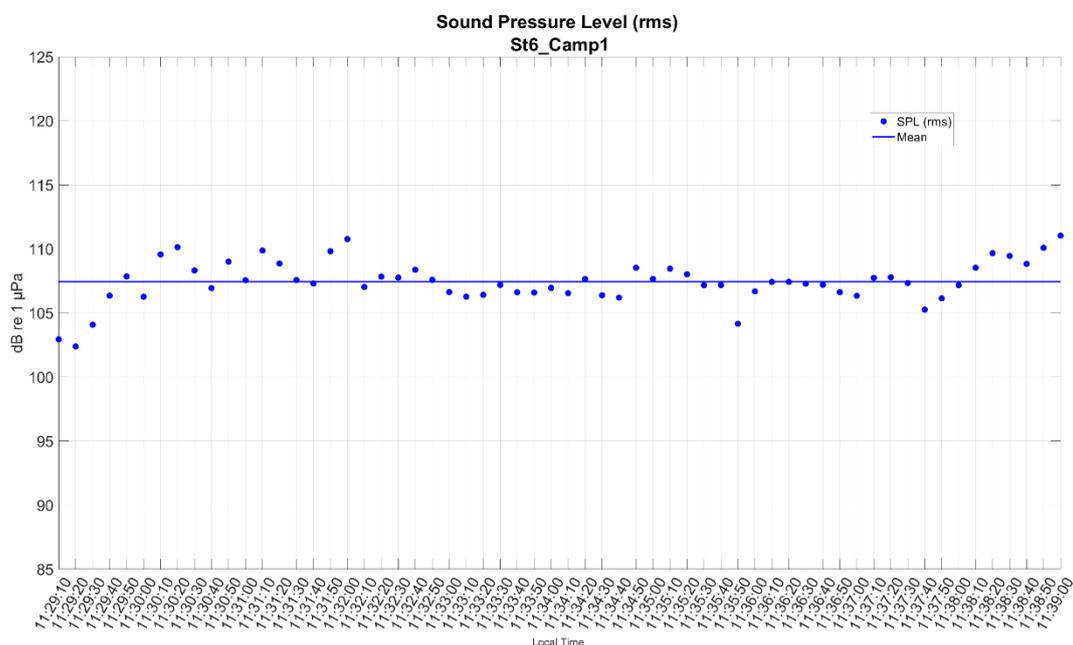


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

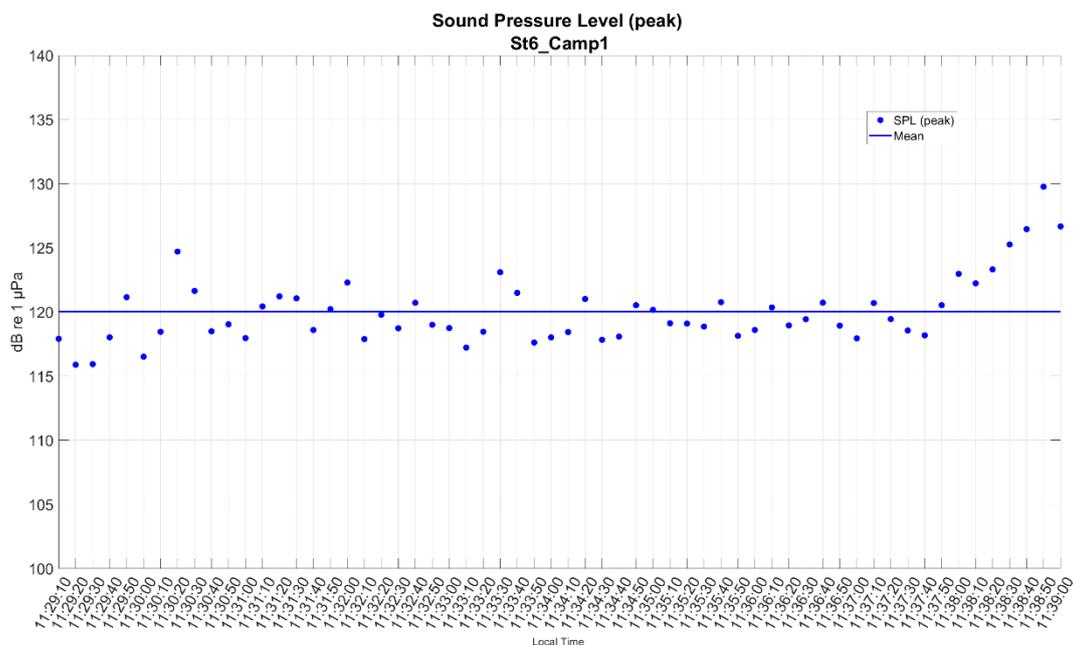
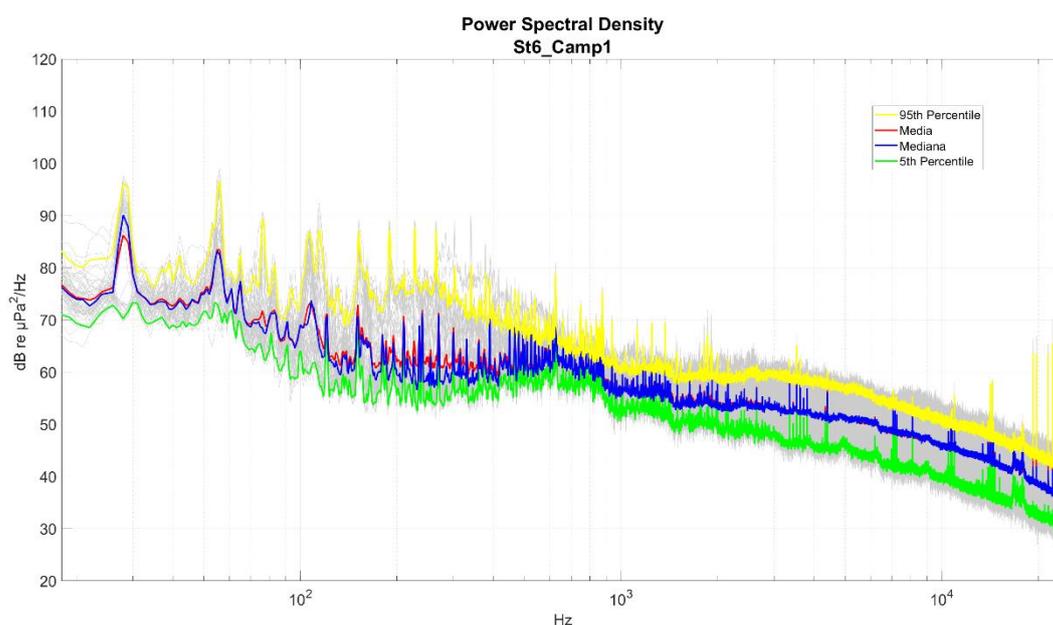
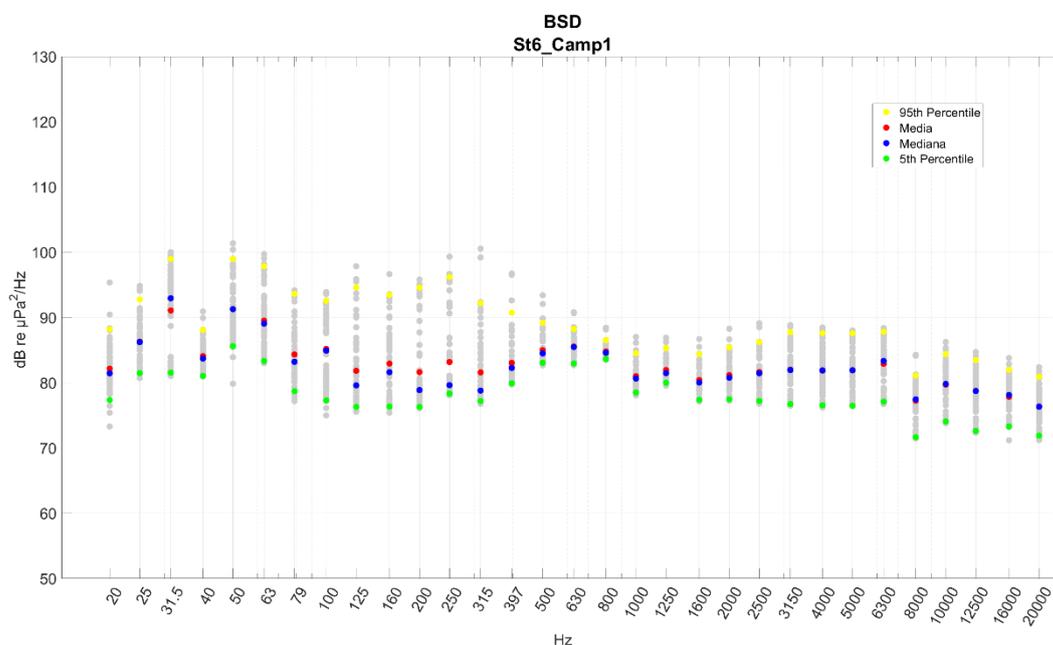


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [( $L_{p,f}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [( $L_{p,fc}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

## Sito di Registrazione 6 – St6 Campionamento 2

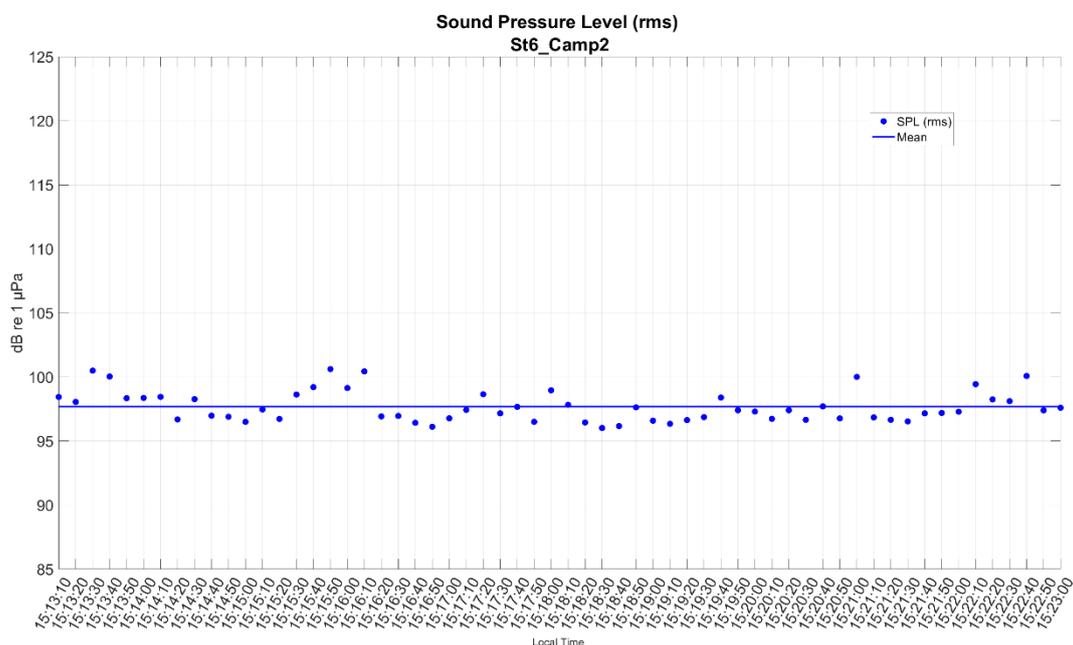


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del **Sound Pressure Level (root mean square)** [ $L_{p,rms}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

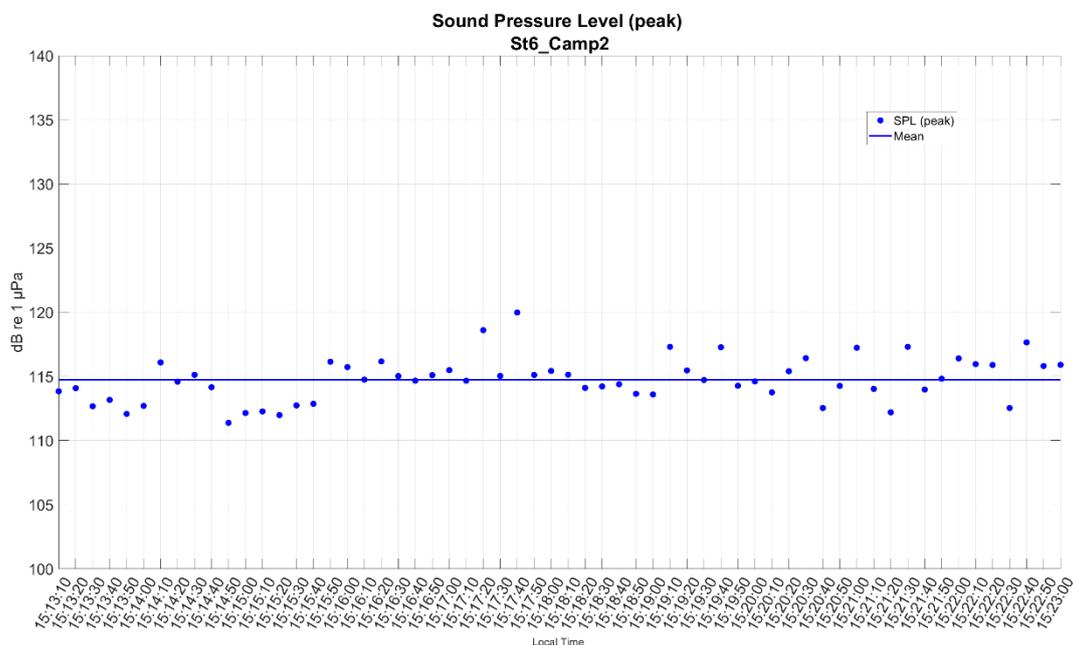
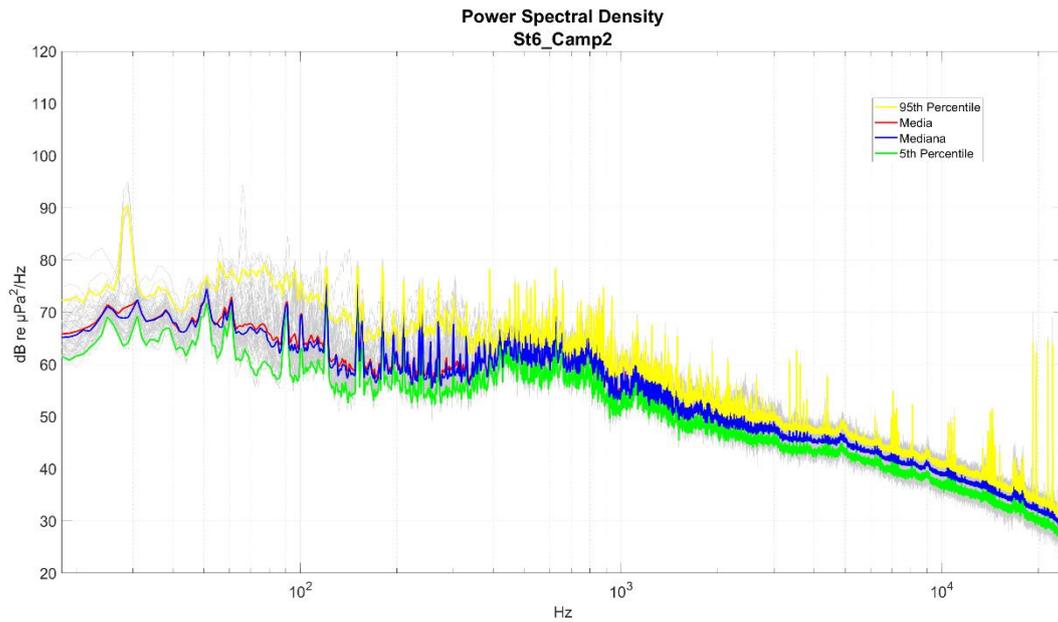
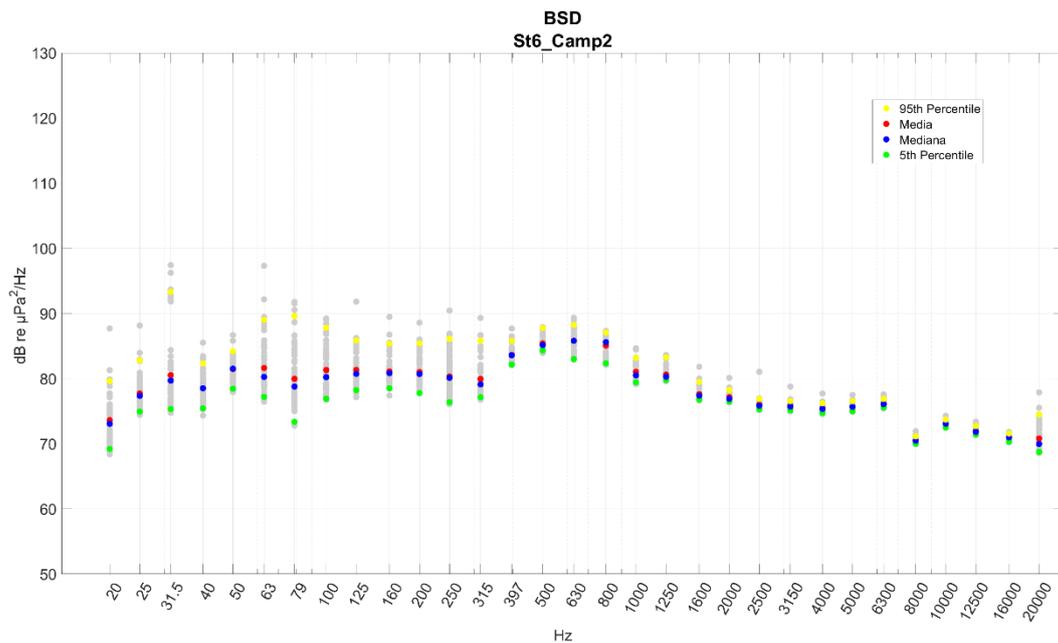


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del **Sound Pressure Level (peak)** [ $L_{p,pk}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [( $L_{p,f}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [( $L_{p,fc}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

## Sito di Registrazione 6 – St6 Campionamento 3

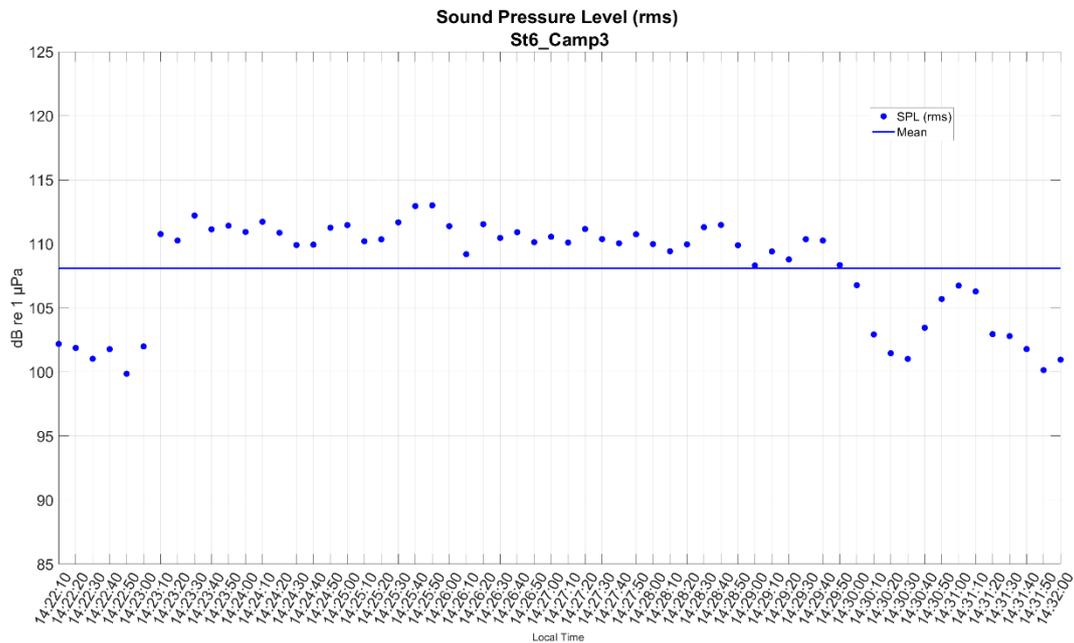


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

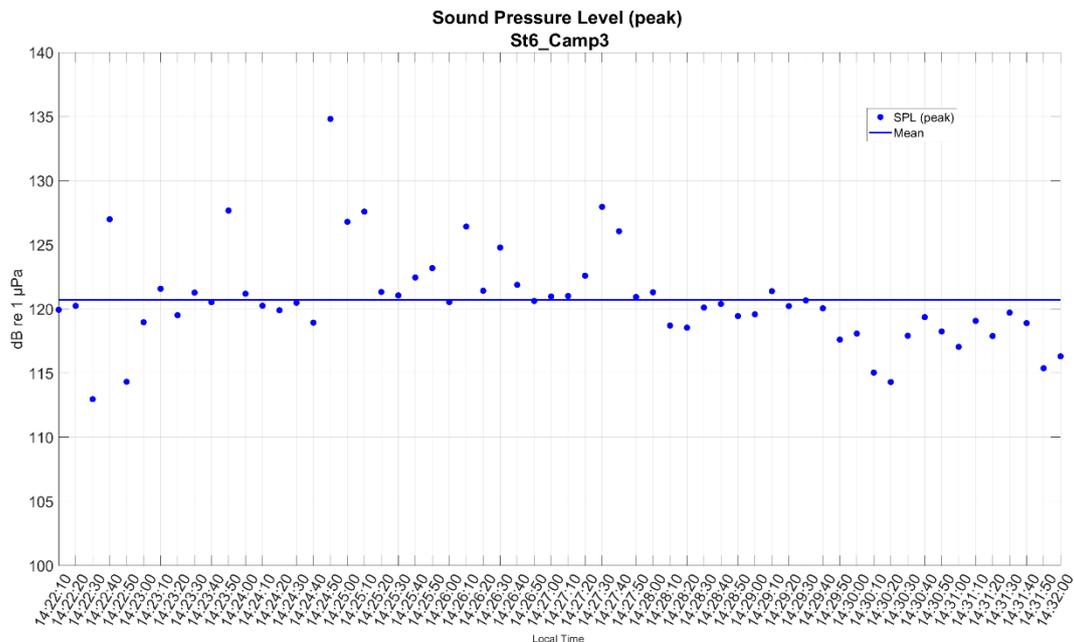
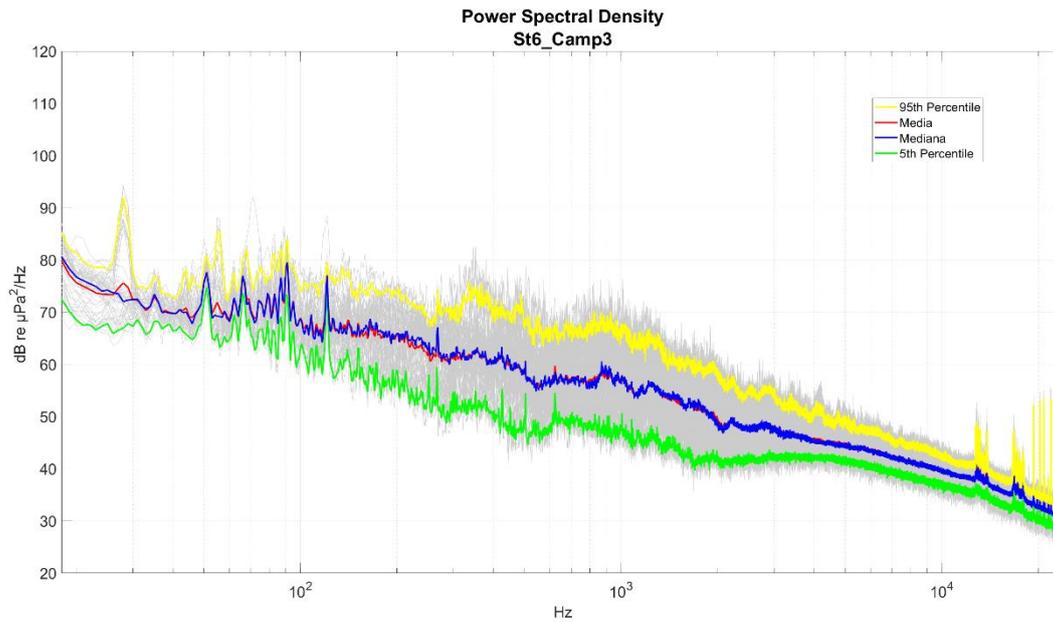
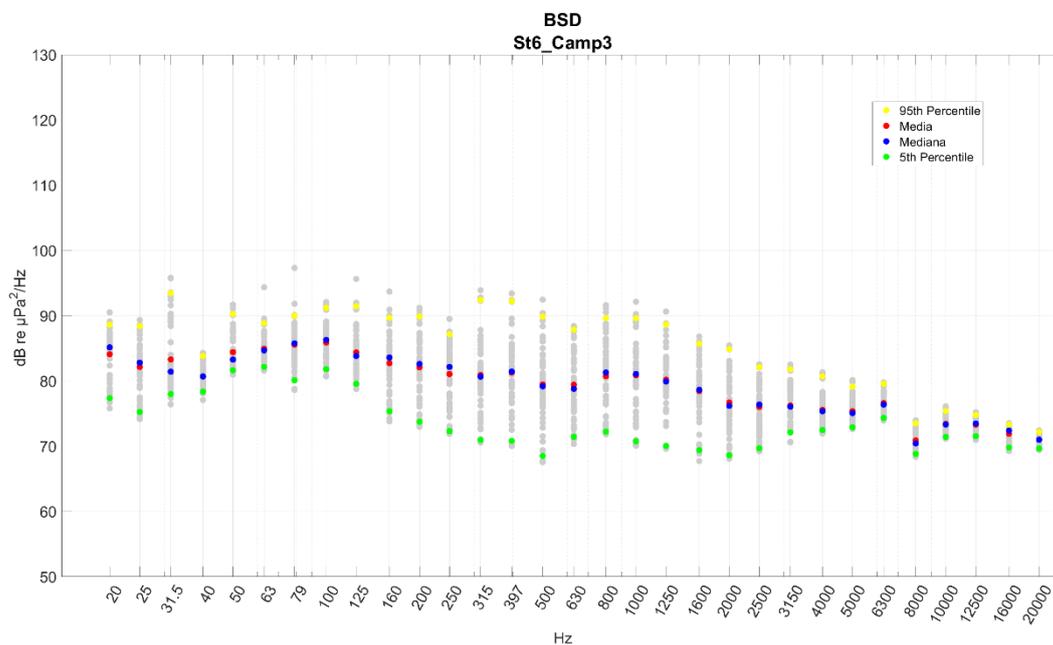


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [ $(L_{p,f})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [ $(L_{p,fc})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

## Sito di Registrazione 7 – St7 Campionamento 1

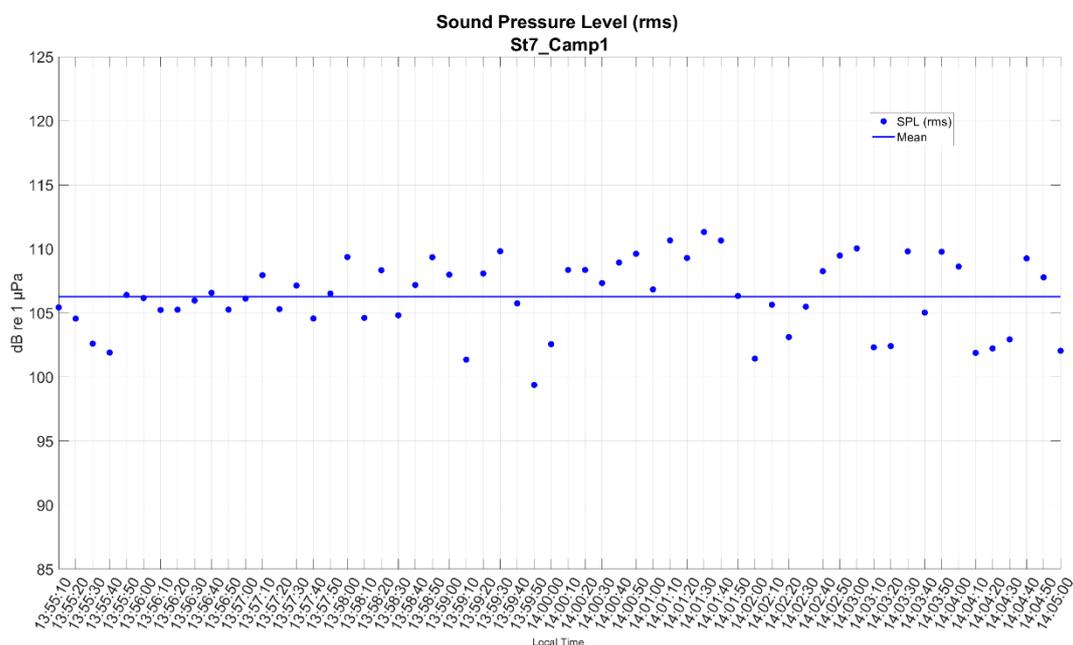


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

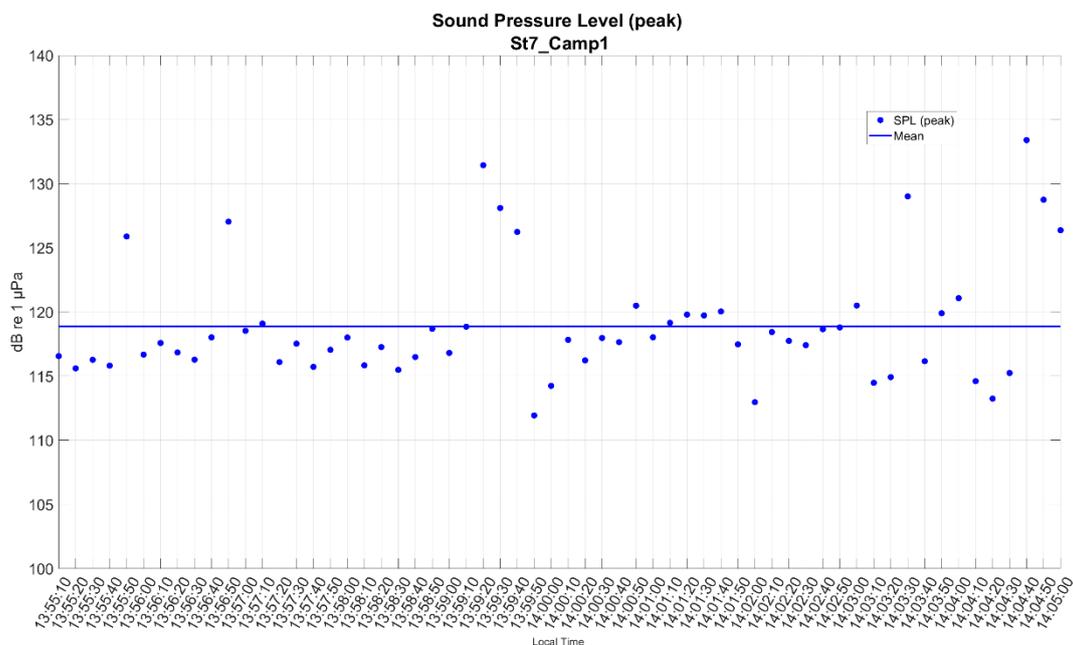
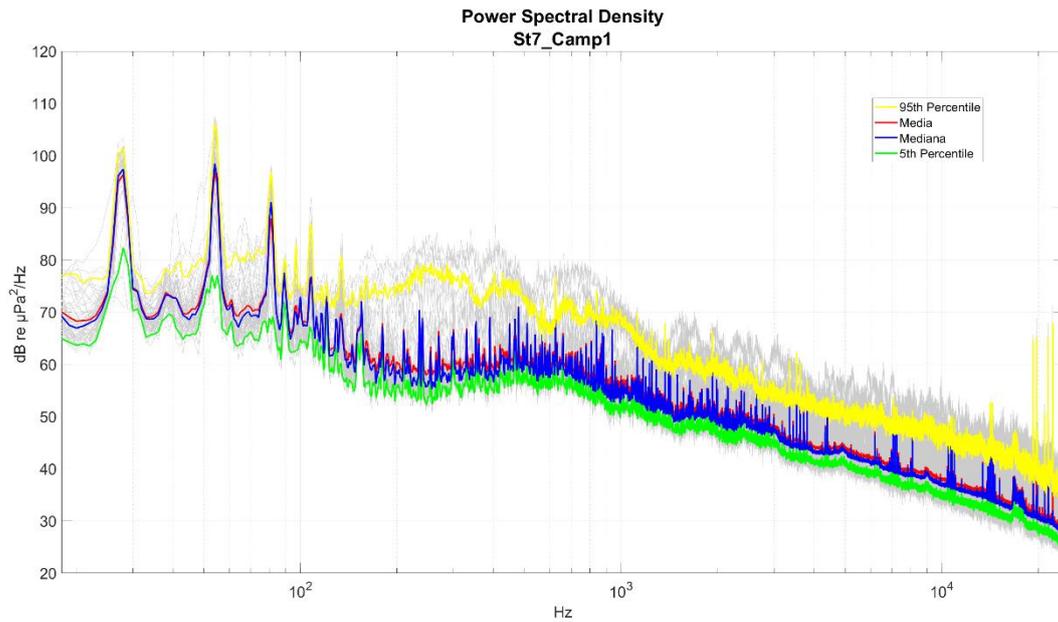
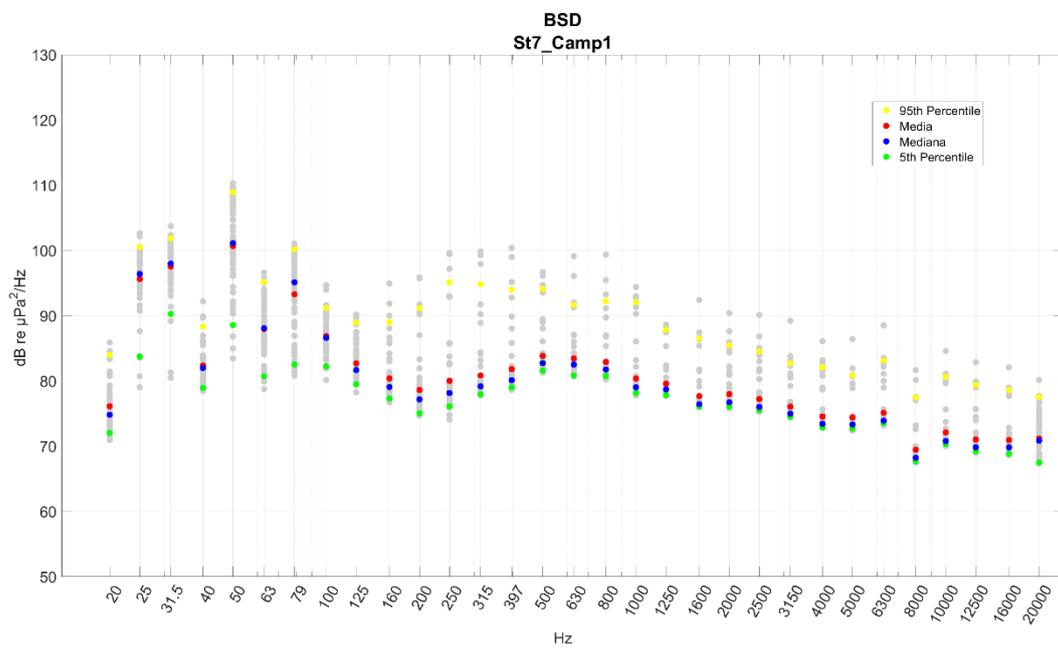


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [ $(L_{p,f})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [ $(L_{p,fc})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

## Sito di Registrazione 7 – St7 Campionamento 2

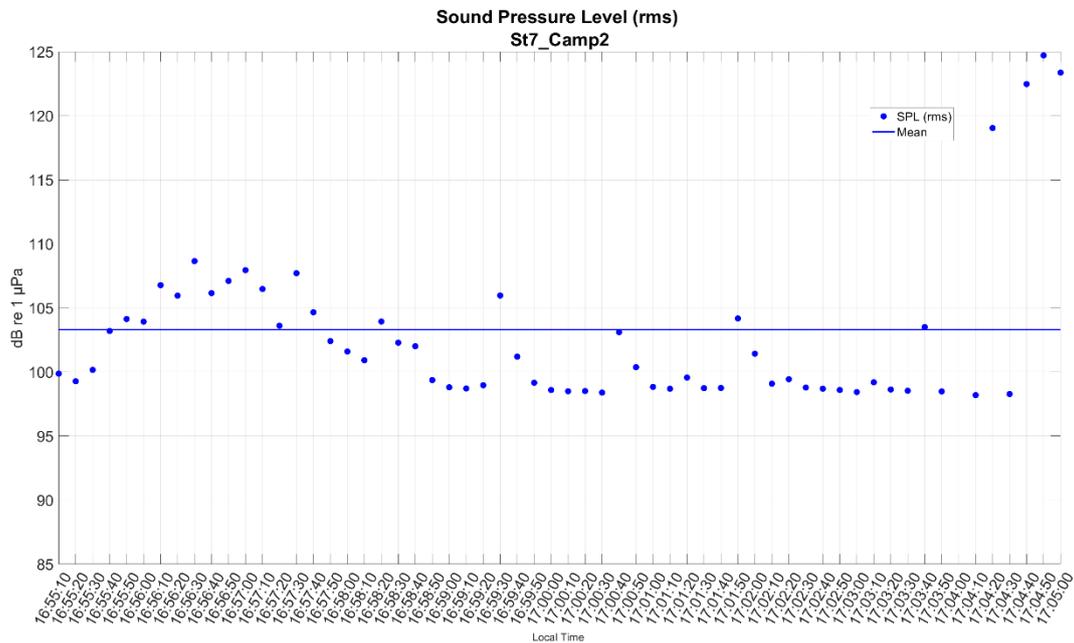


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

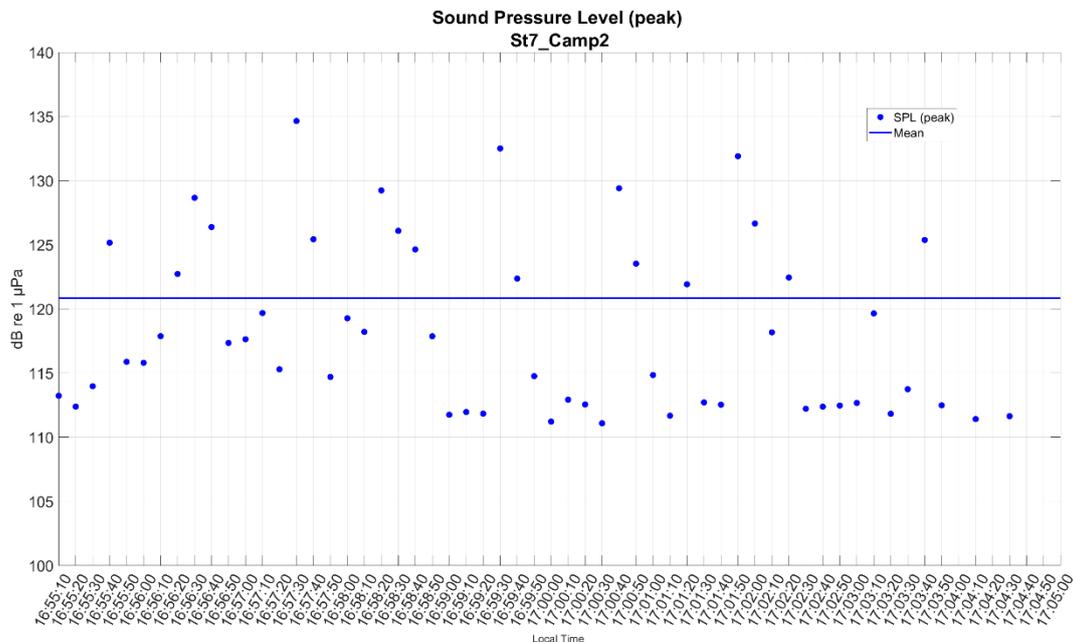
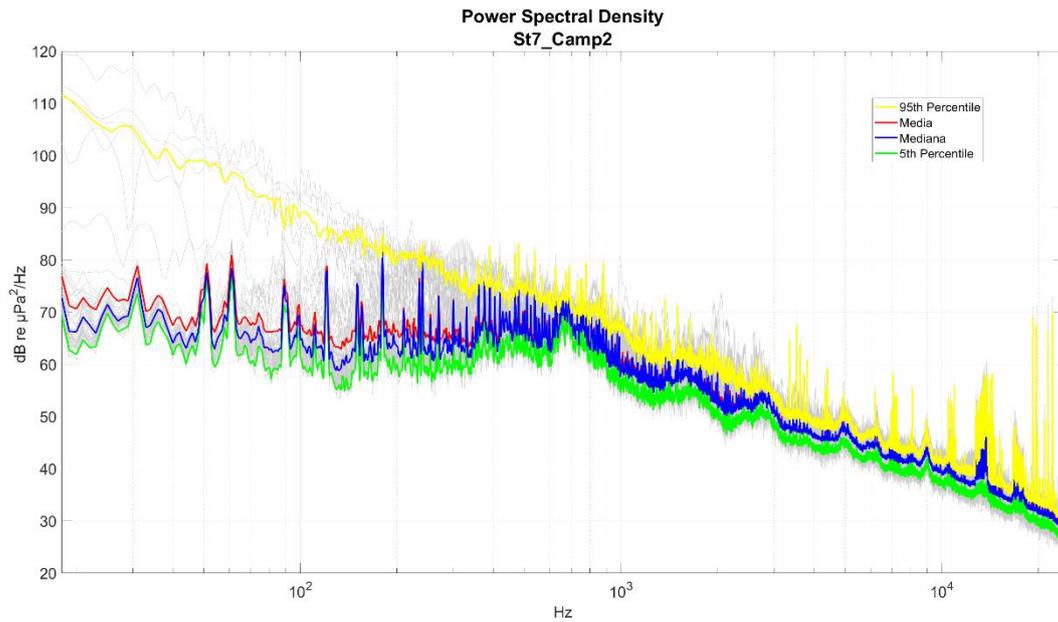
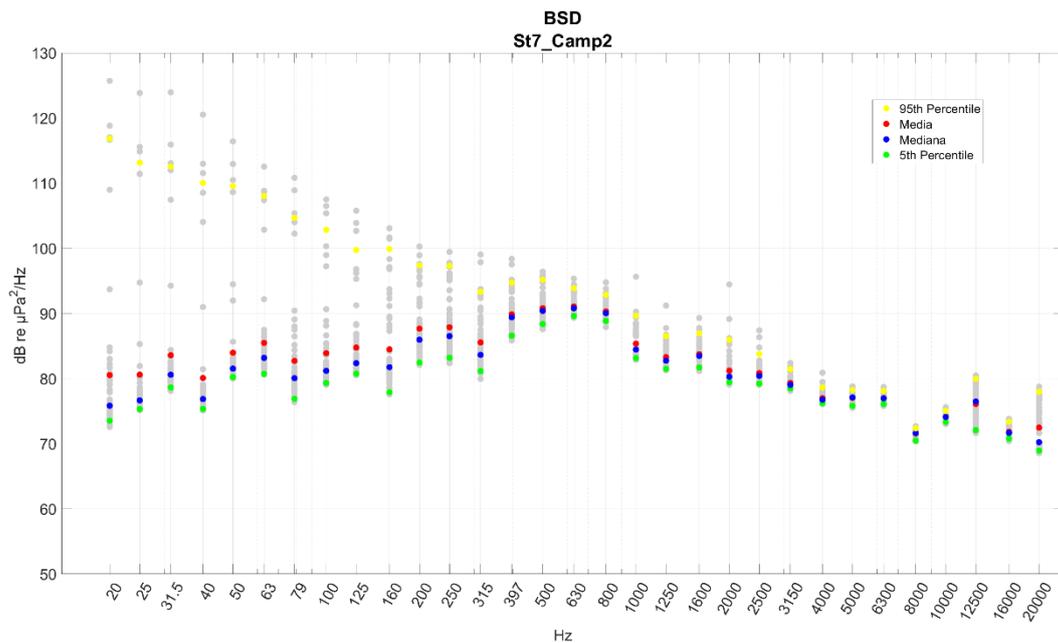


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [( $L_{p,f}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [( $L_{p,fc}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

## Sito di Registrazione 7 – St7 Campionamento 3

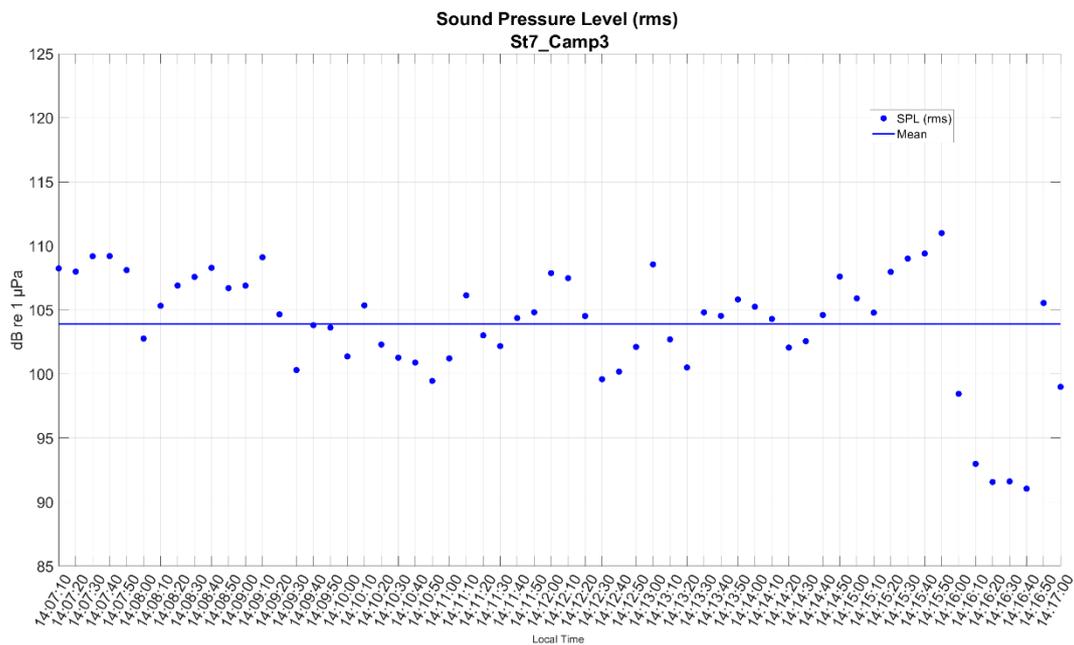


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

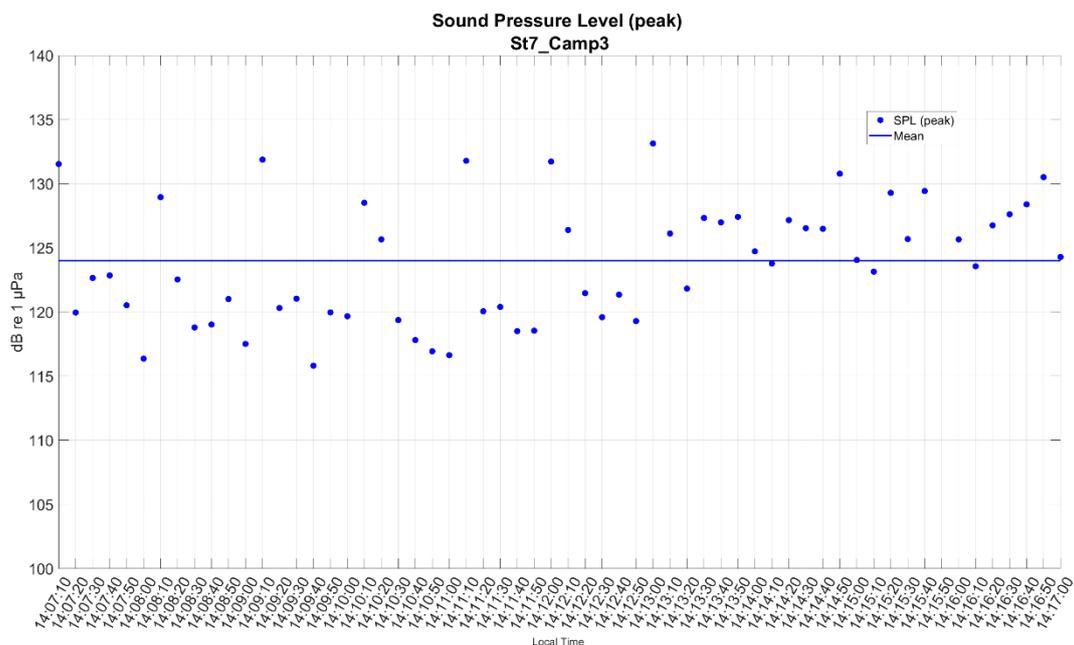
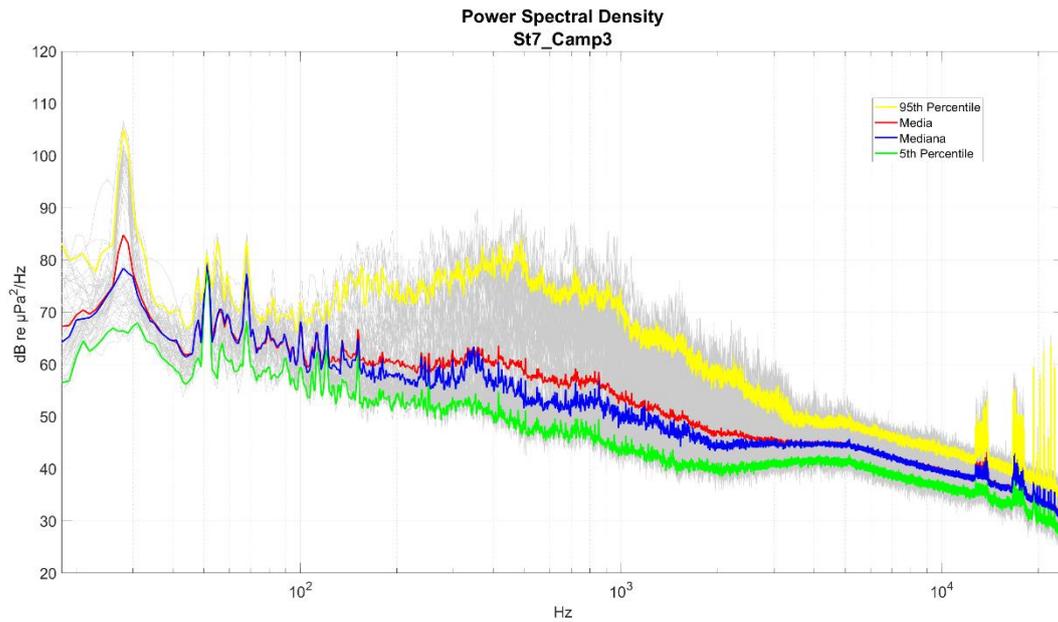
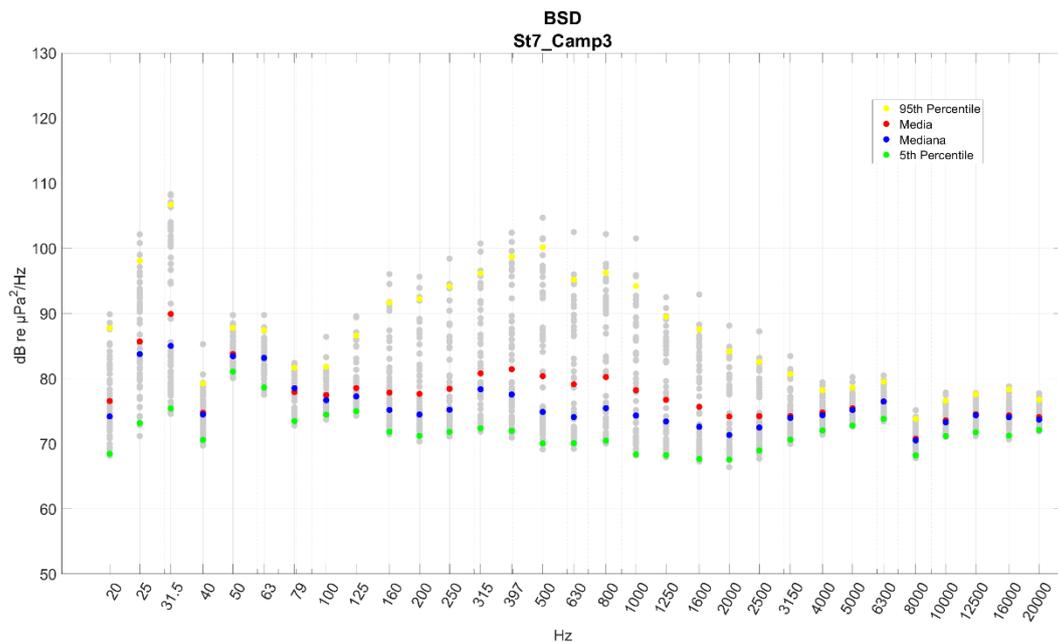


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [ $(L_{p,f})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [ $(L_{p,fc})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

# Sito di Registrazione 8 – St8 Campionamento1

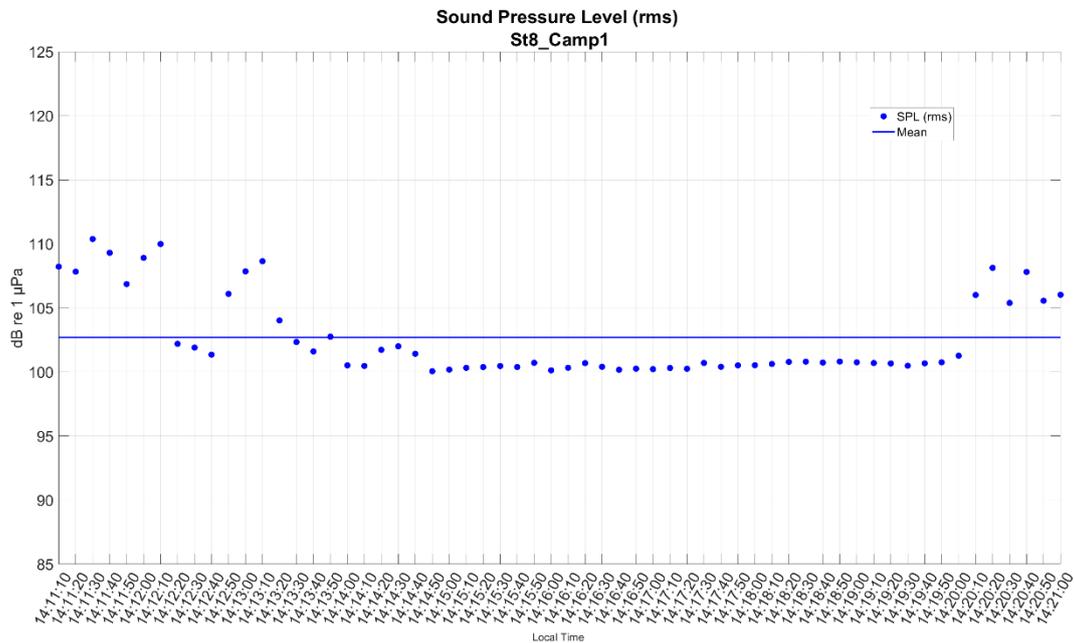


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

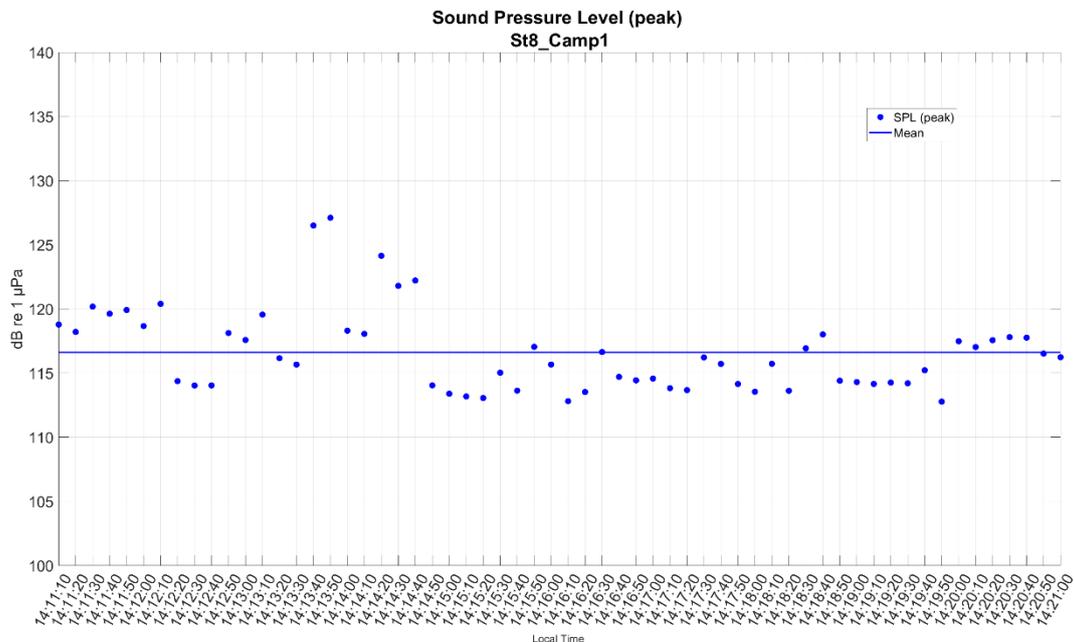
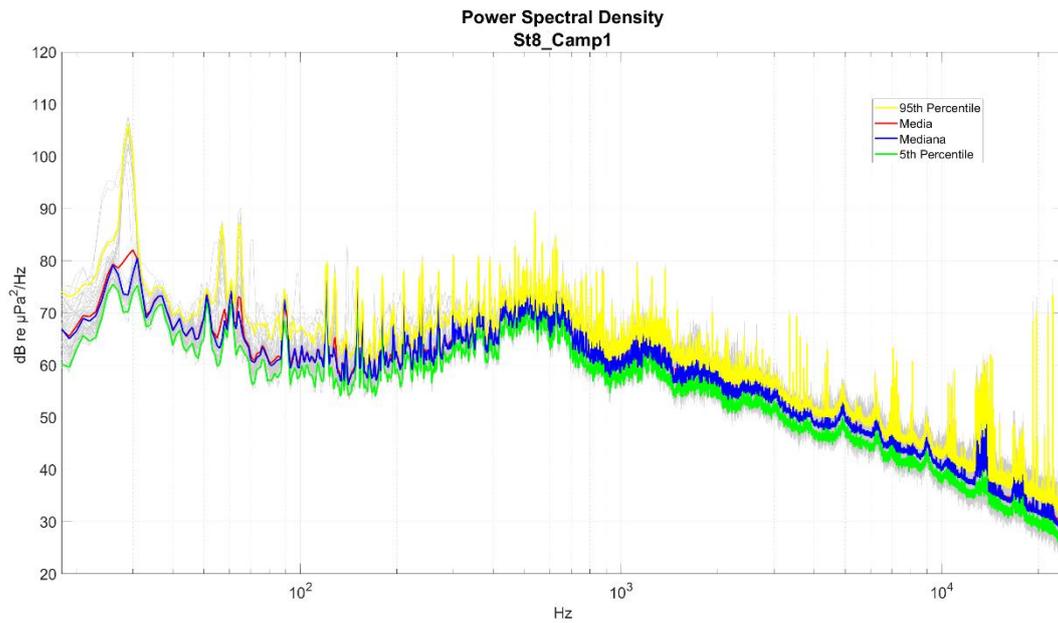
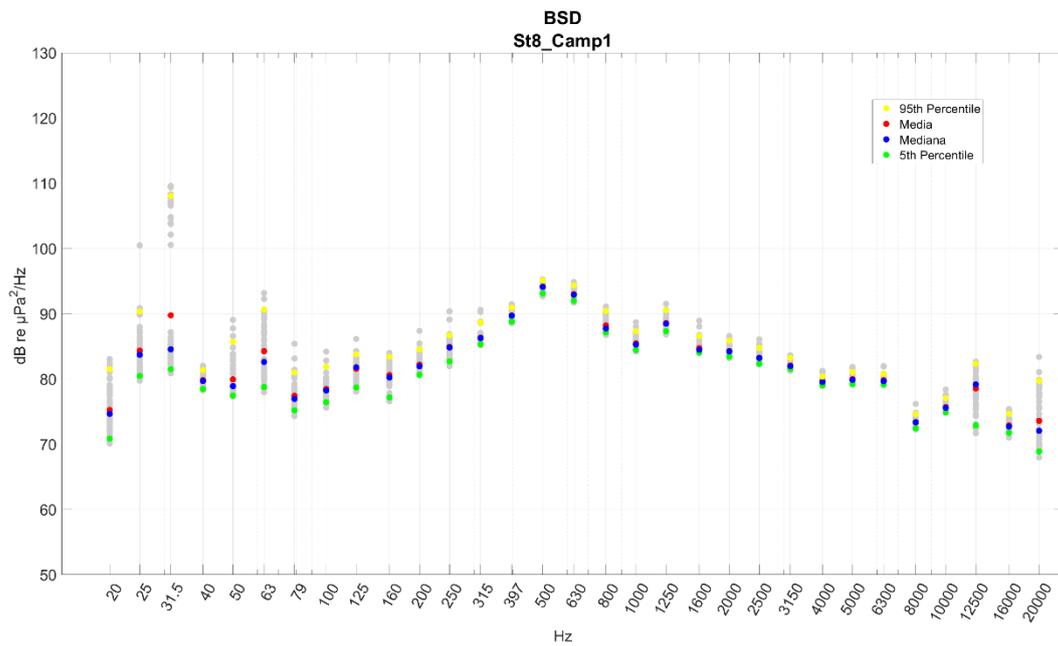


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [( $L_{p,f}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [( $L_{p,fc}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

## Sito di Registrazione 8 – St8 Campionamento 2

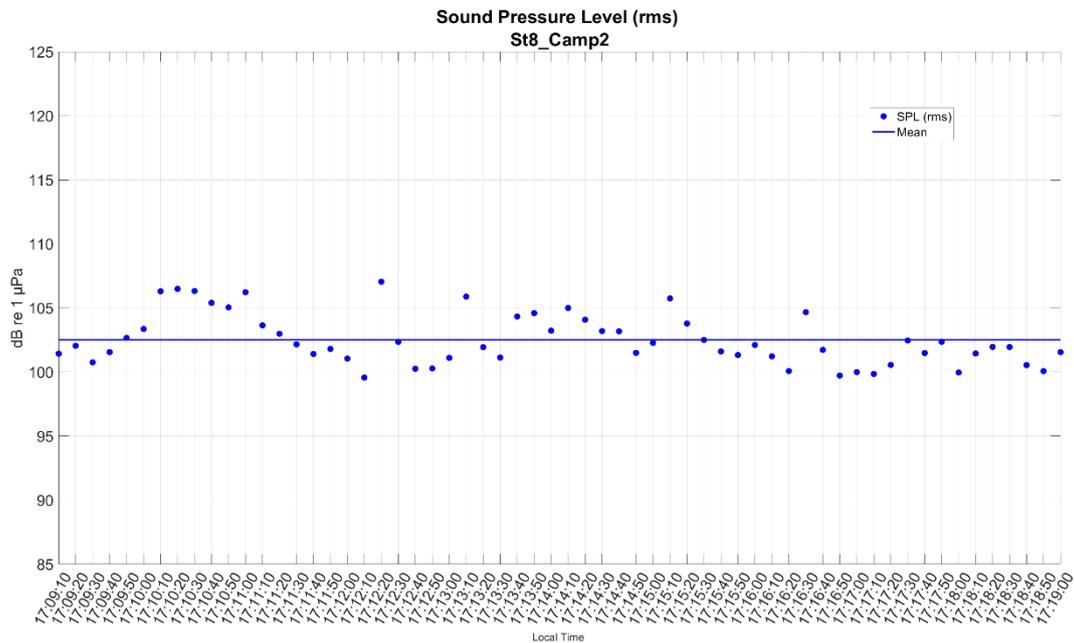


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

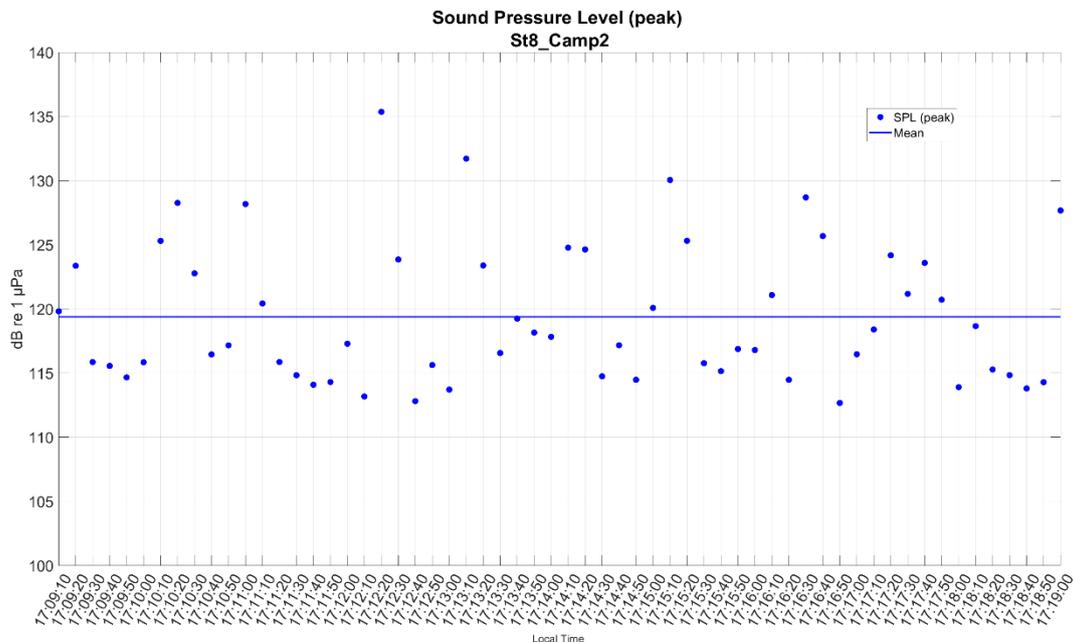
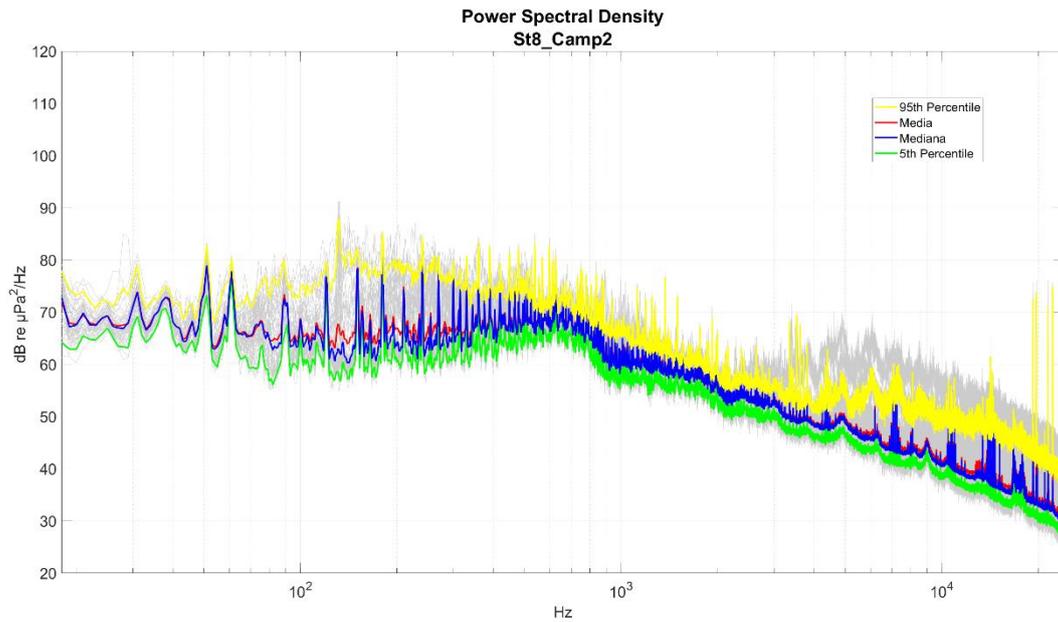
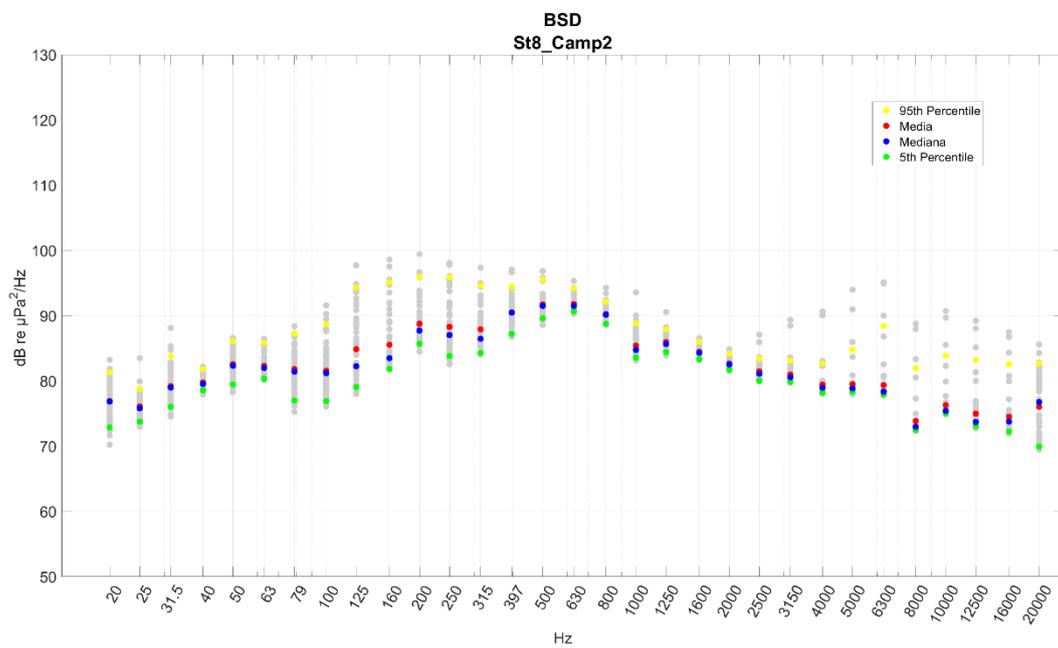


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [ $(L_{p,f})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [ $(L_{p,fc})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

## Sito di Registrazione 8 – St8 Campionamento 3

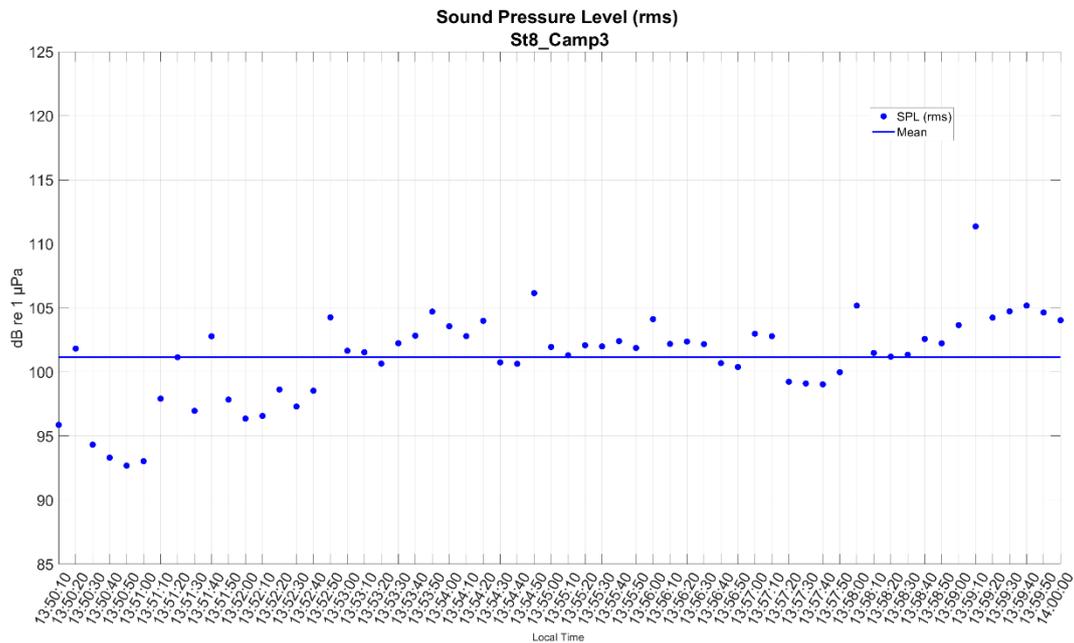


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

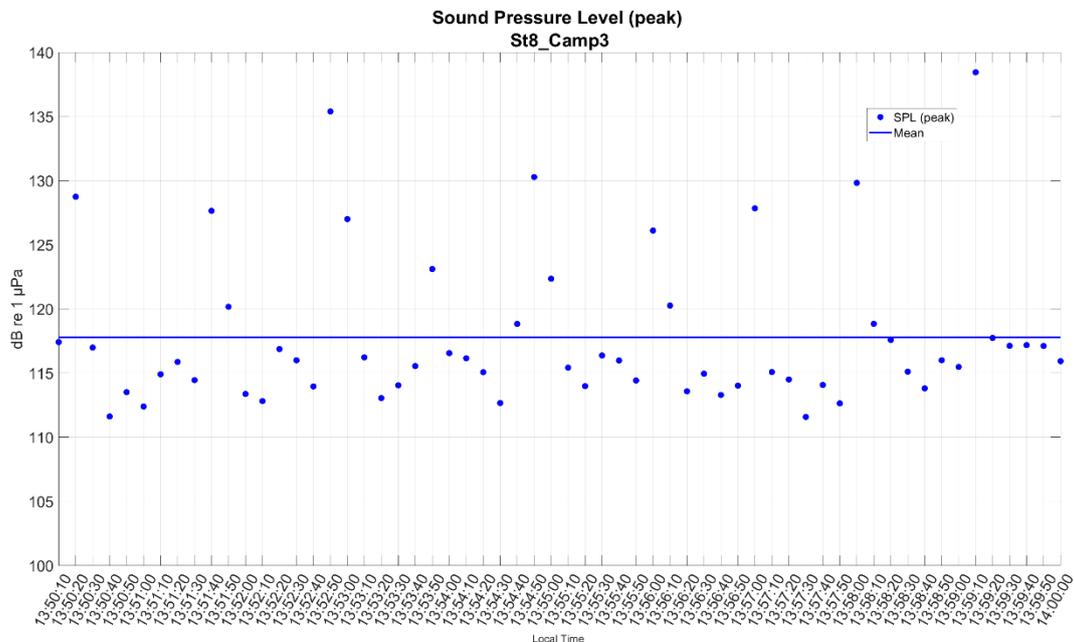


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

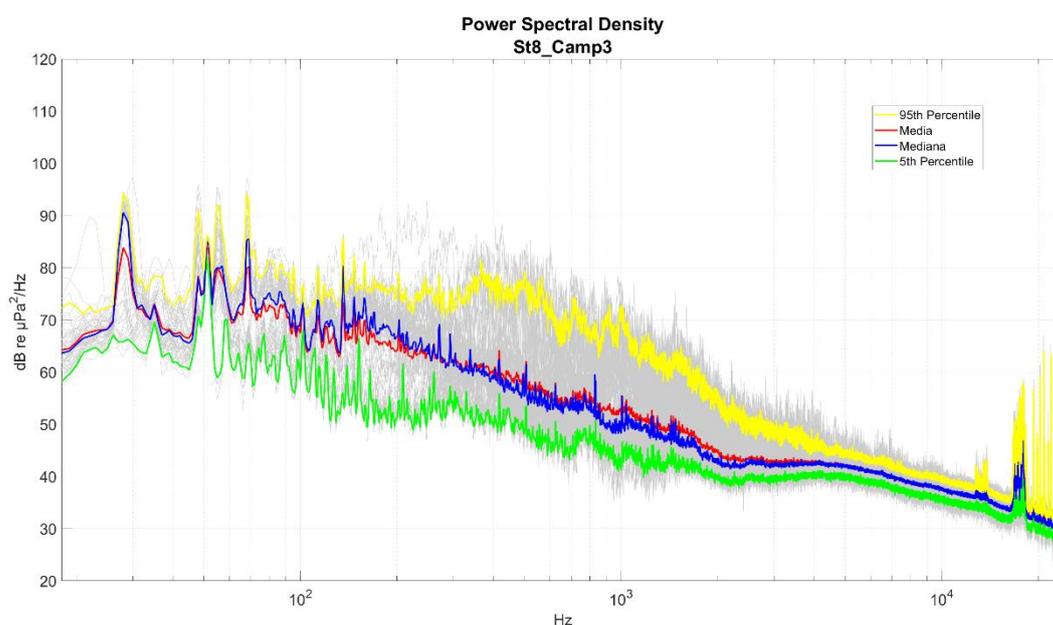


Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [ $(L_{p,f})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

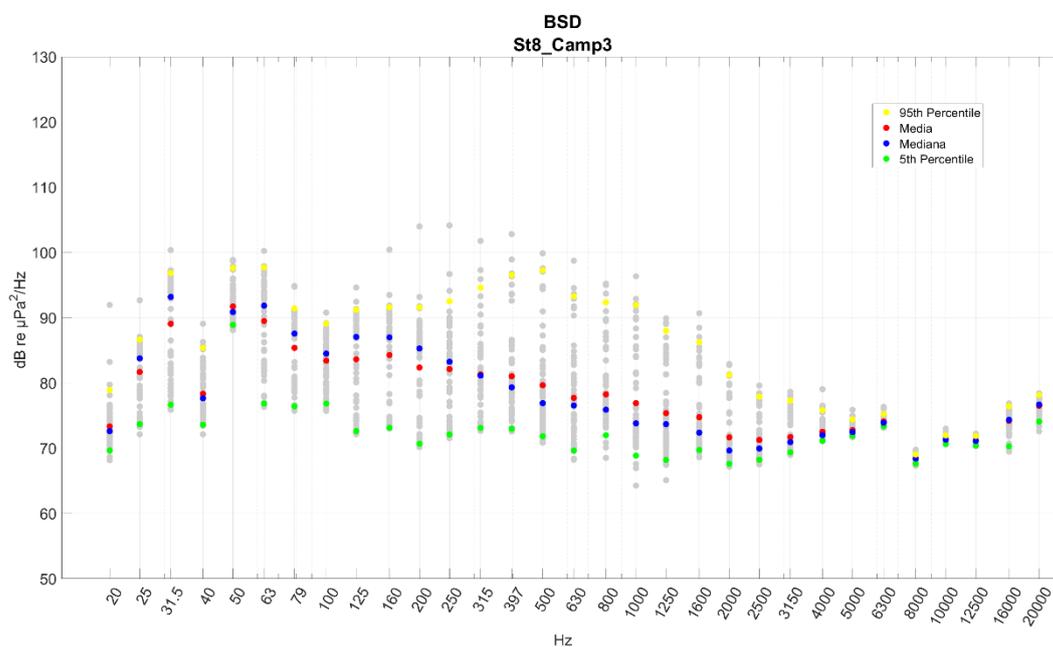


Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [ $(L_{p,fc})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

# Sito di Registrazione 9 – St9 Campionamento 1

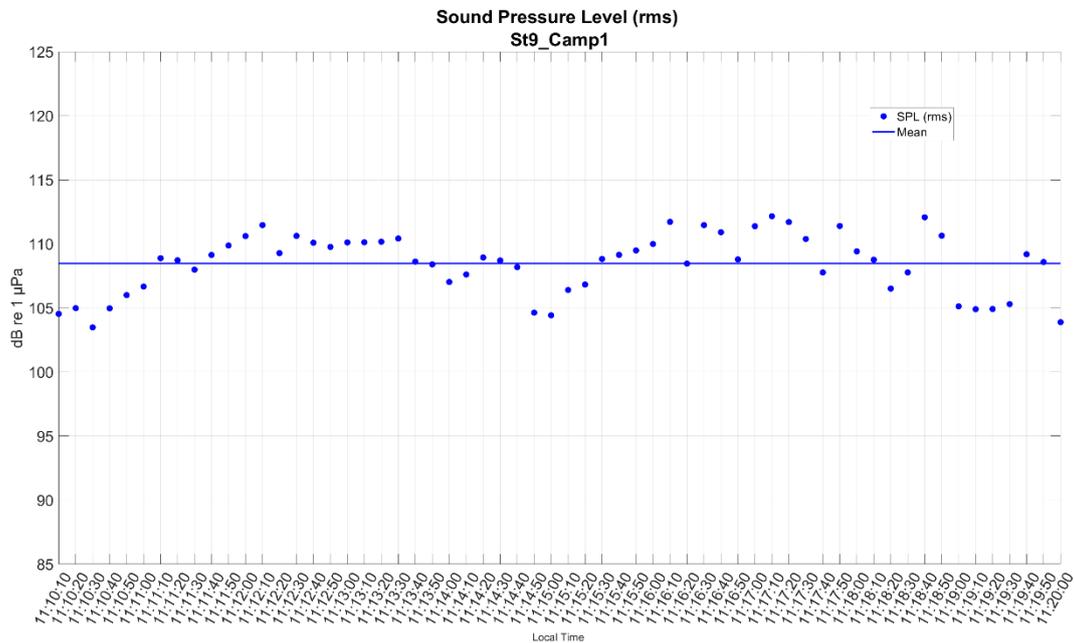


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

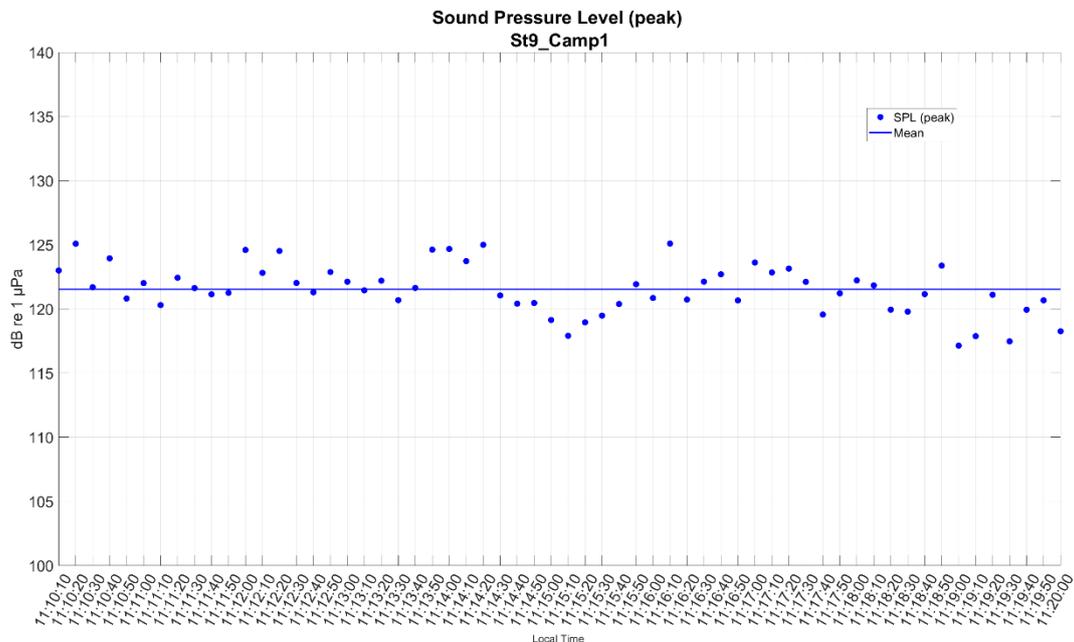
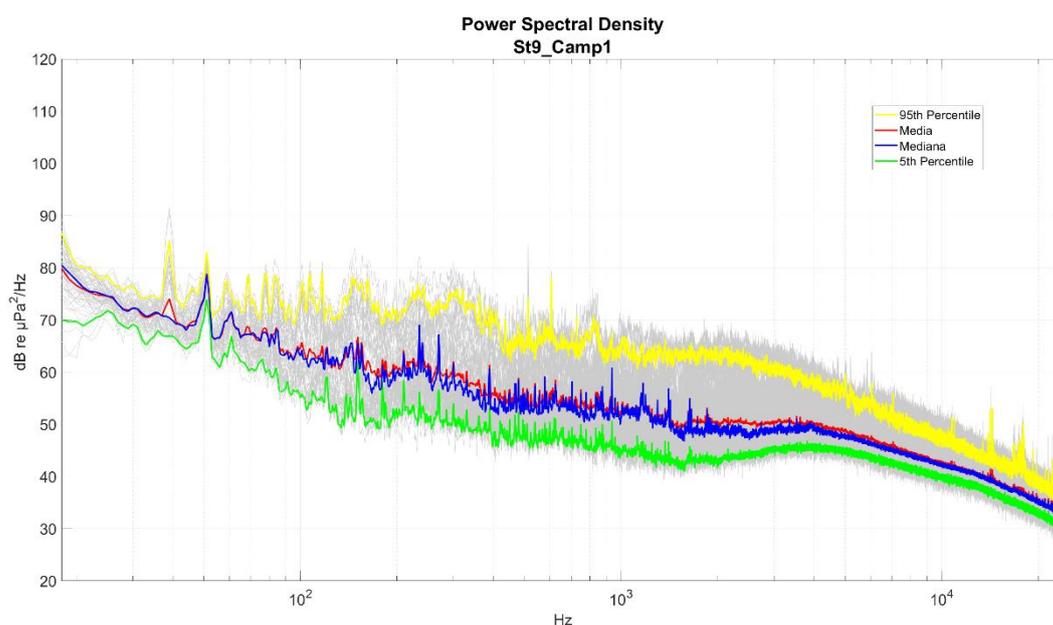
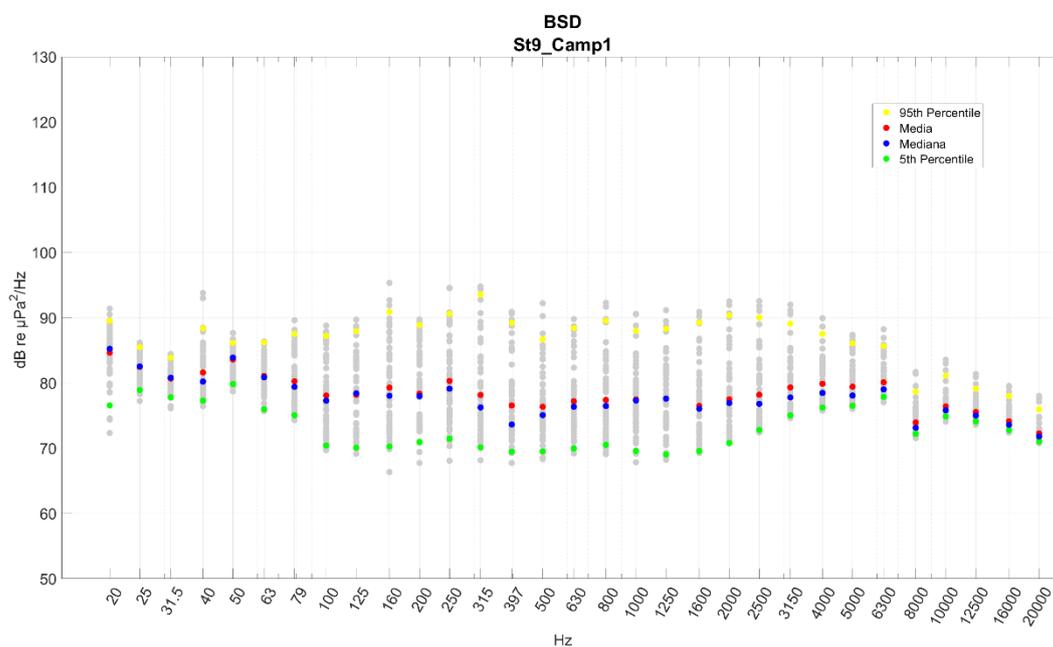


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [ $(L_{p,f})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [ $(L_{p,fc})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

## Sito di Registrazione 9 – St9 Campionamento 2

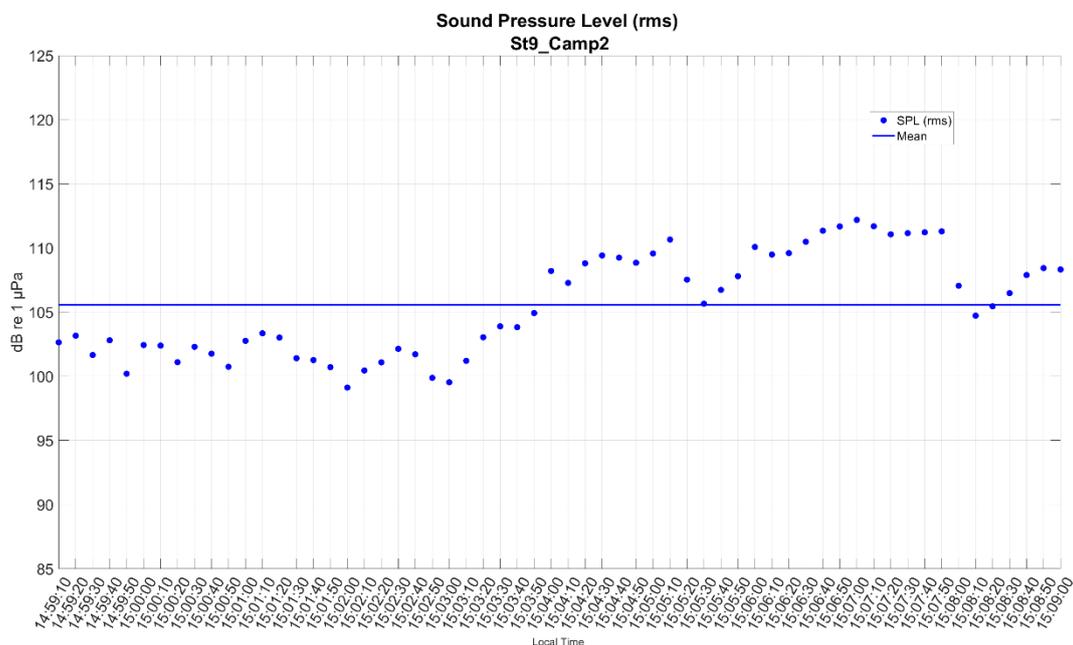


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

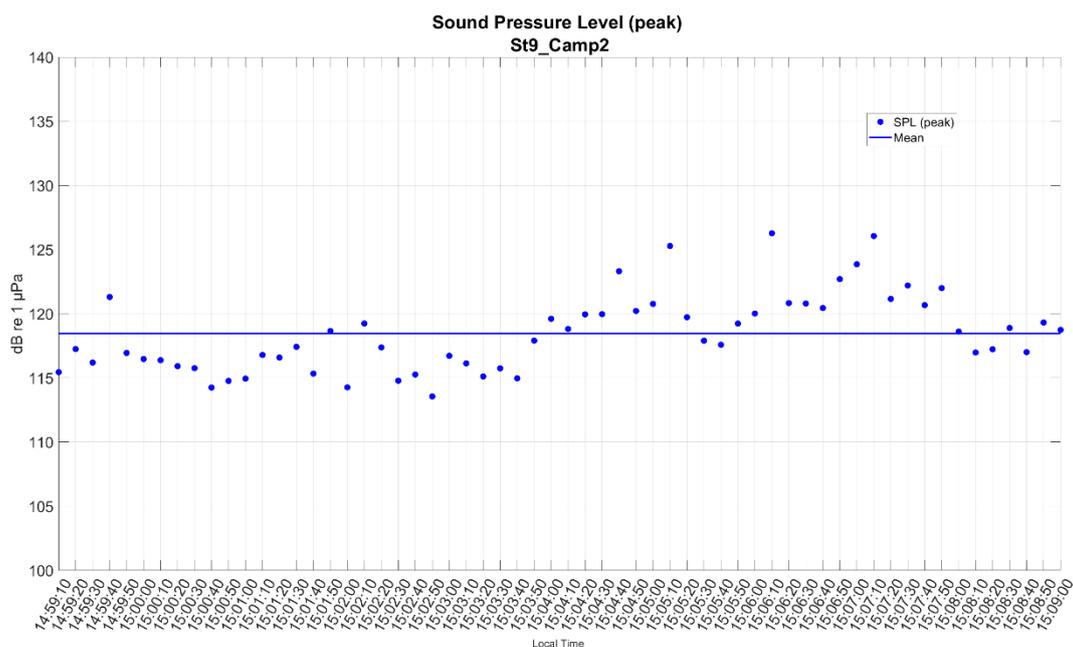
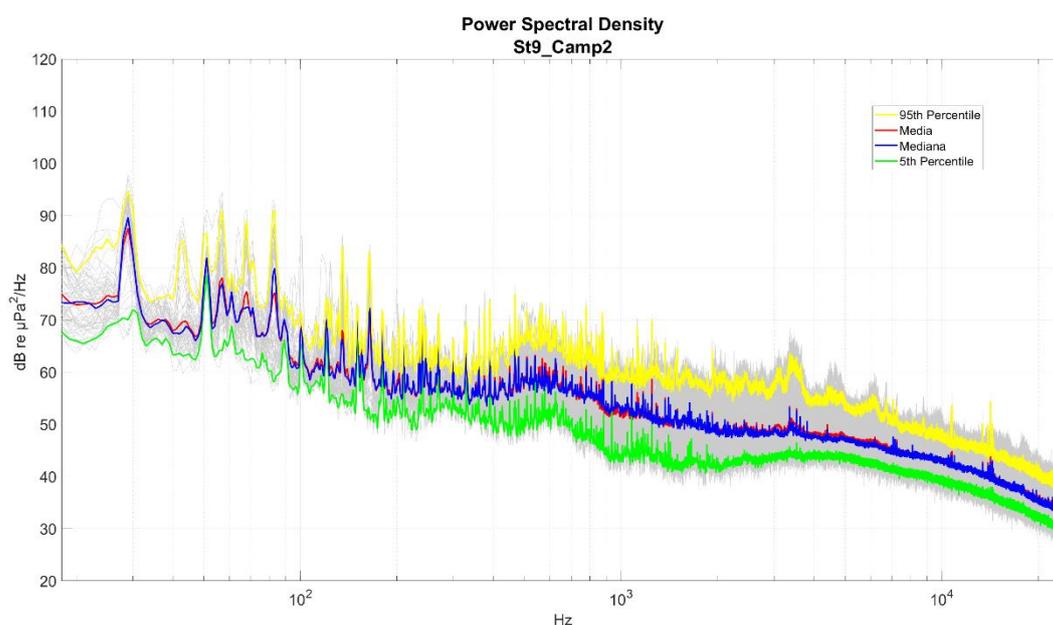
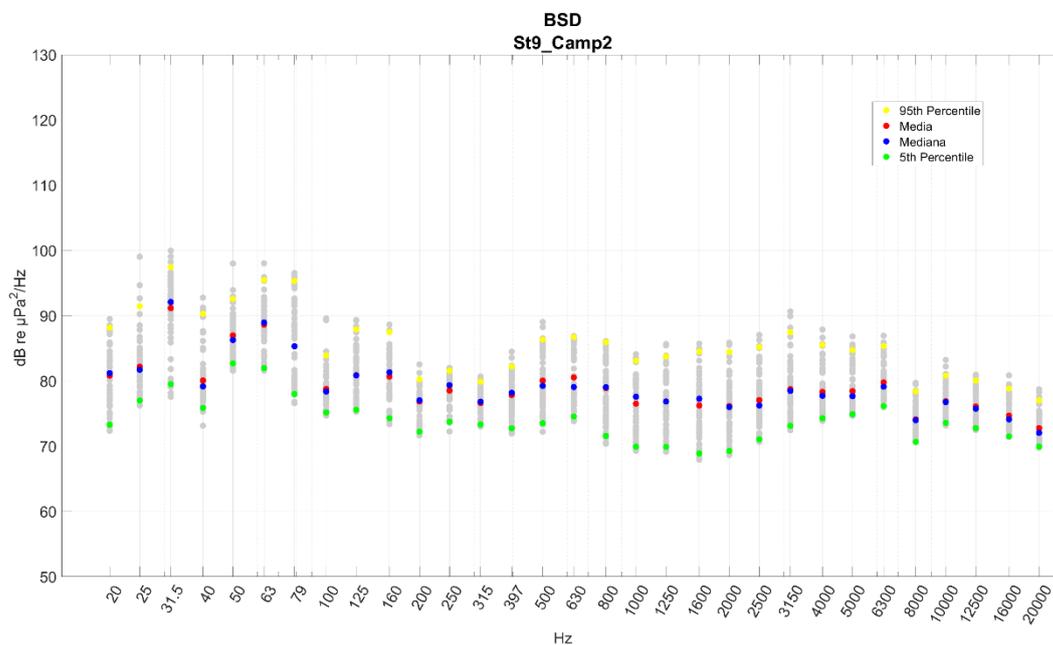


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [ $(L_{p,f})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [ $(L_{p,fc})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

# Sito di Registrazione 9 – St9 Campionamento 3

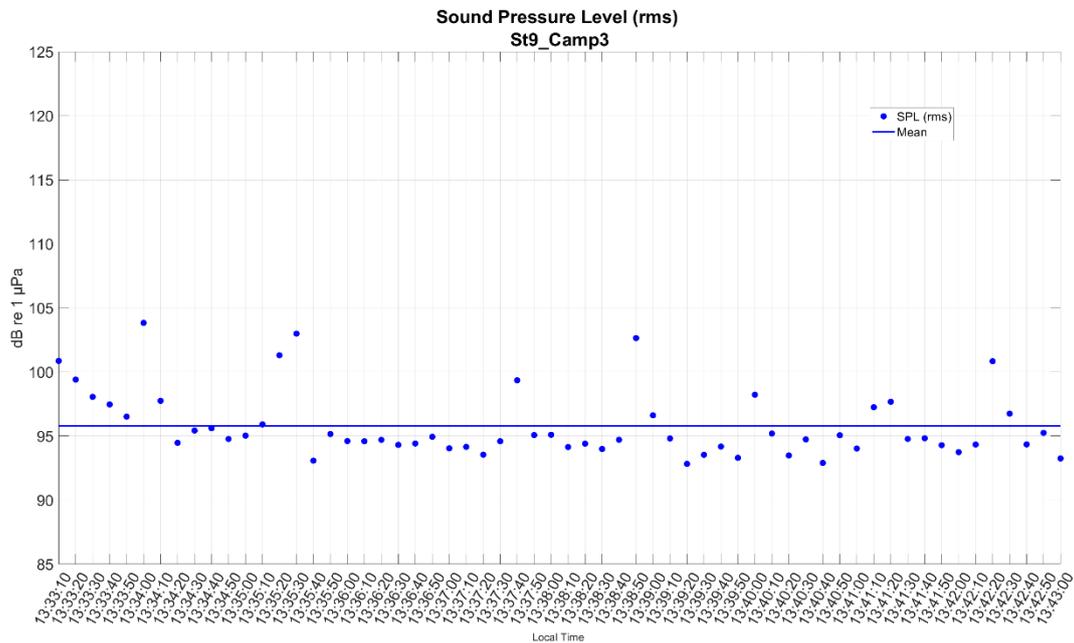


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

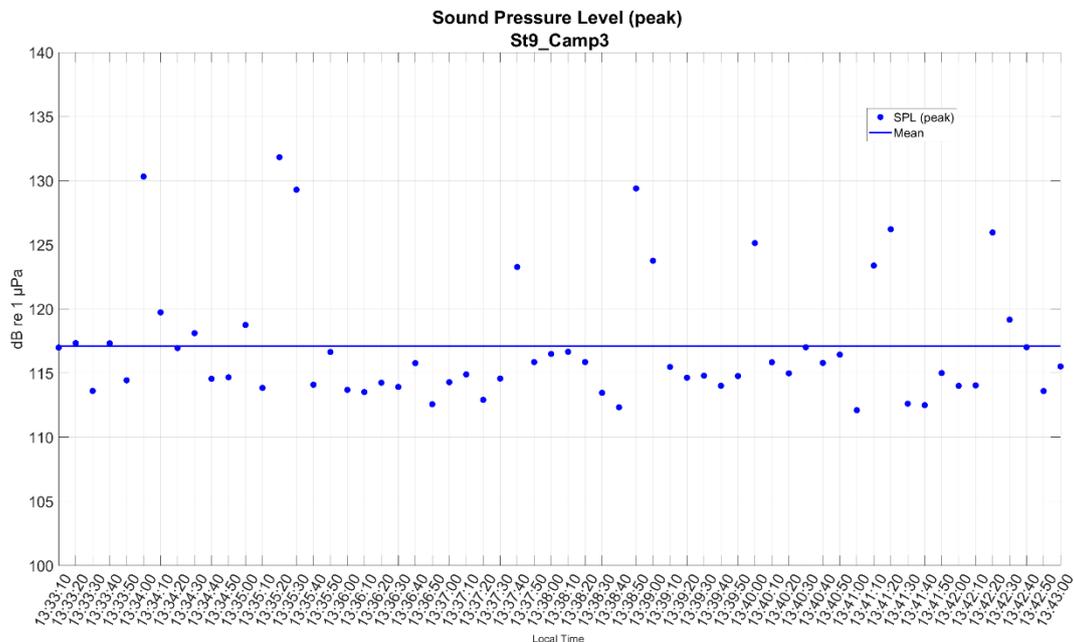
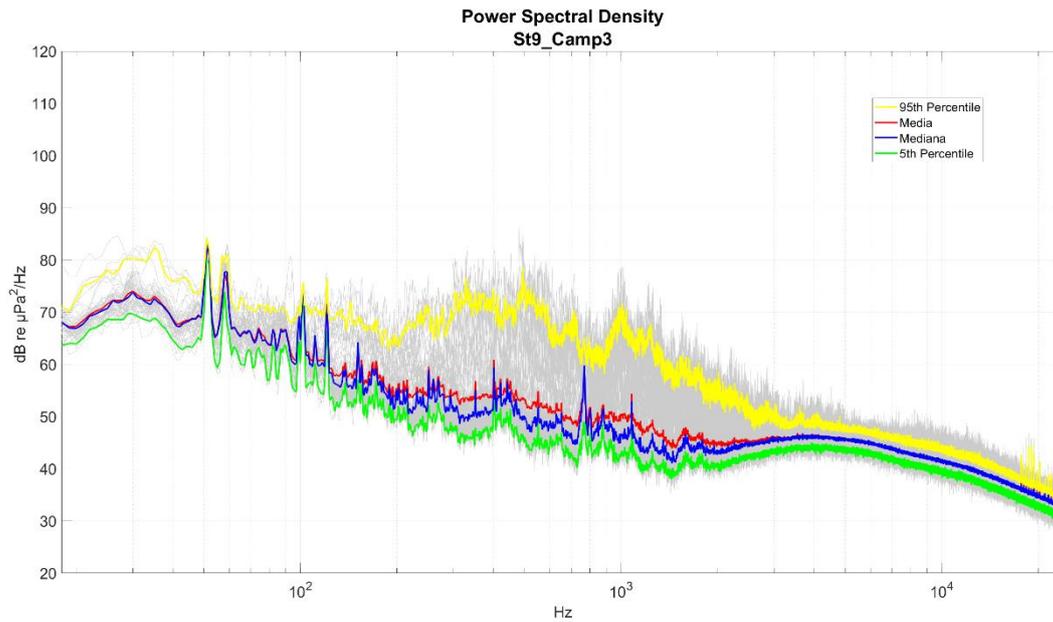
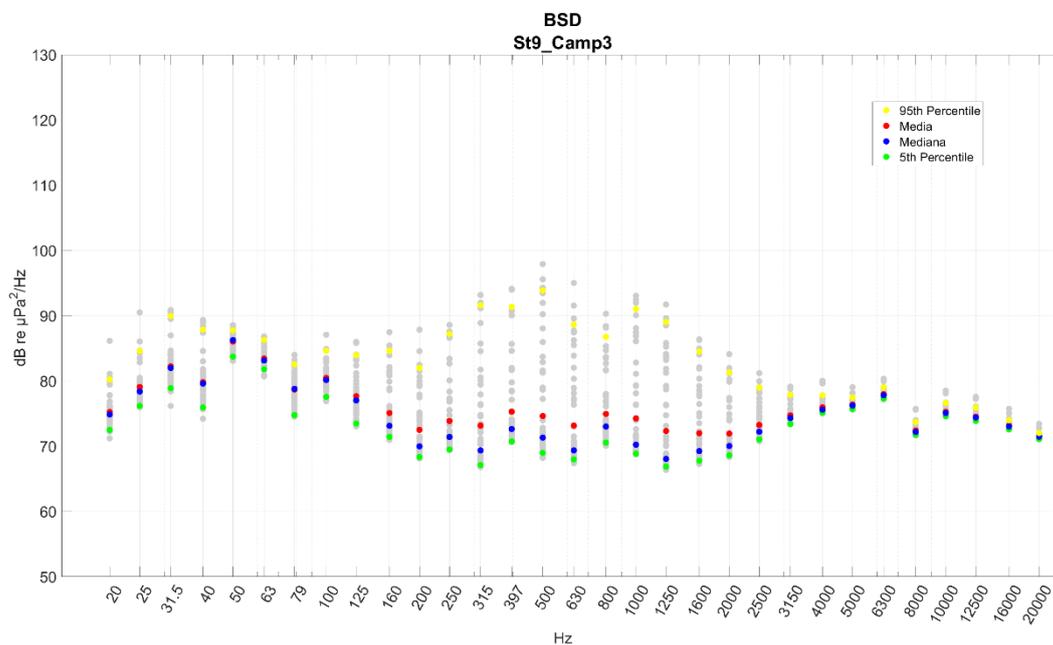


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [ $(L_{p,f})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [ $(L_{p,fc})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

# Sito di Registrazione 10 – St10 Campionamento 1

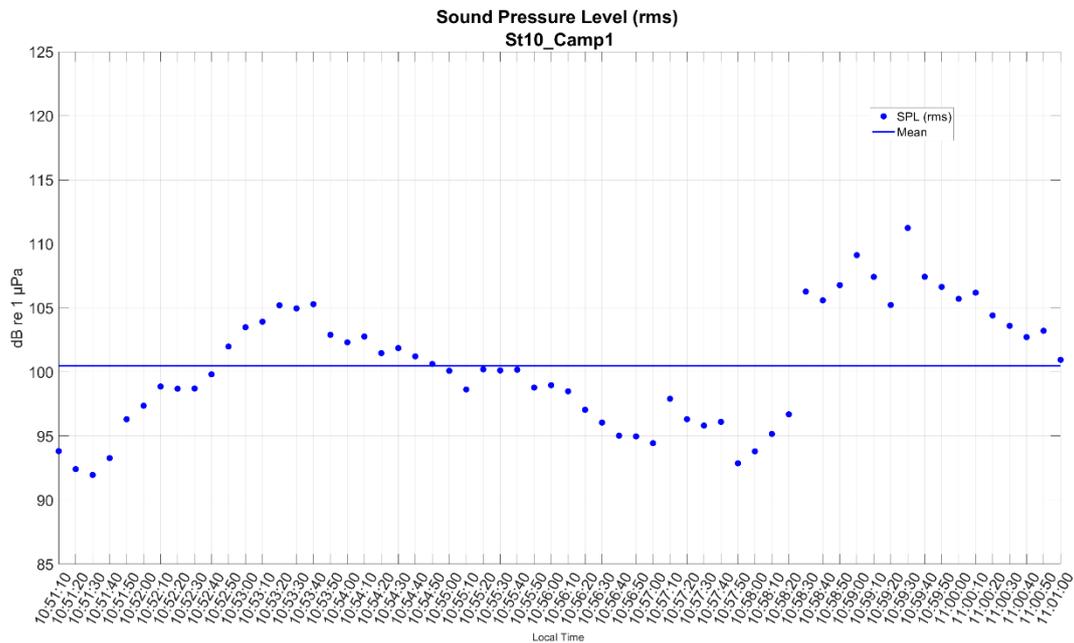


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

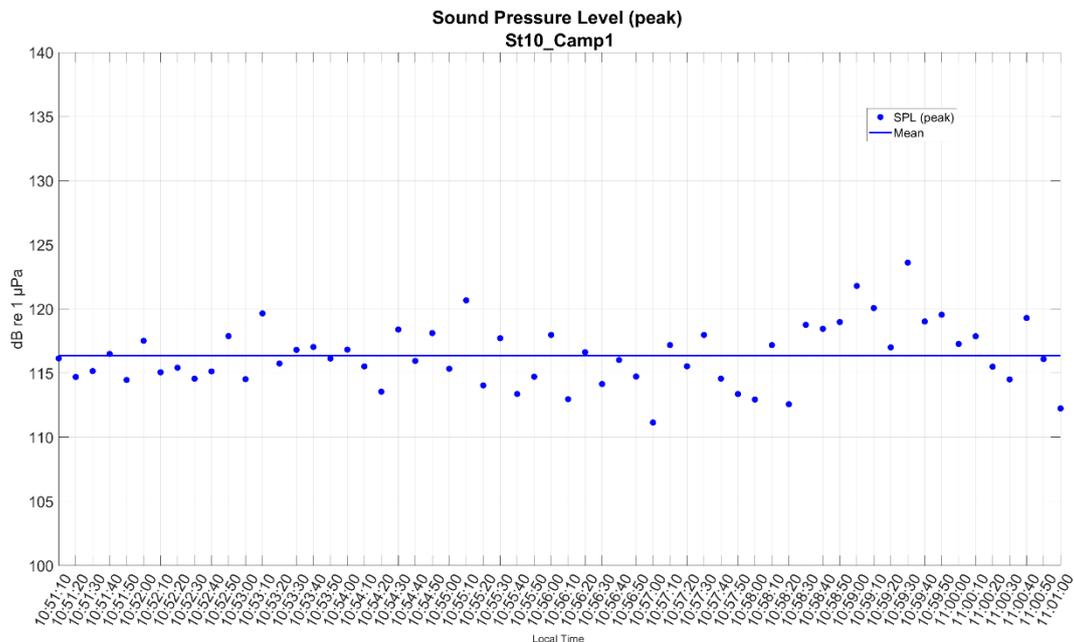
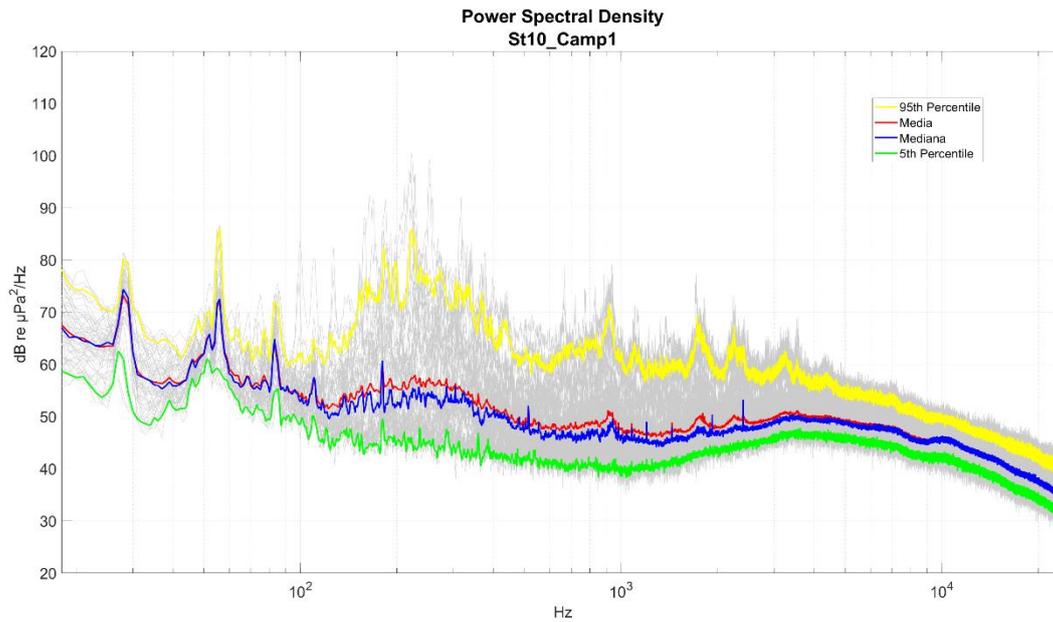
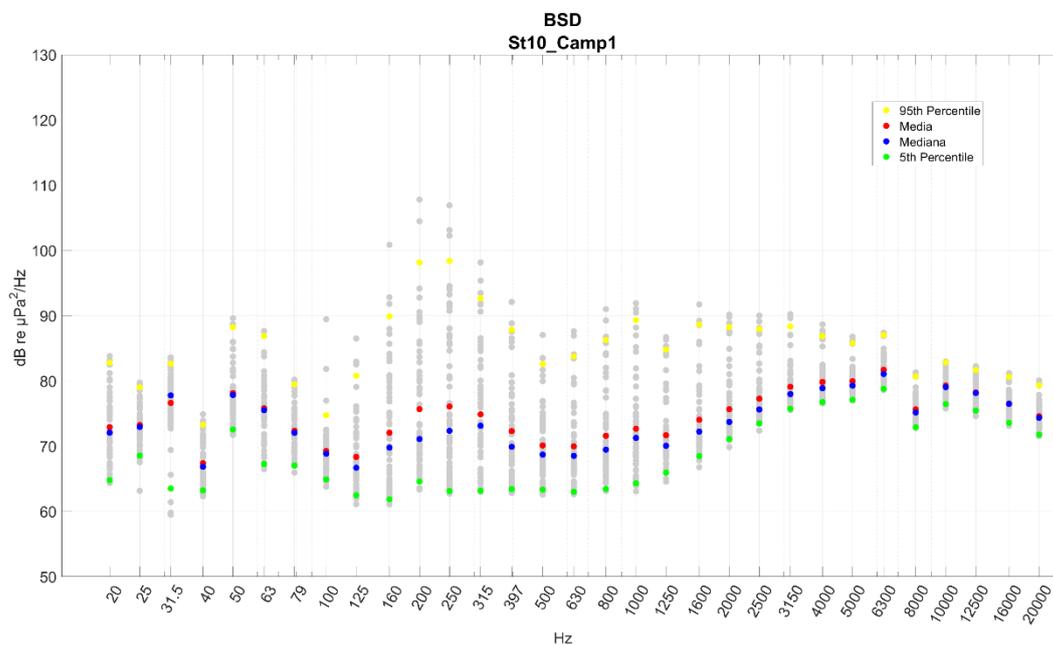


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [ $(L_{p,f})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [ $(L_{p,fc})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

# Sito di Registrazione 10 – St10 Campionamento 2

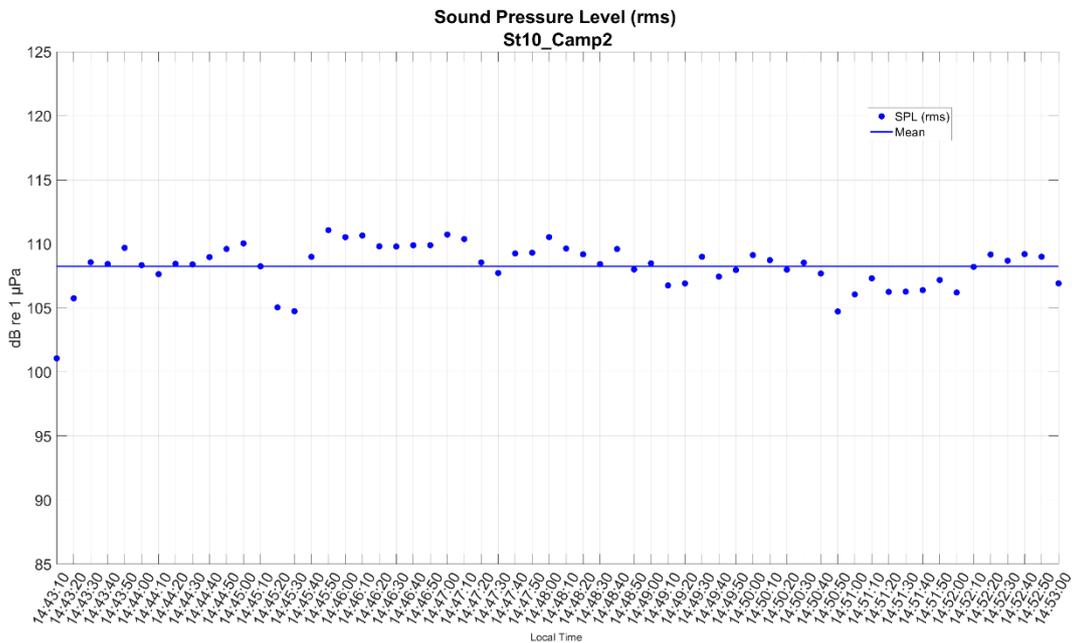


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

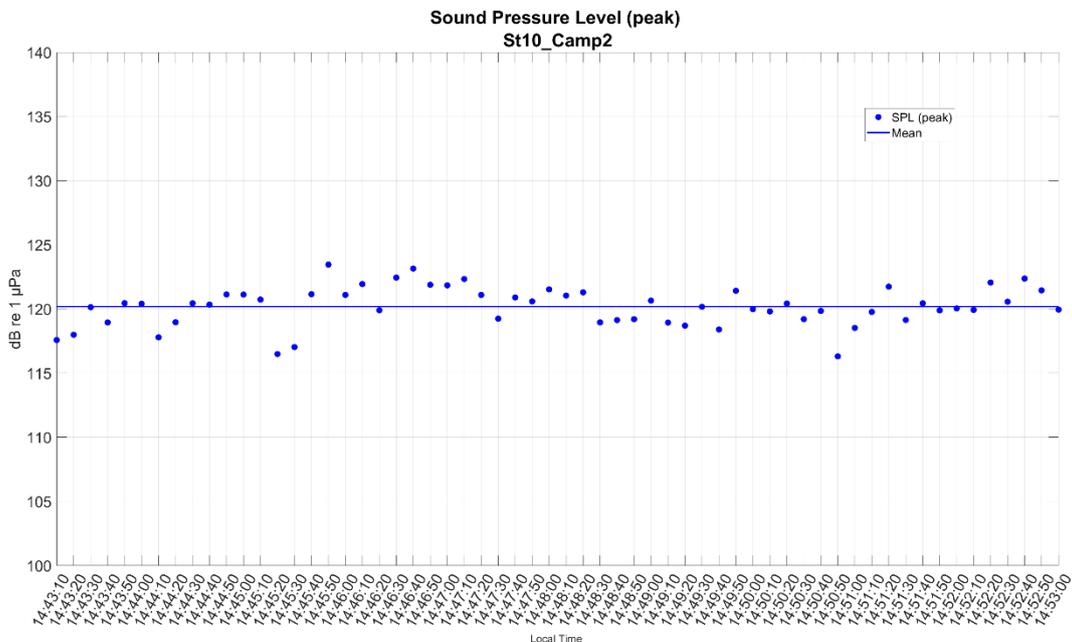
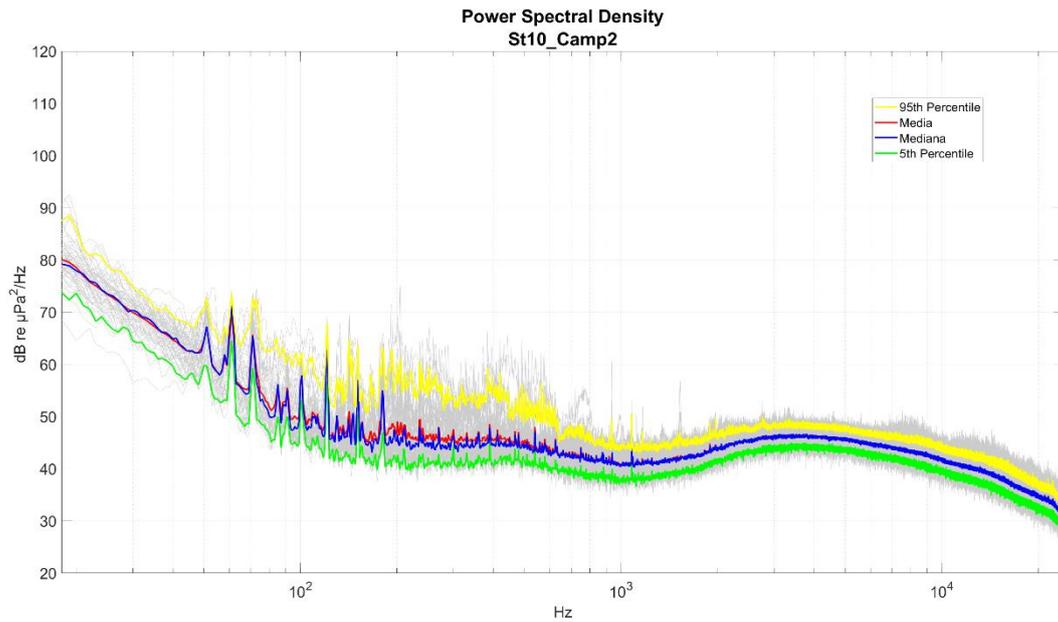
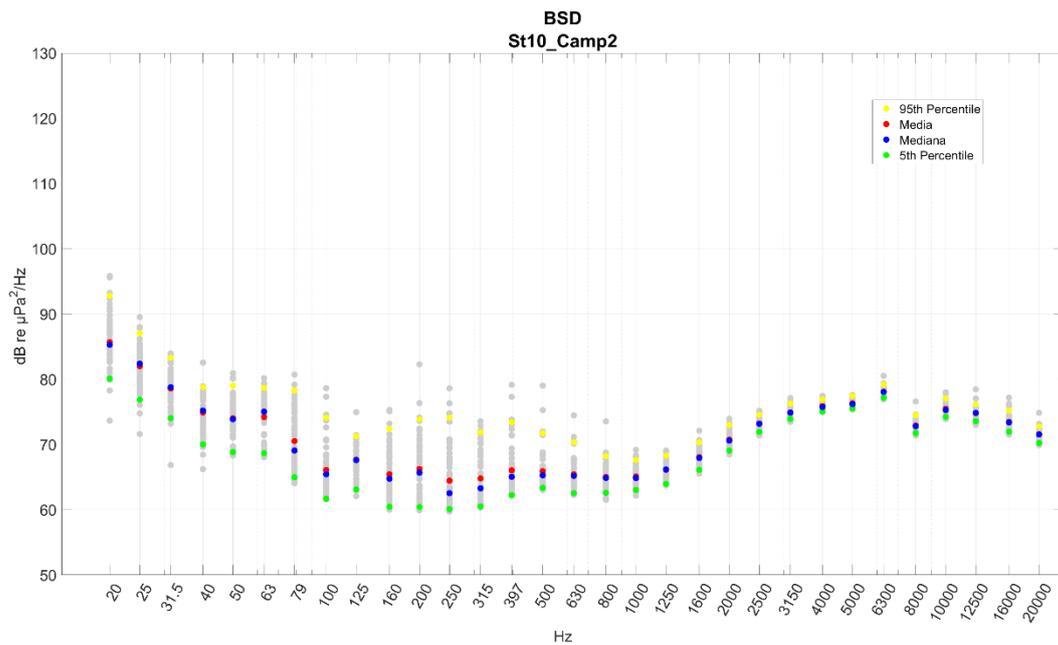


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [ $(L_{p,f})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [ $(L_{p,fc})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

## Sito di Registrazione 10 – St10 Campionamento 3

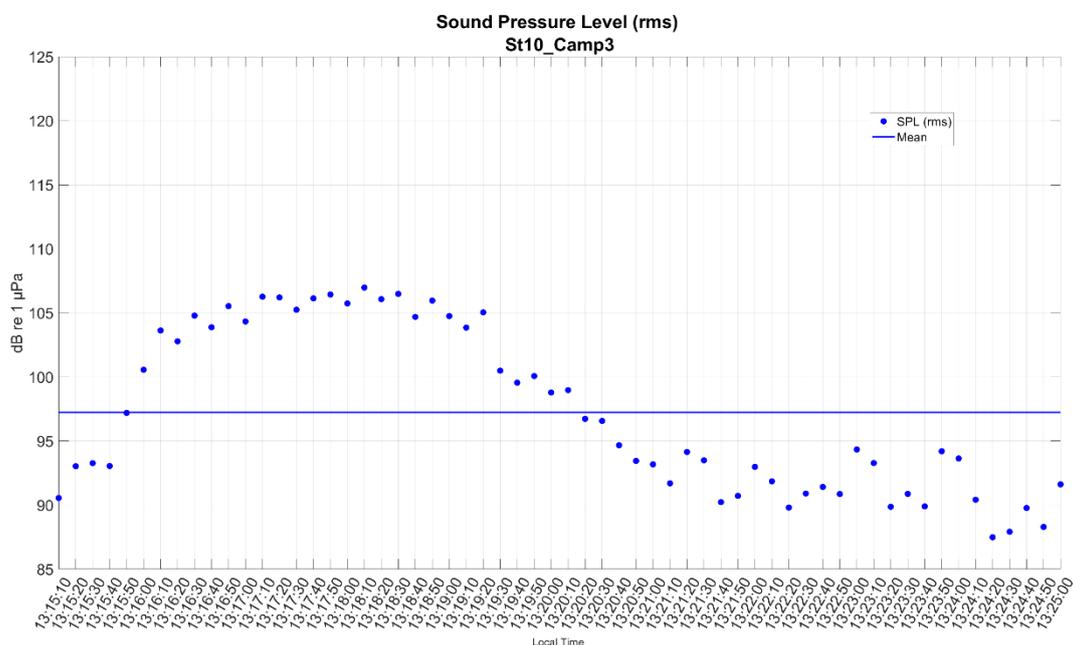


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

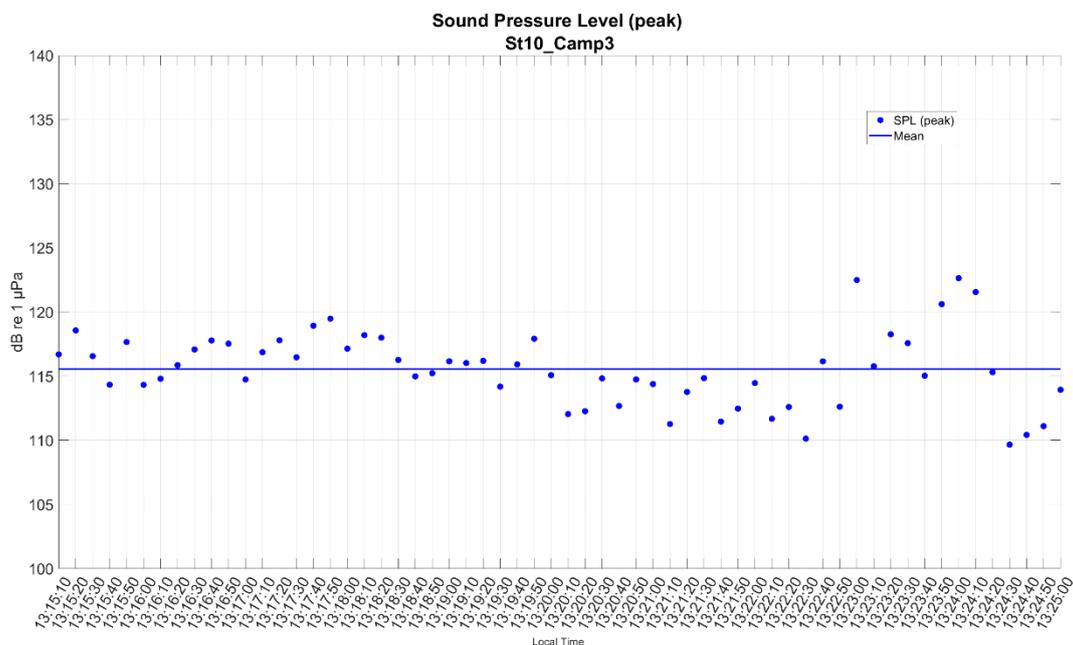
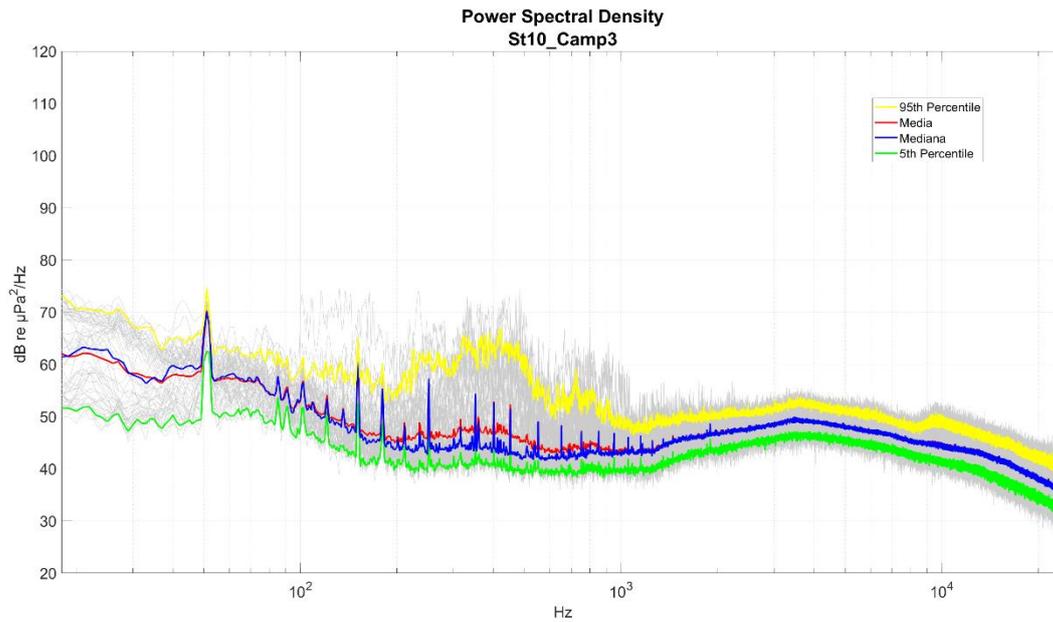
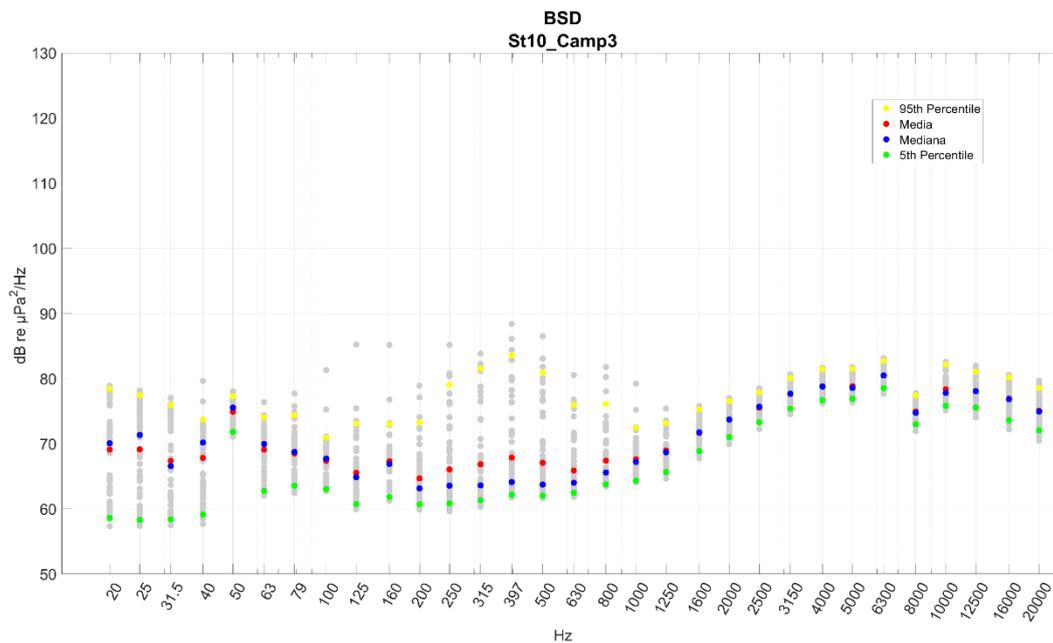


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [( $L_{p,f}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [( $L_{p,fc}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

# Sito di Registrazione 11 – St11 Campionamento 1

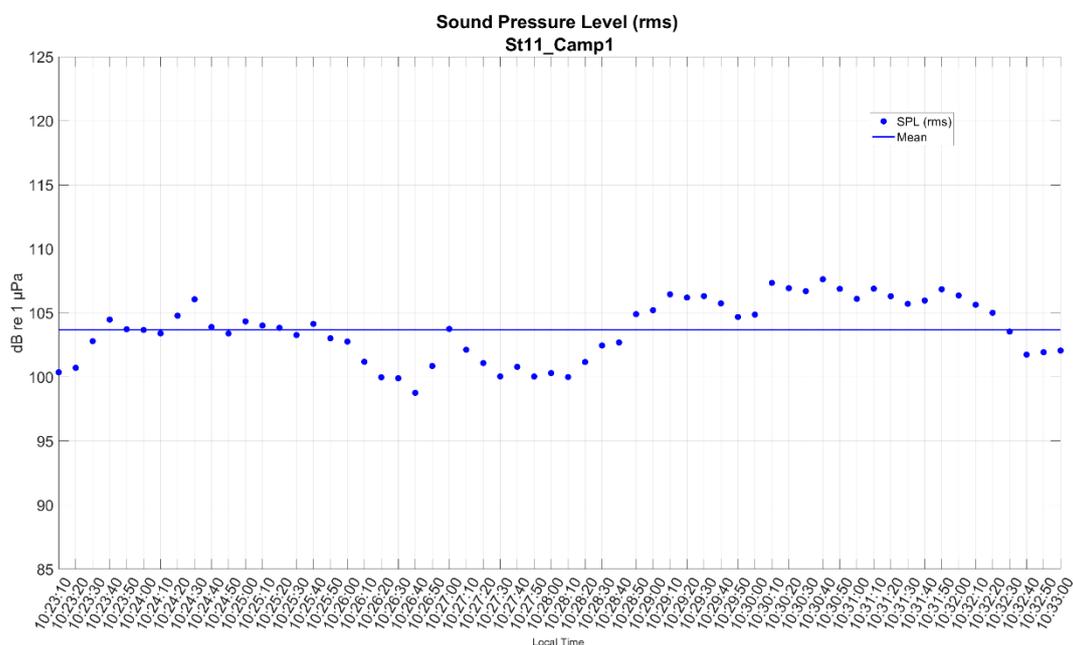


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del **Sound Pressure Level (root mean square)** [ $L_{p,rms}$  (dB re 1 $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

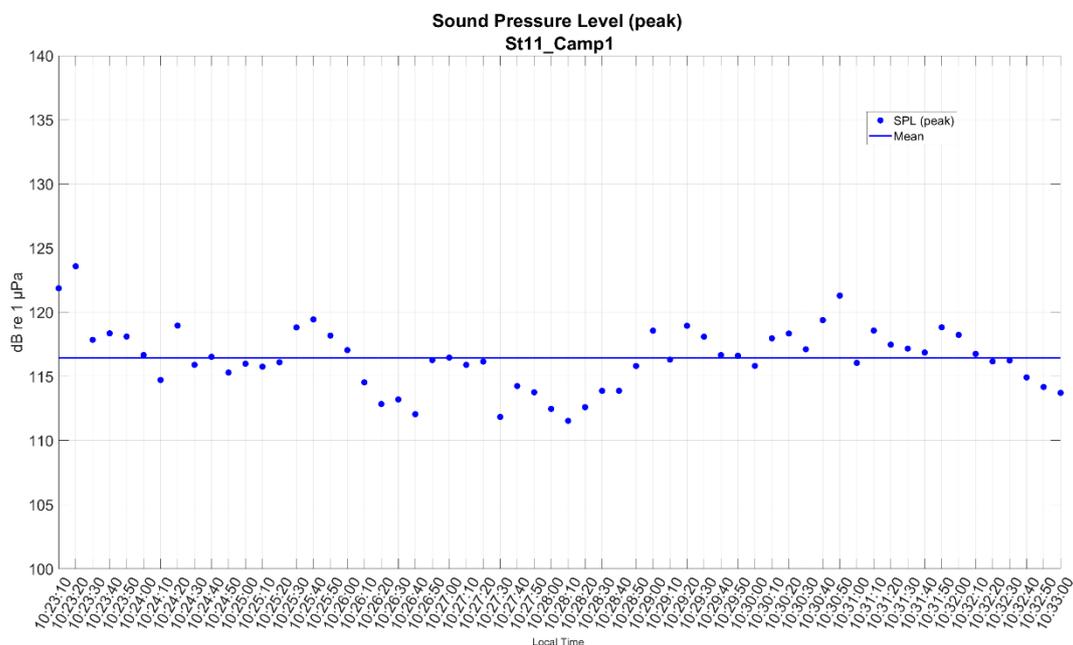
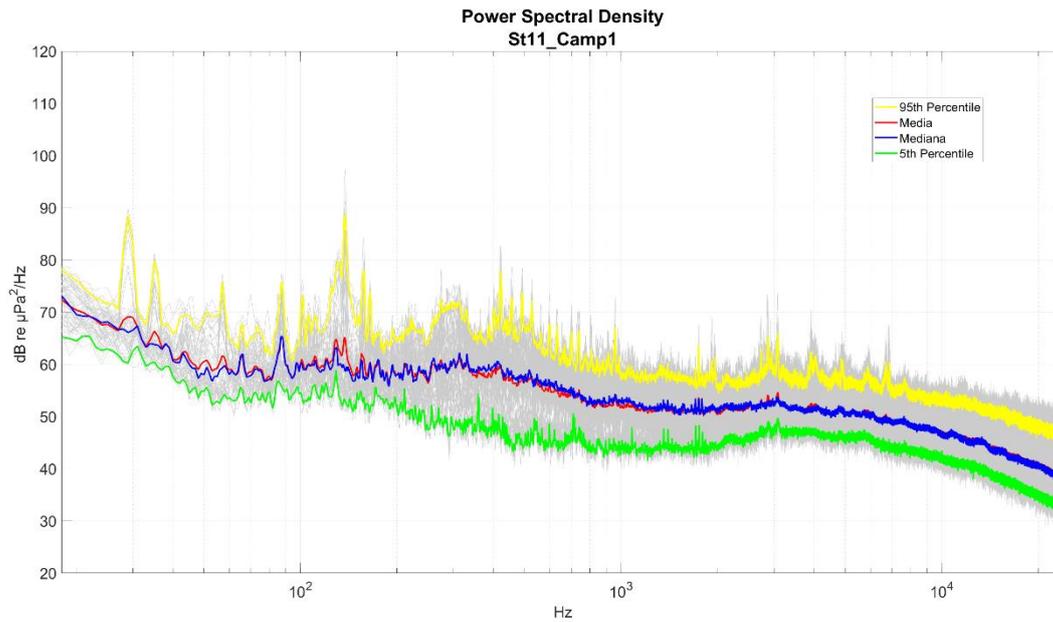
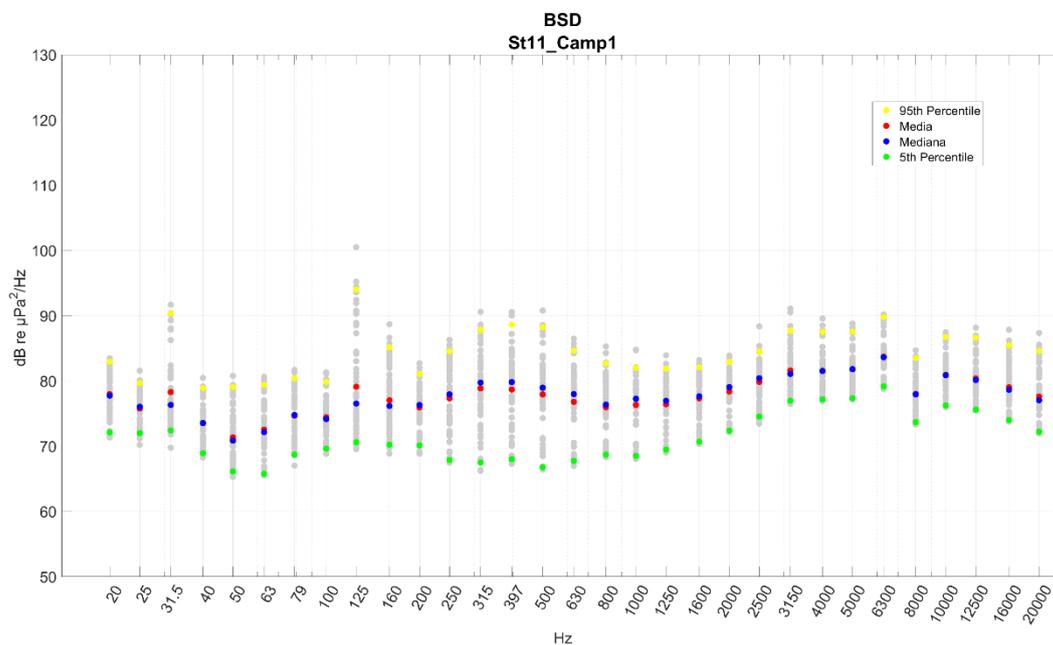


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del **Sound Pressure Level (peak)** [ $L_{p,pk}$  (dB re 1 $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [ $(L_{p,f})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [ $(L_{p,fc})$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

# Sito di Registrazione 11 – St11 Campionamento 2

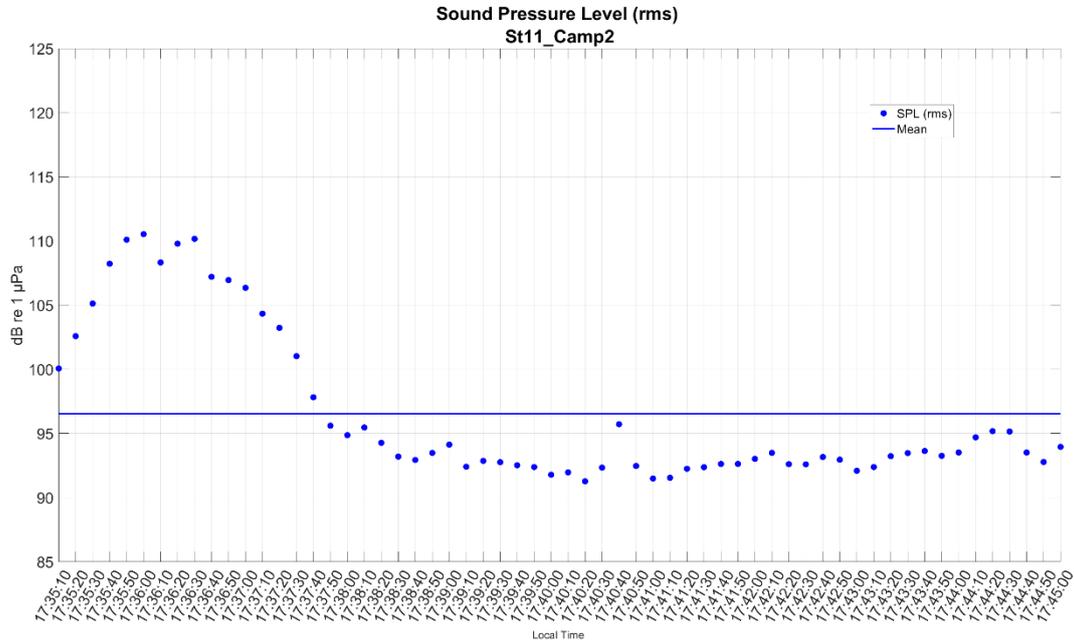


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

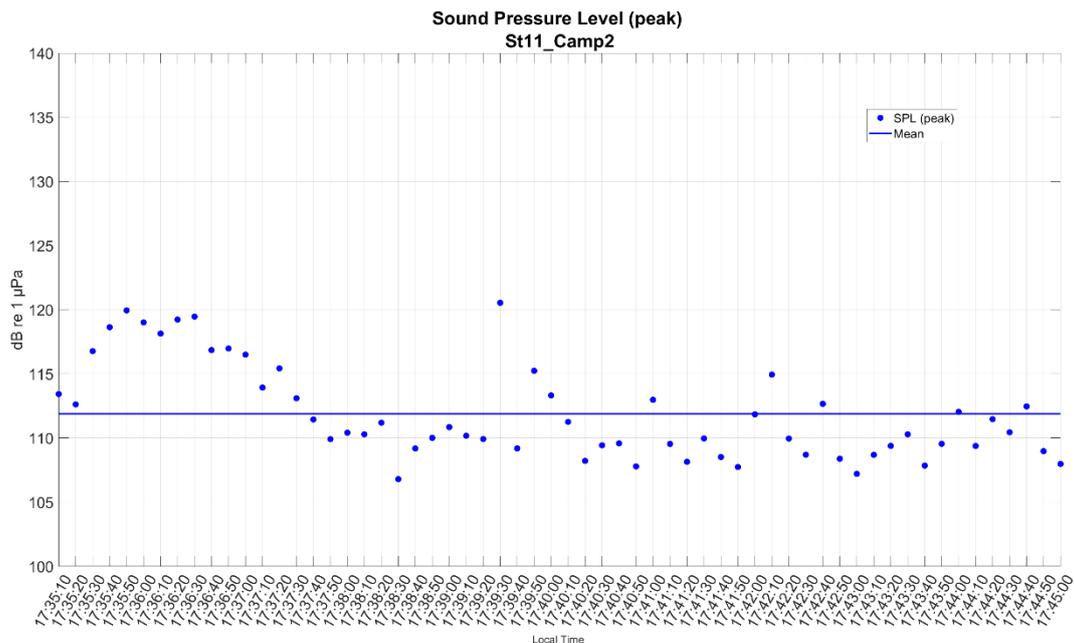
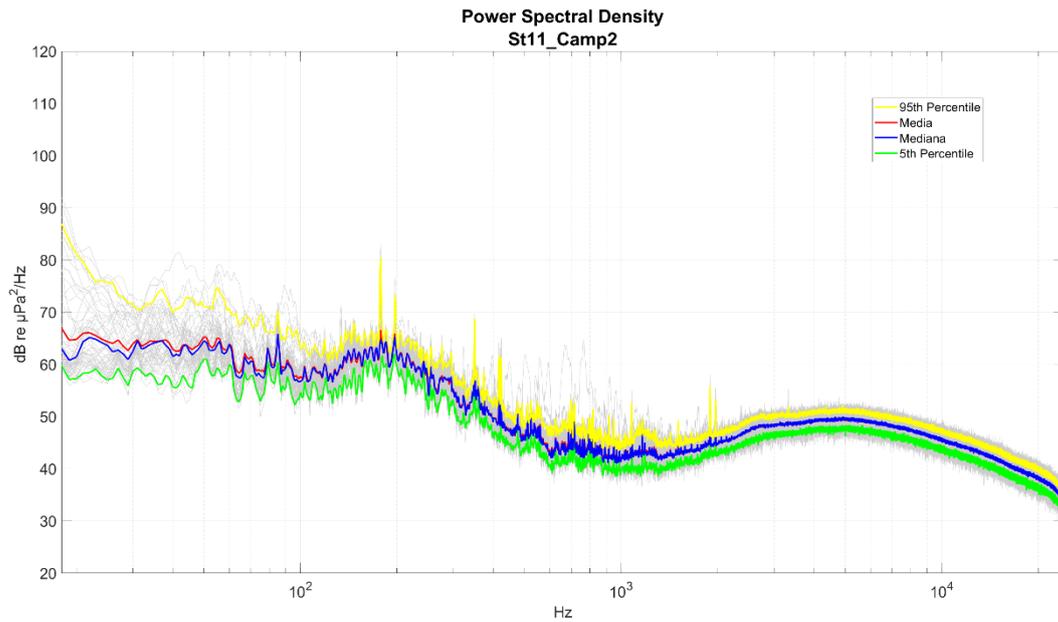
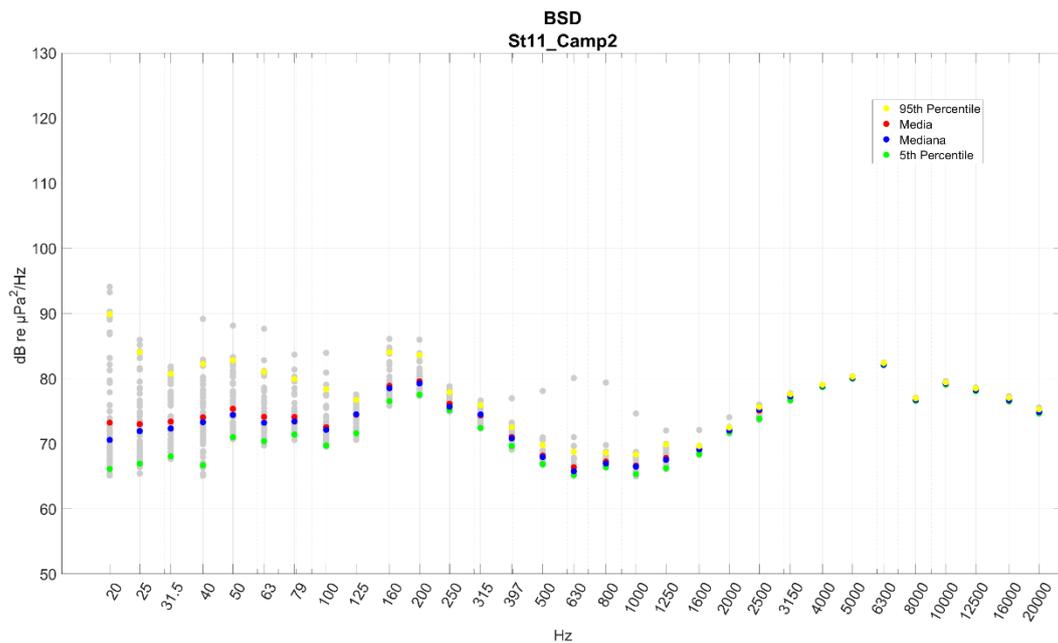


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [( $L_{p,f}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [( $L_{p,fc}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

# Sito di Registrazione 11 – St11 Campionamento 3

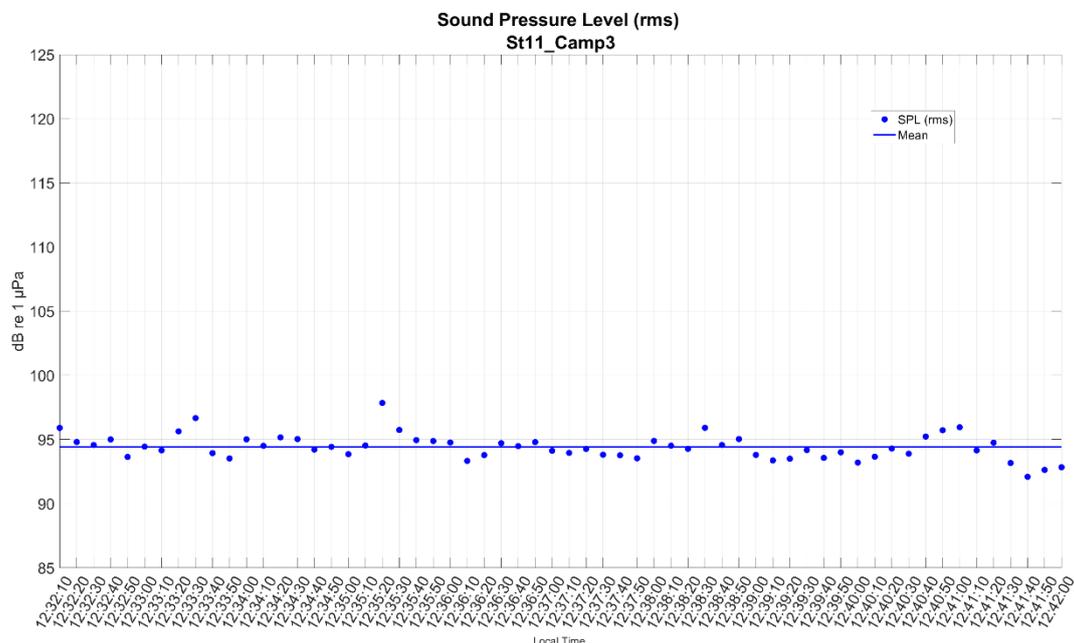


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

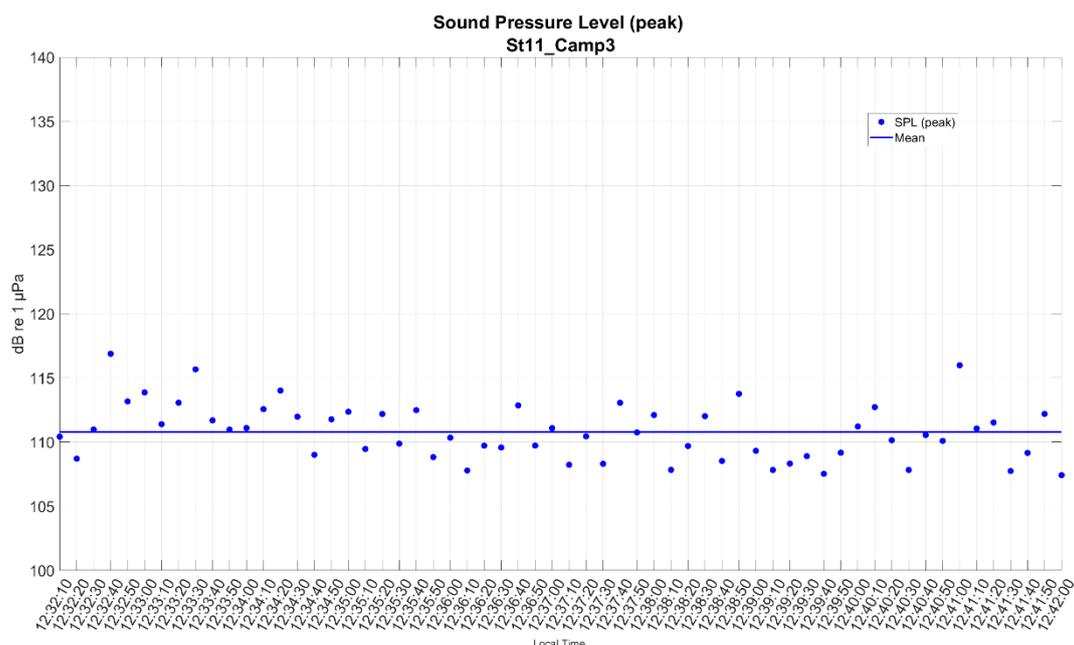
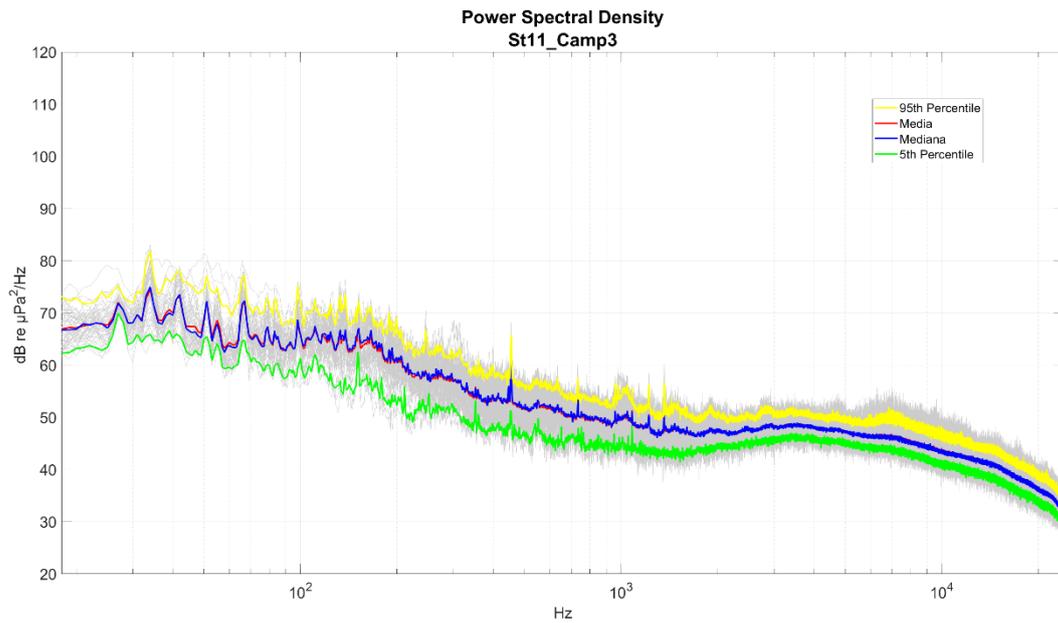
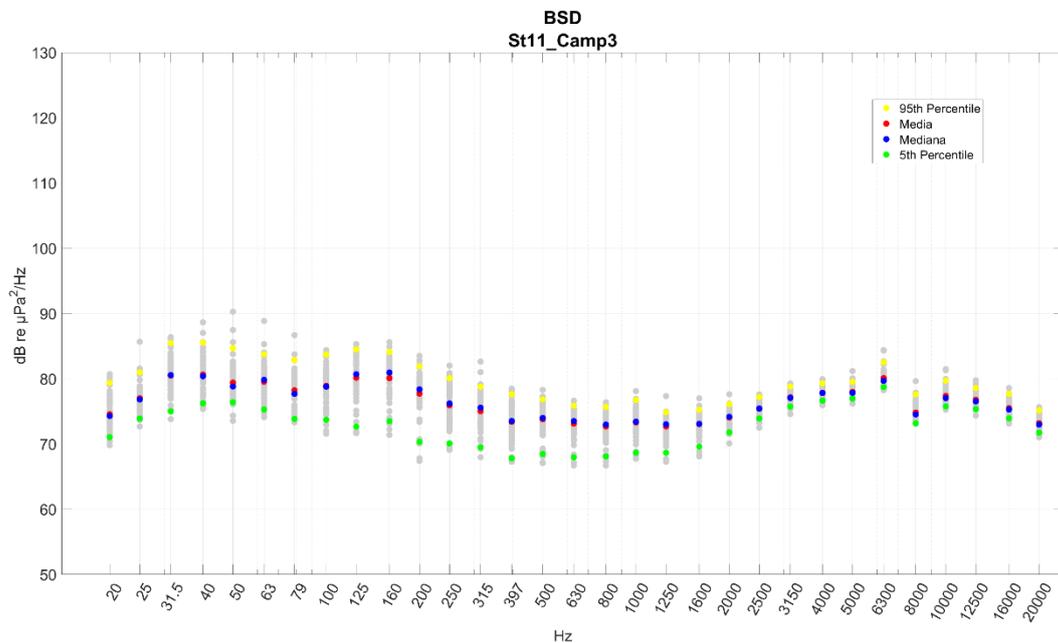


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [( $L_{p,f}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [( $L_{p,fc}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

# Sito di Registrazione 12 – St12 Campionamento 1

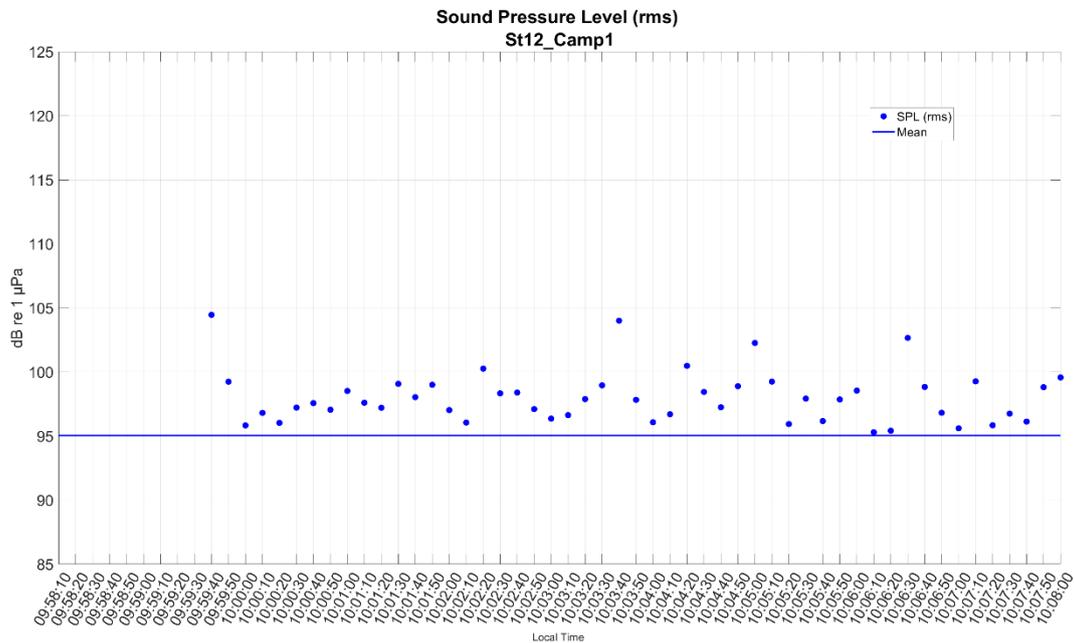


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del **Sound Pressure Level (root mean square)** [ $L_{p,rms}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

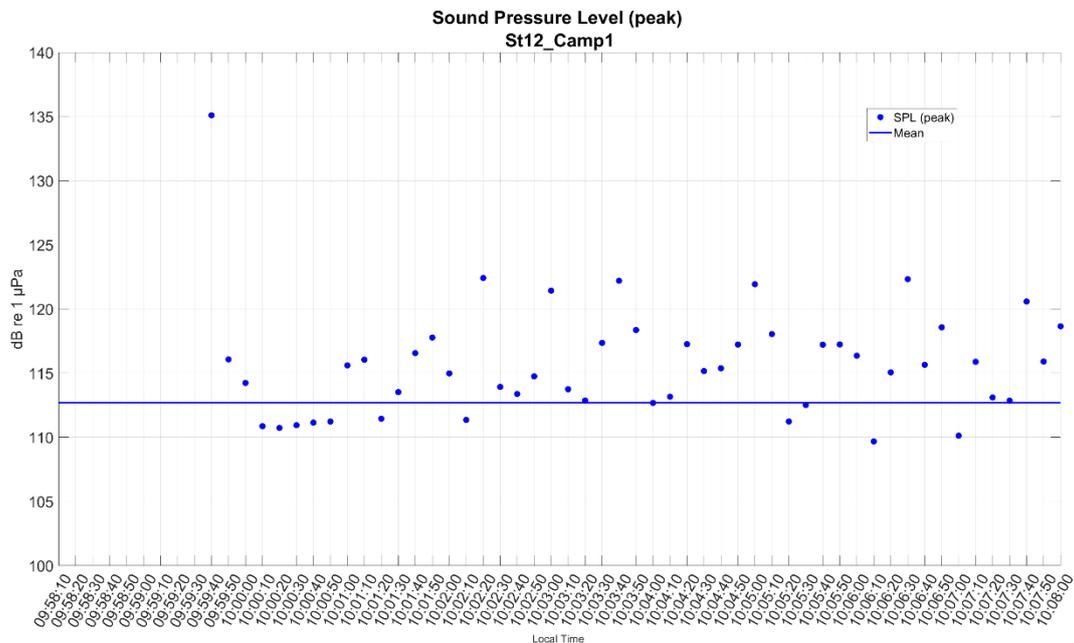
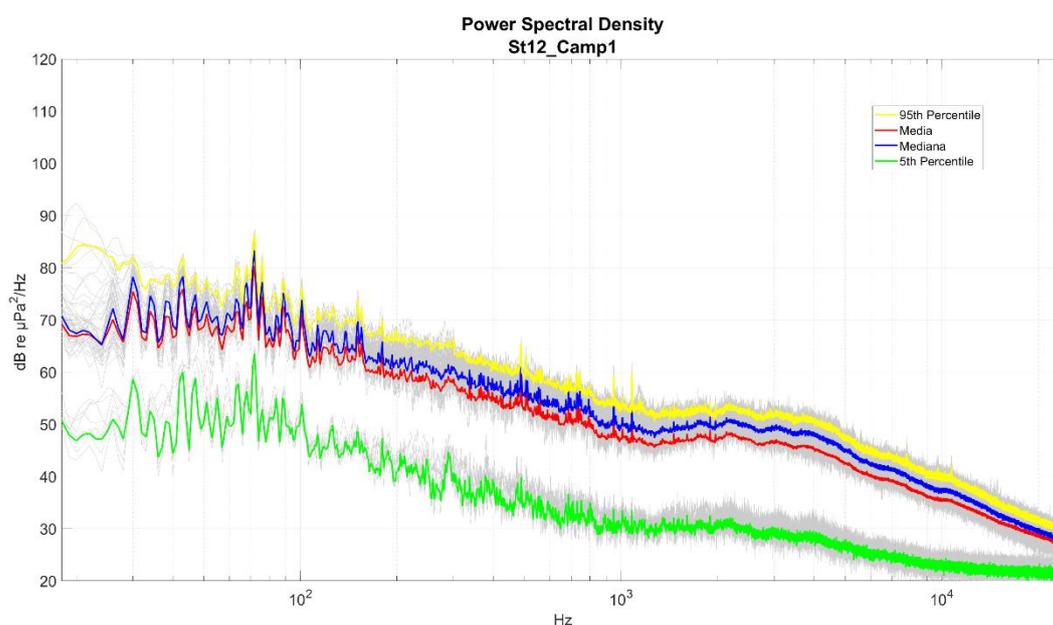
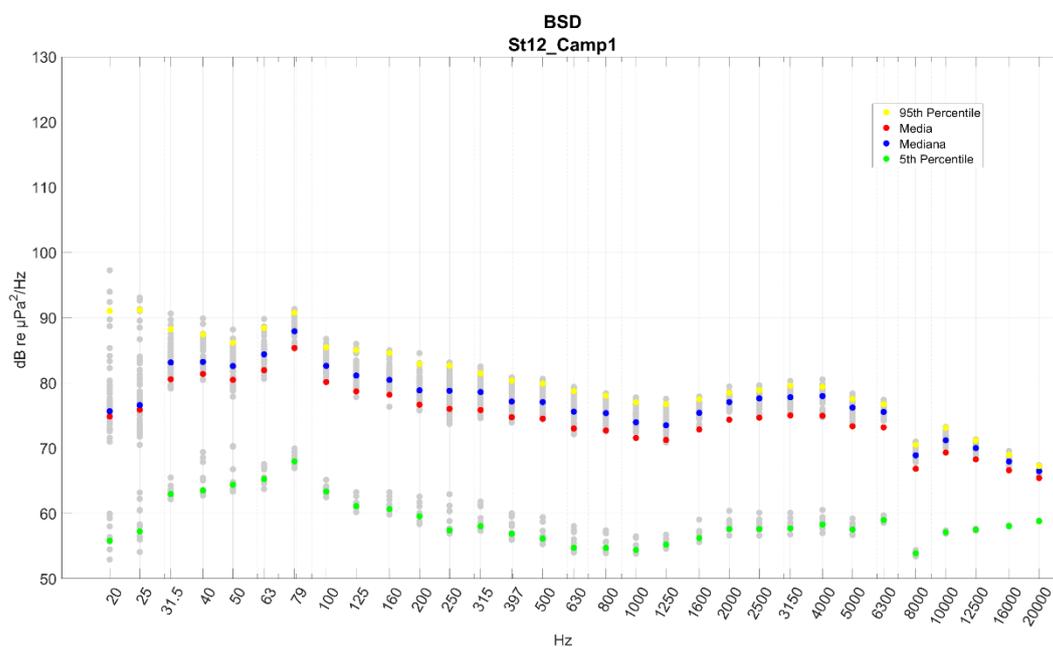


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del **Sound Pressure Level (peak)** [ $L_{p,pk}$  (dB re 1  $\mu$ Pa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [( $L_{p,f}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [( $L_{p,fc}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

# Sito di Registrazione 12 – St12 Campionamento 2

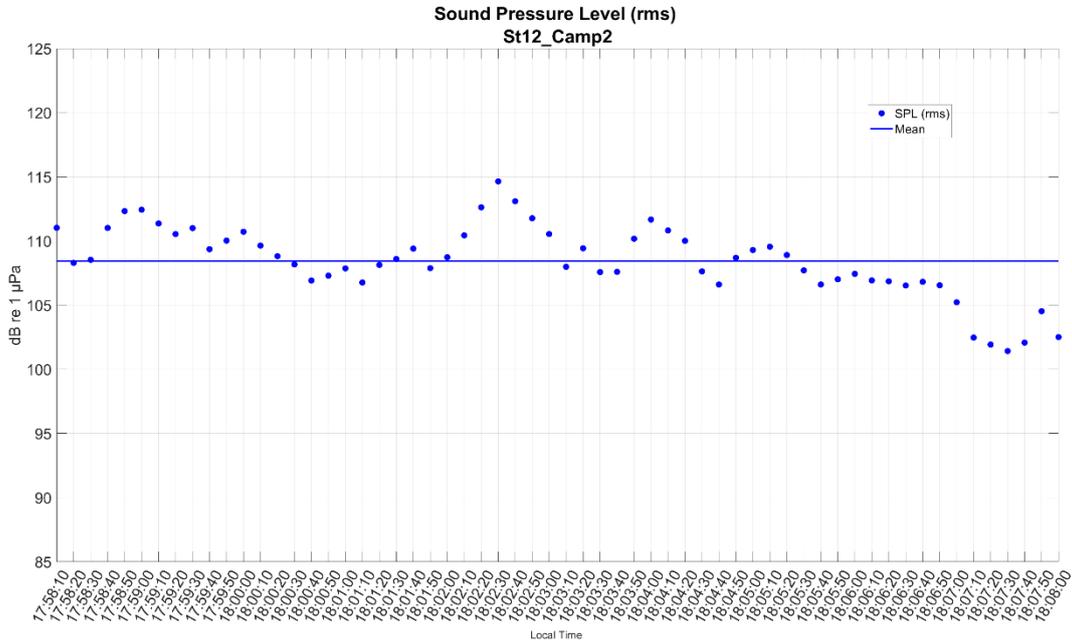


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (root mean square)* [ $L_{p,rms}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)

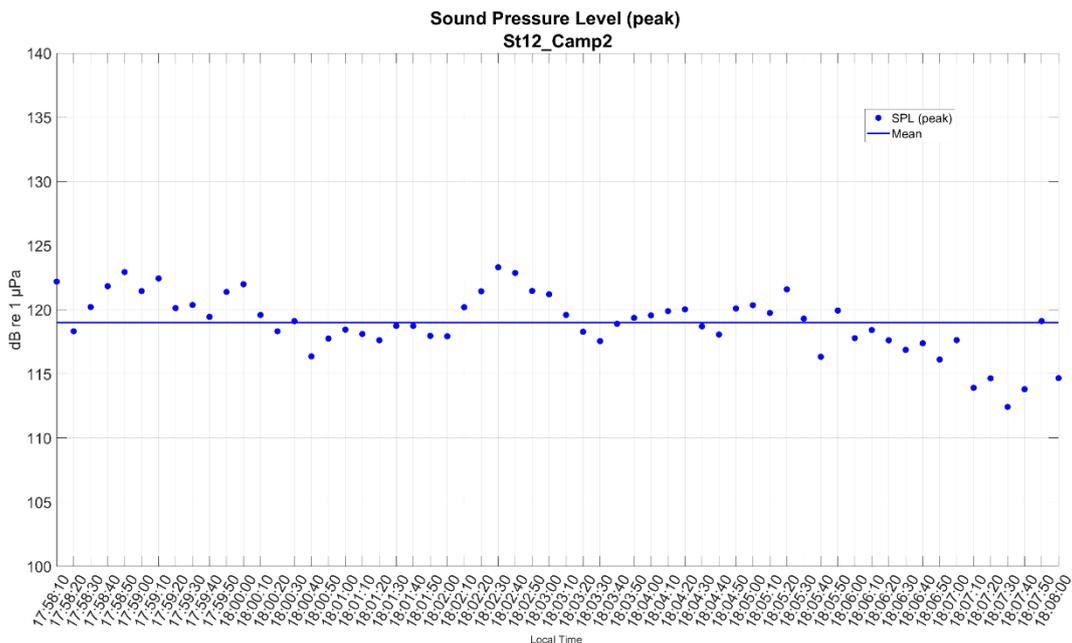
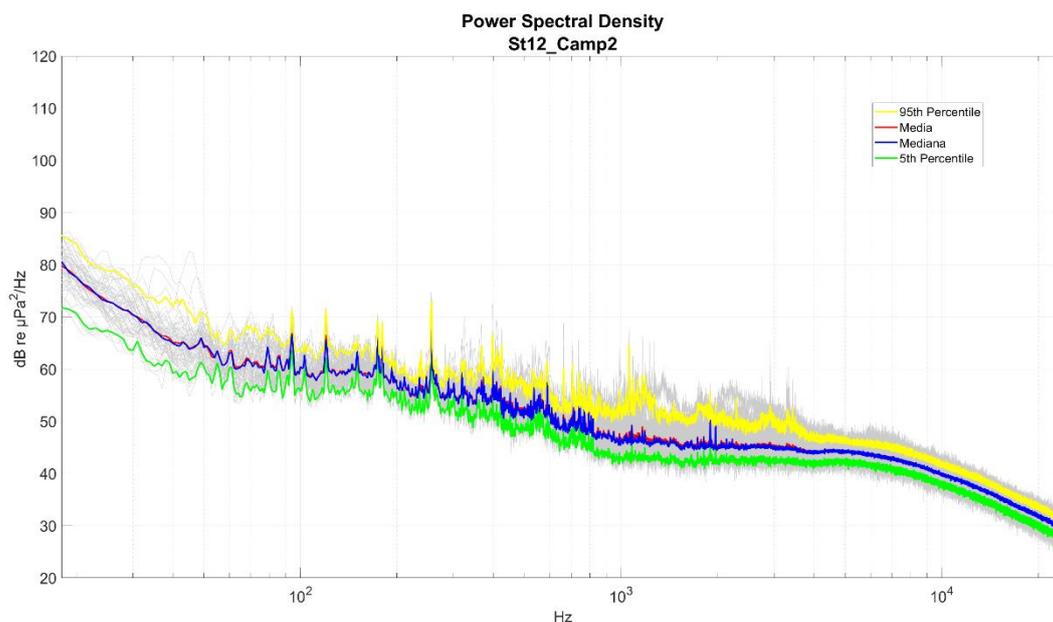
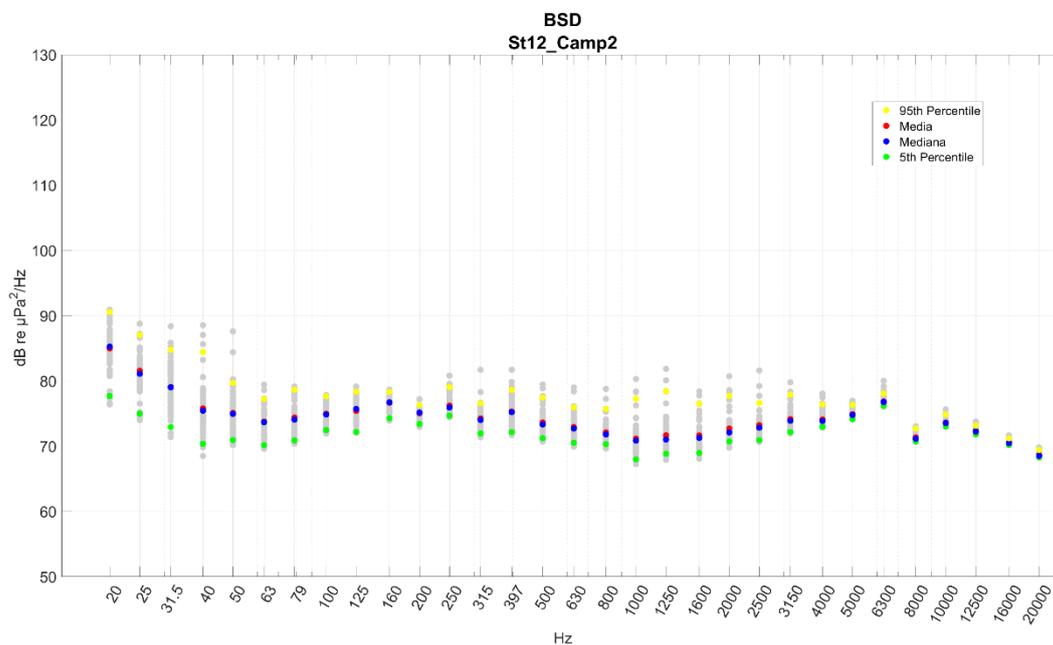


Figura: Valori stimati ogni 10 secondi e valore medio del *Sound Pressure Level (peak)* [ $L_{p,pk}$  (dB re 1µPa)] dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)



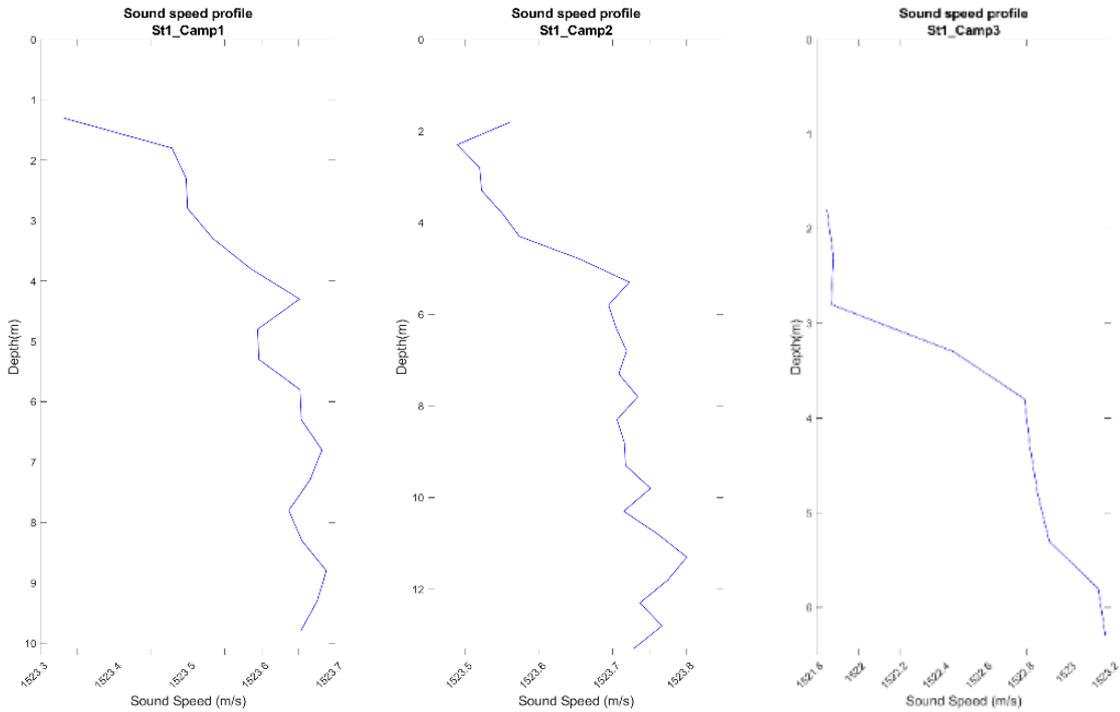
**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori del *Power spectral density* [( $L_{p,f}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**



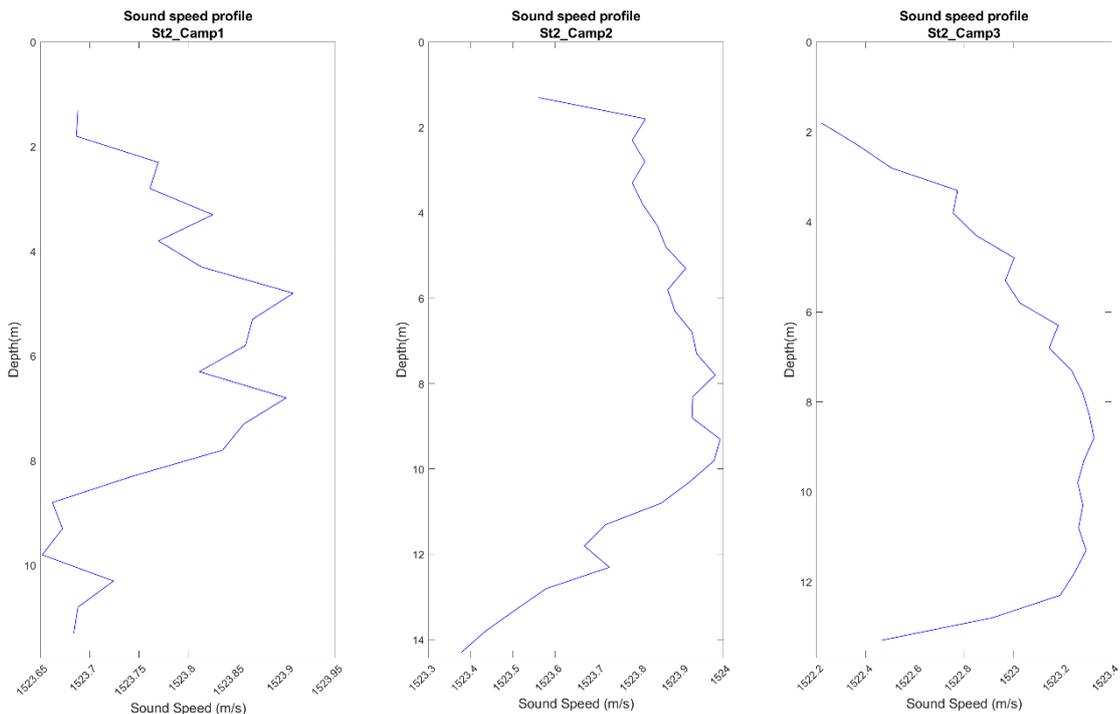
**Figura: 95<sup>th</sup> percentile, media aritmetica, media geometrica, mediana e 5<sup>th</sup> percentile dei valori di *Power spectral density* [( $L_{p,fc}$ ) dB re 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ] nelle bande di un terzo di ottava, stimato ogni 10 secondi dei dati acustici registrati nel punto di campionamento (10 minuti)**

# ALLEGATO 4 – Profili della velocità di suono nei siti di registrazione per ciascun campionamento stimati dai dati CTD attraverso la formula empirica di Mackenzie (1981).

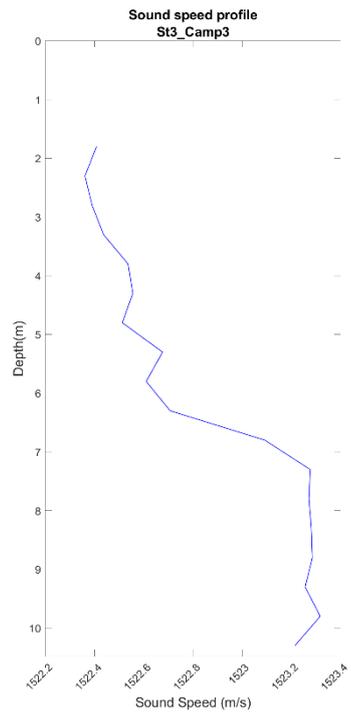
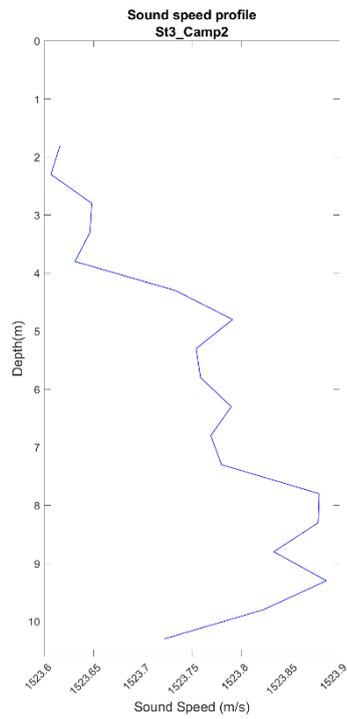
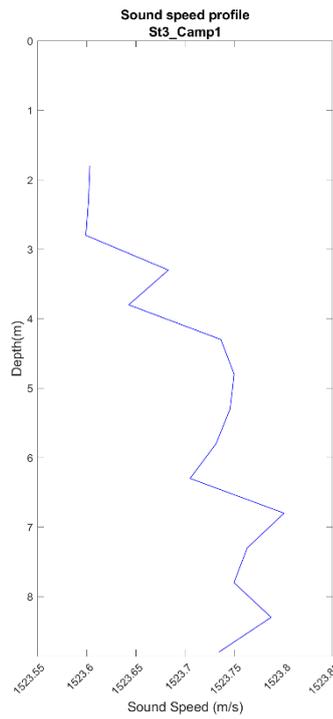
## Sito di Registrazione 1



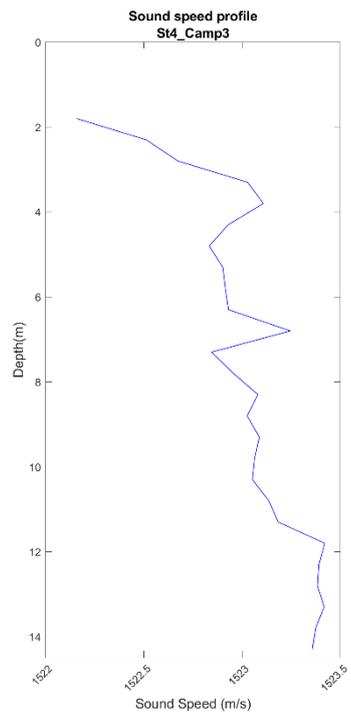
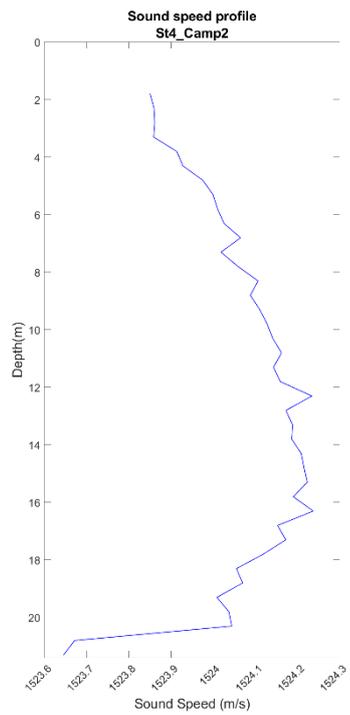
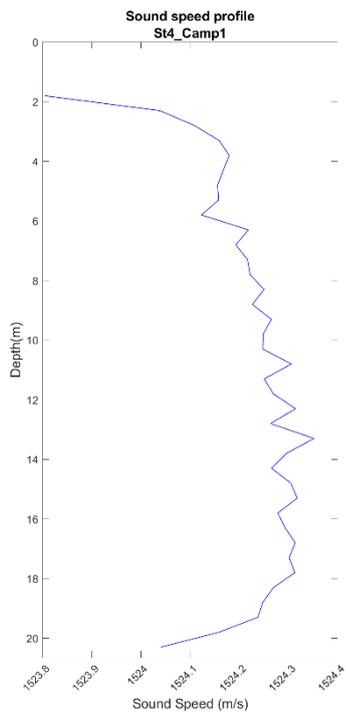
## Sito di Registrazione 2



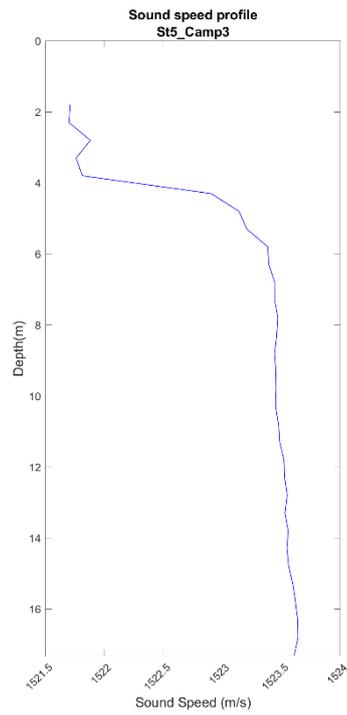
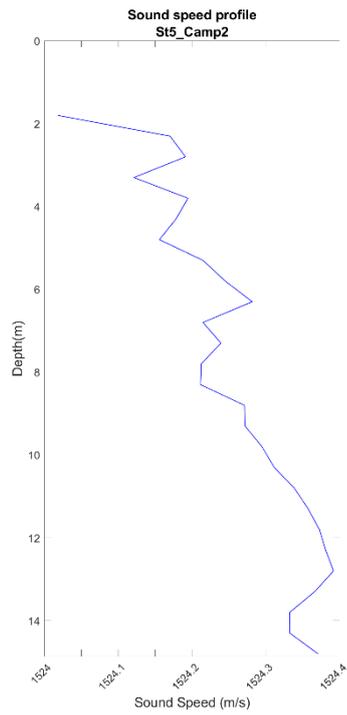
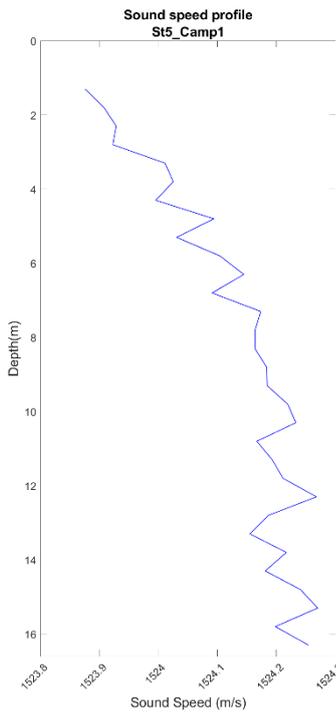
# Sito di Registrazione 3



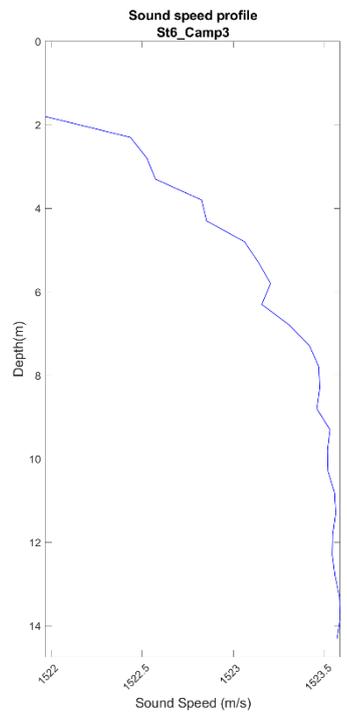
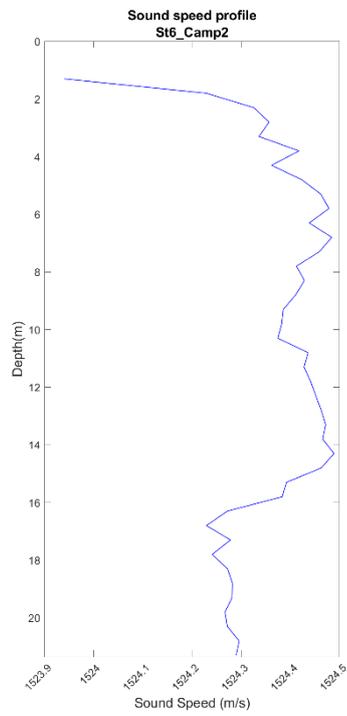
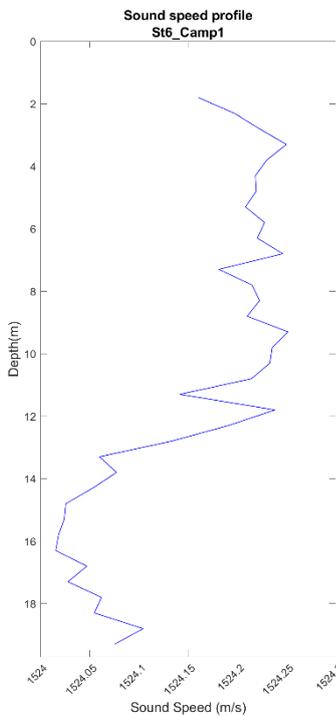
# Sito di Registrazione 4



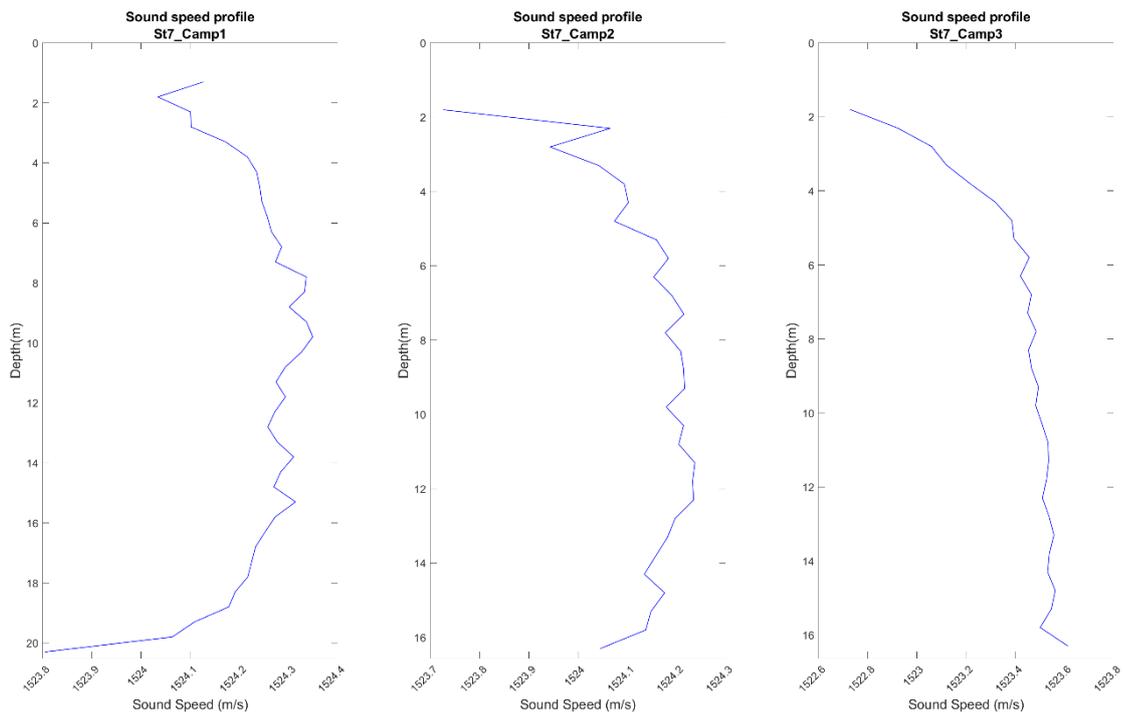
# Sito di Registrazione 5



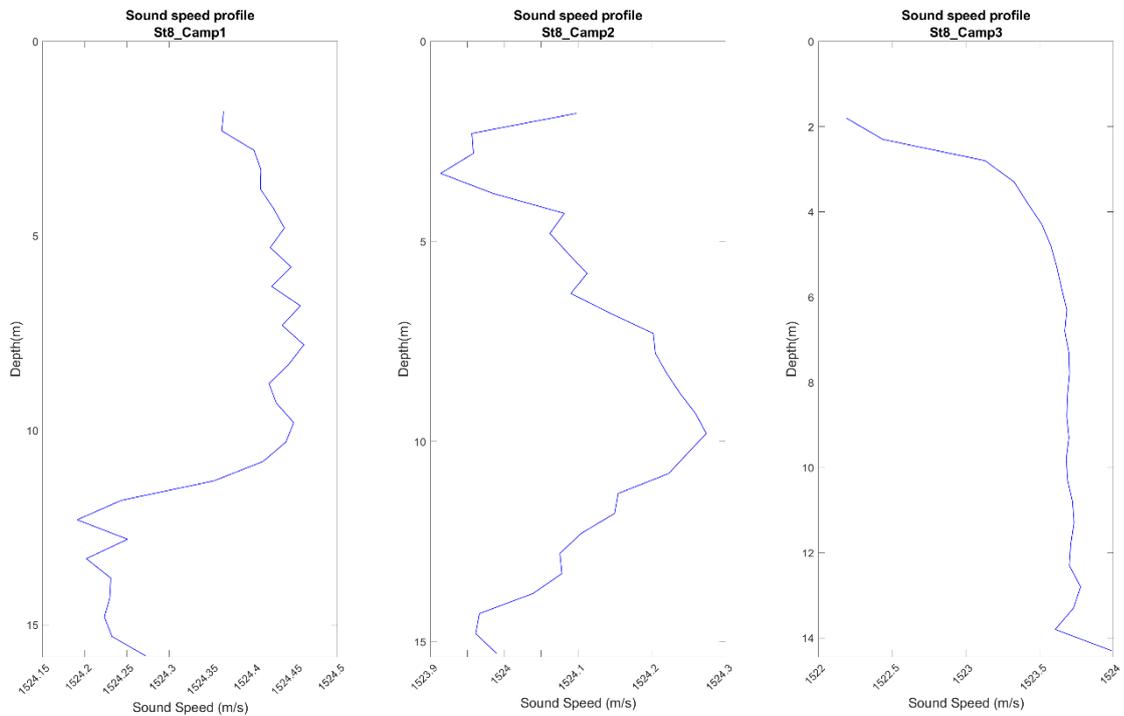
# Sito di Registrazione 6



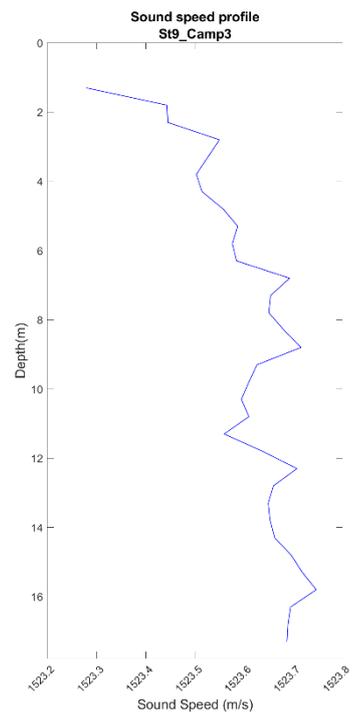
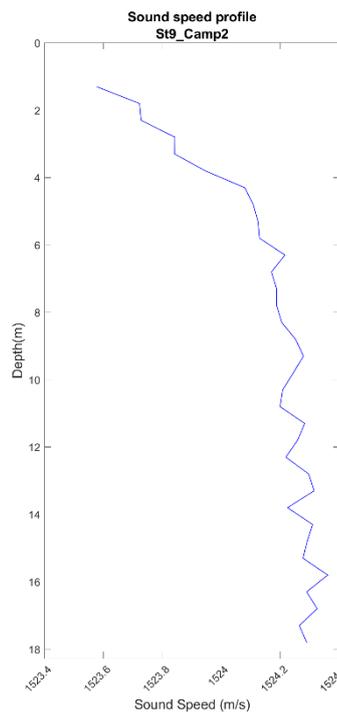
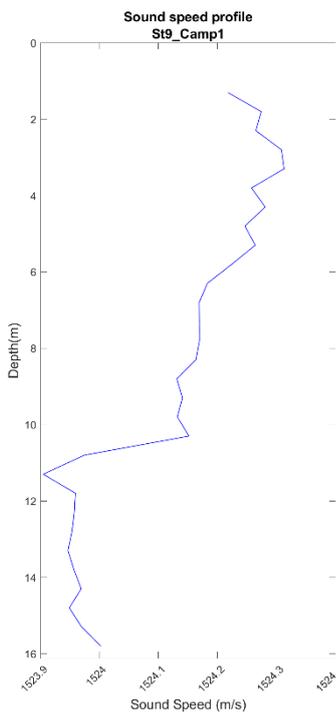
# Sito di Registrazione 7



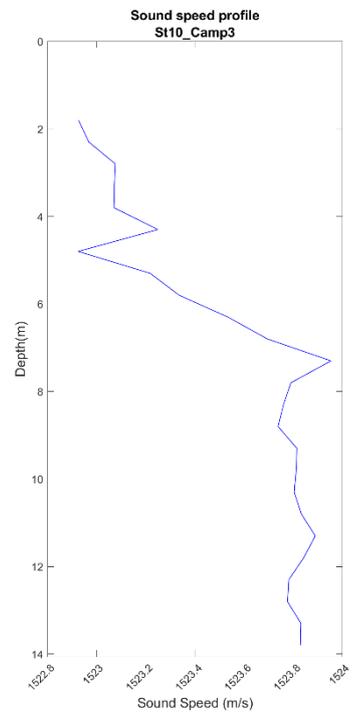
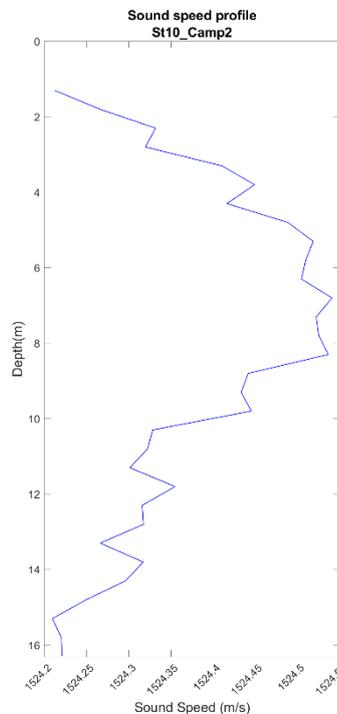
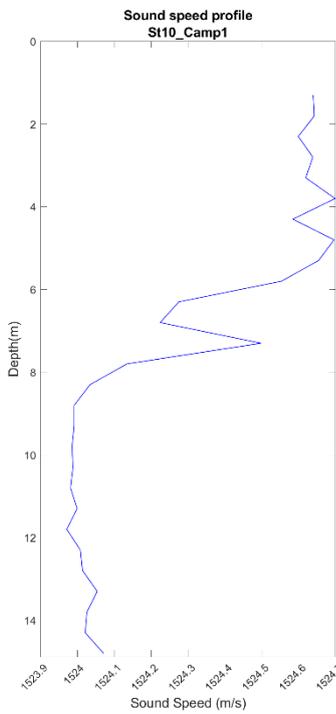
# Sito di Registrazione 8



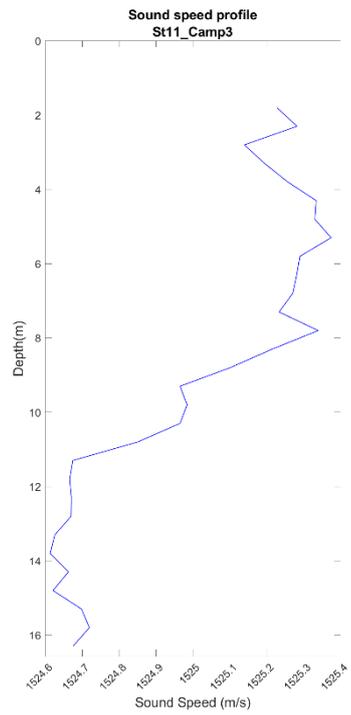
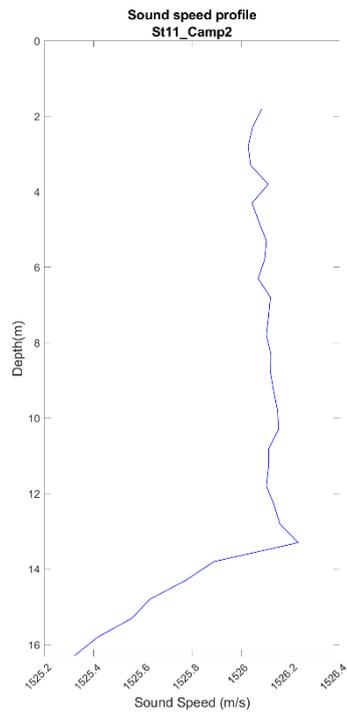
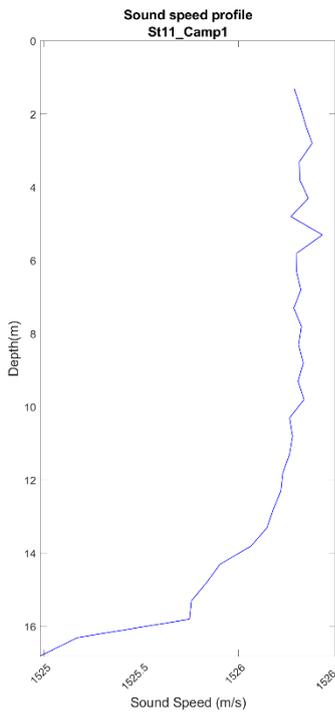
# Sito di Registrazione 9



# Sito di Registrazione 10



# Sito di Registrazione 11



# Sito di Registrazione 12

