

Vertiefung der Außenems bis Emden

Unterlage F

Umweltverträglichkeitsprüfungs-Bericht

(UVP-Bericht)

Anhang - 8



Auftraggeber:

Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Ems-Nordsee
Emden

31.08.2022

Auftraggeber: Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Ems-Nordsee
Emde

Titel: Vertiefung der Außenems bis Emden
Unterlage F
Anhang zum Umweltverträglichkeitsprüfungs-Bericht
(UVP-Bericht)

Auftragnehmer: BIOCONSULT Schuchardt & Scholle GbR

Auf der Muggenburg 30
28217 Bremen
Telefon +49 421 6207108
Telefax +49 421 6207109

Klenkendorf 5
27442 Gnarrenburg
Telefon +49 4764 921050
Telefax +49 4764 921052

Lerchenstraße 22
24103 Kiel
Telefon +49 431 53036338

Internet www.bioconsult.de
eMail info@bioconsult.de

Bearbeiter: Dipl.-Geogr. T. Bildstein
Dipl.-Biol. N. Peschel

Datum: 31.08.2022

Inhalt

Anhang 8 - 1	5
Anhang 8 - 2	8
Anhang 8 - 3	10
Anhang 8 - 4	11

Abbildungen und Tabellen

Tab. 1:	Potenzielle / historische Fischfauna des Emsästuars und aktuell nachgewiesene Fischarten.	5
Tab. 2:	Potenziell natürliche Fischfauna von Ems, Leda, Jümme und Sagter Ems.	8
Tab. 3:	Liste quantitativ relevanter Fischarten für eine WRRL-konforme Bewertung des Ems-Übergangsgewässers (BIOCONSULT 2007b); Größenklassen für Finte und Stint sowie Vorgaben zum bewertungsrelevanten Fangzeitpunkt und -ort.	10
Tab. 4:	Übersicht der Quellschallpegel verschiedener Hopper- und WI-Bagger.	12

Anhang 8 - 1

Tab. 1: Potenzielle / historische Fischfauna des Emsästuars und aktuell nachgewiesene Fischarten.

Art	wiss. Name	Potenzielle Fischfauna		Nachgew. Fischarten	
		IBL Umweltplanung 2005	Bioconsult 2007	Küstengewässer	Übergangsgewässer Ems-Ästuar
Brassen	<i>Abramis brama</i>	+++			
Stör	<i>Acipenser sturio</i>	+	x		
Steinpicker	<i>Agonus cataphractus</i>	+++	x	x	x
Maifisch	<i>Alosa alosa</i>		x		
Finte	<i>Alosa fallax</i>	x	x	x	x
Kleiner Sandaal	<i>Ammodytes tobianus</i>	+++	x	x	x
Aal	<i>Anguilla anguilla</i>	+	x	x	x
Glasgrundel	<i>Aphia minuta</i>		x	x	x
Hornhecht	<i>Belone belone</i>	x	x	x	x
Güster	<i>Blicca bjoerkna</i>	+++			x
Roter Knurrhahn	<i>Chelidonichthys lucerna</i>	x	x	x	x
Dicklippige Meeräsche	<i>Chelon labrosus</i>	?	x		x
Fünfbärtelige Seequappe	<i>Ciliata musterla</i>	x	x	x	x
Hering	<i>Clupea harengus</i>	+++	x	x	x
Nordsee-Schnäpel	<i>Coregonus oxyrhynchus</i>		x		
Seehase	<i>Cyclopterus lumpus</i>	x	x	x	x
Karpfen	<i>Cyprinus carpio</i>	x			
Gemeiner Stechrochen	<i>Dasyatis pastinaca</i>		x		
Wolfsbarsch	<i>Dicentrarchus labrax</i>	+	x		x
Sardelle	<i>Engraulis encrasicolus</i>	x	x	x	x
Hecht	<i>Esox lucius</i>	+			
Grauer Knurrhahn	<i>Eutrigla gurnardus</i>	x		x	x
Kabeljau	<i>Gadus morhua</i>	x	x	x	x
Dreistachliger Stichling	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	+++	x	x	x

Art	wiss. Name	Potenzielle Fischfauna		Nachgew. Fischarten	
		IBL Umweltplanung 2005	Bioconsult 2007	Küstengewässer	Übergangsgewässer Ems-Ästuar
Kaulbarsch	<i>Gymnocephalus cernua</i>	+	x		x
Großer Sandaal	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	x		x	x
Flussneunauge	<i>Lampetra fluviatilis</i>	+++	x	x	x
Kliesche	<i>Limanda limanda</i>	+++	x	x	x
Großer Scheibenbauch	<i>Liparis liparis</i>	+++	x	x	x
Dünnlippige Meeräsche	<i>Liza ramada</i>		x		x
Quappe	<i>Lota lota</i>	+			
Wittling	<i>Merlangius merlangus</i>	+	x	x	x
Seeskorpion	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	x	x	x	x
Stint	<i>Osmerus eperlanus</i>	+++	x	x	x
Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>	+++			x
Meerneunauge	<i>Petromyzon marinus</i>	+	x		x
Butterfisch	<i>Pholis gunellus</i>	x	x	x	x
Flunder	<i>Platichthys flesus</i>	+++	x	x	x
Scholle	<i>Pleuronectes platessa</i>	x	x	x	x
Köhler, Seelachs	<i>Pollachius virens</i>	x			
Strandgrundel	<i>Pomatoschistus microps</i>	+++	x		x
Sandgrundel	<i>Pomatoschistus minutus</i>	+++	x	x	x
Neunstachliger Stichling	<i>Pungitius pungitius</i>	+			
Plötze	<i>Rutilus rutilus</i>	+++			
Lachs	<i>Salmo salar</i>	+ (B)	x		
Meerforelle	<i>Salmo trutta</i>	+	x	x	x
Rotfeder	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	+			
Makrele	<i>Scomber scombrus</i>	x		x	x
Glattbutt	<i>Scophthalmus rhombus</i>	x	x	x	x
Steinbutt	<i>Scophthalmus maximus</i>	x	x		x
Seezunge	<i>Solea solea</i>	+++	x	x	x
Seestichling	<i>Spinachia spinachia</i>		x		
Sprotte	<i>Sprattus sprattus</i>	+++	x	x	x
Große Seenadel	<i>Syngnathus acus</i>	+	x	x	x

Art	wiss. Name	Potenzielle Fischfauna		Nachgew. Fischarten	
		IBL Umweltplanung 2005	Bioconsult 2007	Küstengewässer	Übergangsgewässer Ems-Ästuar
Kleine Seenadel	<i>Syngnathus rostellatus</i>	+++	x	x	x
Grasnadel	<i>Syngnathus typhle</i>		x		
Franzosendorsch	<i>Trisopterus luscus</i>	x	x	x	x
Zwergdorsch	<i>Trisopterus minutus</i>	x			
Aalmutter	<i>Zoarces viviparus</i>	+++	x	x	x
Artenzahl	52	45	34	43	

Erläuterung: x = keine Angaben zur Häufigkeit + = Einzelnachweis, Irr- und Zufallsgäste, selten, sporadisch
 ++ = regelmäßig und permanent vorkommend, z.T. häufig
 +++ = häufig bis sehr häufig
 (B) = Besatz
 Quelle: IBL UMWELTPLANUNG (2005), BIOCONSULT (2007b)

Anhang 8 - 2

Tab. 2: Potenziell natürliche Fischfauna von Ems, Leda, Jümme und Sagter Ems.

Wasserkörper-Nr.	06037	03003	06039	04035	04035	04042
Gewässer	Ems	Ems	Leda	Leda	Sagter Ems	Jümme
Abschnitt	Papenburg-Leer	Herbrum-Papenburg	Sperrwerk-Ems	Roggenberg-Sperrwerk	Zs.fluss Mar-ka/Ohe-Roggenberg	Leda-Barbel
Fischregion	Kaulbarsch-Flunder brackig	Kaulbarsch-Flunder limnisch	Kaulbarsch-Flunder limnisch	Kaulbarsch-Flunder limnisch	Brassen-Aland	Kaulbarsch-Flunder limnisch
Aal	LA	LA	LA	LA	LA	LA
Aland	LA	LA	LA	LA	LA	LA
Barbe	BA	BA				
Bitterling	BA	BA	BA	BA	BA	BA
Brassen	LA	LA	LA	LA	LA	LA
Döbel	BA	BA	BA	BA	BA	BA
Dreist. Stichling (Binnenform)					TA	
Dreist. Stichling (Wanderform)	LA	LA	LA	LA	TA	LA
Finte	TA	TA	BA			
Flunder	LA	LA	LA	LA	TA	LA
Flussbarsch	TA	TA	LA	LA	LA	LA
Flussneunauge	TA	TA	TA	TA	TA	TA
Gründling	TA	TA	TA	TA	TA	TA
Güster	LA	LA	LA	LA	LA	LA
Hasel					TA	
Hecht	BA	BA	BA	BA	BA	BA
Karusche	BA	BA	BA	BA	BA	BA
Kaulbarsch	LA	LA	LA	LA	TA	LA
Lachs, Atlant.	BA	BA	BA	BA	BA	BA
Meerforelle	BA	BA	BA	BA	BA	BA
Meerneunauge	BA	BA	BA	BA	BA	BA
Moderlieschen	BA	BA	BA	BA	BA	BA

Quappe	TA	TA	TA	TA	TA	TA
Rotauge	LA	LA	LA	LA	LA	LA
Rotfeder	BA	BA	BA	BA	TA	BA
Schlammpeitzger	BA	BA	BA	BA	BA	BA
Schleihe	BA	BA	BA	BA	BA	BA
Steinbeißer	BA	BA	BA	BA	BA	BA
Stint	LA	LA	TA	TA		TA
Ukelei	LA	LA	LA	LA	LA	LA
Zährte	BA	BA	BA			
Zwergstichling	BA	BA	BA	BA	BA	BA

Erläuterung: LA: Leitart (Abundanzanteil $\geq 5\%$)
TA: typspezifische Art (Abundanzanteil $\geq 1 - < 5\%$)
BA: Begleitart (Abundanzanteil $< 1\%$)
Quelle: LAVES 2010a

Anhang 8 - 3

Tab. 3: Liste quantitativ relevanter Fischarten für eine WRRL-konforme Bewertung des Ems-Übergangsgewässers (BIOCONSULT 2007b); Größenklassen für Finte und Stint sowie Vorgaben zum bewertungsrelevanten Fangzeitpunkt und -ort.

	Art	Altersgruppeneinstufung nach Größe (cm)	Für die Bewertung relevanter Fangzeitpunkt	Für die Bewertung relevanter Fangort
Ankerhamen	Finte 0+	<11	kein Mittelwert aus saisonalen Daten: nur Herbstdaten	keine Berücksichtigung von Daten aus dem Oligohalinikum
	Finte subadult	11 - 23	kein Mittelwert aus saisonalen Daten: nur Frühjahrsdaten	keine Berücksichtigung von Daten aus dem Oligohalinikum
	Finte adult	<23	kein Mittelwert aus saisonalen Daten: nur Frühjahrsdaten	Mittelwert; keine Differenzierung
	Stint 0+	<6	Mittelwert; keine Differenzierung	keine Berücksichtigung von Daten aus dem Oligohalinikum
	Stint subadult	7 – 10	Mittelwert; keine Differenzierung	Mittelwert; keine Differenzierung
	Stint adult	>10	kein Mittelwert aus saisonalen Daten: nur Frühjahrsdaten	Mittelwert; keine Differenzierung
	Kaulbarsch	keine Differenzierung	Mittelwert; keine Differenzierung	keine Berücksichtigung von Daten aus dem Oligohalinikum
	Flunder	keine Differenzierung	Mittelwert; keine Differenzierung	Mittelwert; keine Differenzierung
	Hering	keine Differenzierung	Mittelwert; keine Differenzierung	keine Berücksichtigung von Daten aus dem Oligohalinikum

Anhang 8 - 4

Exkurs Unterwasserlärm durch Schiffe und Nassbagger

Die Wirkung von Unterwasserlärm auf die aquatische Fauna erfährt im Zuge großer Bauvorhaben wie z. B. Offshore-Windparks oder Hafenerweiterungen sowie der Umsetzung der EU-Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) zunehmende Beachtung. Damit einher geht auch eine Sensibilisierung im Hinblick auf Bagger- und Umlagerungsarbeiten (JONES & MARTEN 2016). Akustische Untersuchungen von WI-Geräten und v. a. Hopperbaggern sind immer häufiger Bestandteil entsprechender Umweltverträglichkeitsstudien (vgl. Zusammenstellung in THOMSEN et al. 2009, WODA 2013).

Der Schalldruckpegel SPL („sound pressure level“) beschreibt die Stärke eines Schallsignals im Verhältnis zu einem fixen Bezugswert. Mit ihm können Aussagen darüber getroffen werden, ab welchen Pegeln Verhaltensreaktionen, Gehörschäden oder tendenziell tödliche Auswirkungen bei einer bestimmten Art zu erwarten sind (WERNER 2011). Häufig wird dazu der höchste „Ausschlag“ innerhalb der Pegelamplitude herangezogen, der Spitzenschalldruckpegel SPL_{max}. Neben der reinen Stärke des Schalls spielt aber auch die Dauer bzw. die Art des Schallsignals eine Rolle. Der Schallexpositionspiegel SEL („sound exposure level“) mittelt den SPL daher über ein bestimmtes Zeitintervall und ermöglicht damit eine integrative Abbildung der gesamten Schallenergie, die den biologischen Empfänger über die Dauer eines Schallsignales erreicht. Der SEL eignet sich u. a. zur Bewertung impulshafter Schallbelastungen, die beispielsweise bei Rammen von Spundwänden oder den Fundamenten von Offshore-Windenergieanlagen auftreten (WERNER 2011, WODA 2013, SLABBEKOORN et al. 2010). Rein rechnerisch lässt sich der SEL auch mit dem mittleren äquivalenten Schalldruckpegel Leq gleichsetzen, der sich eher für die Beurteilung kontinuierlicher Dauerschallbelastungen wie Motoren- oder Pumpenlärm eignet. Grenz- oder Schwellenwerte für SEL sind jedoch nicht direkt auf Leq übertragbar (vgl. BFG 2011, BFN 2017). Um hydroakustische Messungen besser einordnen und vergleichen zu können, wird für den SPL, SEL und Leq häufig ein Quellpegel errechnet. I. d. R. ist dies der Pegel in einem Meter Entfernung zur betrachteten Schallquelle.

Neben dem Pegel ist von Bedeutung, in welchem Frequenzbereich eine Schallquelle emittiert. Die Frequenz wird in Hertz (Hz) oder Kilohertz (kHz) angegeben. Hydroakustische Messungen decken meist einen großen Frequenzbereich ab (Breitbandmessung) und müssen zur Beurteilung in den Kontext der artspezifischen Gehörspetren gesetzt werden, welche sich z. T. erheblich voneinander unterscheiden. Das Gehöroptimum von Schweinswalen befindet sich beispielsweise zwischen 100 und 140 kHz (KASTELEIN et al. 2002, KASTELEIN et al. 2010), das von Seehunden hingegen unterhalb von 50 kHz (KASTELEIN et al. 2009). Ein bestimmter Pegel im oberen kHz-Bereich könnte Schweinswale daher stärker beeinträchtigen als Seehunde.

Unterwassergeräusche von Schiffen gehen hauptsächlich von den Schrauben und Motoren aus (WITTEKIND 2014). Die dabei erreichten Schallpegel und -frequenzen sind abhängig von der Größe des Schiffes, dem Ladungszustand, der Tätigkeit und insbesondere der Geschwindigkeit (GÖTZ et al. 2009, MCKENNA et al. 2012). Frachtschiffe emittieren laut GÖTZ et al. (2009) vorrangig auf Frequenzen zwischen 200 Hz und 1 kHz und erreichen dort Quellpegel (SPL_{max}) von 160 bis 190 dB re 1 µPa. Bei Untersuchungen in Rotterdam (DE JONG et al. 2010), vor der

Britischen Küste (ROBINSON et al. 2011) und im Ems-Ästuar (ITAP 2011) wurde festgestellt, dass auch Hopperbagger v. a. kontinuierlichen Motoren- und Schraubenlärm im Frequenzbereich von 250 bis 500 Hz erzeugen. Tab. 4 zeigt, dass der Quellpegel (SPLmax) solcher Baggerschiffe je nach Schiffgröße und Tätigkeit zwischen 160 und 188 dB re 1 μ Pa liegt. Die höchsten Pegel wurden bei den An- und Abfahrten unter erhöhter Motorlast und im Baggerbetrieb gemessen.

Tab. 4: Übersicht der Quellschallpegel verschiedener Hopper- und WI-Bagger.

Bagger (Einsatzort, Typ)	Material	Quellschallpegel (SPL) ¹			Quelle
		Fahrten	Baggern	Umlagern	
THOR-R (Sylt, Hopperbagger)	Sand	148-188 dB (min.-max.)			
Taccola (Emden, Hopperbagger)	Schlick	154 dB (Anfahrt), 175 dB (Abfahrt)	161,6 dB	-	ITAP (2011)
Div. Hopperbagger (Rotterdam)	Sand	182 dB	178 dB	168 dB	DE JONG et al. (2010)
Arco Axe (GB, Hopperbagger)	Grobsand	160 dB (Mittelwert)			ROBINSON et al. (2011)
Sand Harrier (GB, Hopperbagger)	Grobsand	180 dB (Mittelwert)			ROBINSON et al. (2011)
WI-Bagger	Sand	176 dB (Maximalwert)			BFG (2011)

Grundsätzlich ähnelt das akustische Profil von Hopperbaggern dem von Frachtschiffen, sie weisen wegen ihrer technischen Ausrüstung aber einige Besonderheiten auf. So konnten THEOBALD et al. (2010) im Vergleich zum reinen Fahrtbetrieb leichte Zunahmen der Schalldruckpegel im unteren kHz-Bereich (>2 kHz) feststellen, die sie u. a. auf den Betrieb der Hochleistungspumpen zurückführen. Zusätzliche Schallemissionen im unteren kHz-Bereich können auch dann entstehen, wenn gröberes Material bei der Passage durch den Ausleger, die Rohre und Pumpen gegen Metalloberflächen schlägt (vgl. ROBINSON et al. 2011, DE JONG et al. 2010). Das Abladen von Sediment auf Umlagerungsflächen ist dagegen grundsätzlich und insbesondere im Bereich über 500 Hz weitaus weniger schallstark als der Baggerbetrieb oder die An- und Abfahrten eines Hopperbaggers.

Die einzige bekannte hydroakustische Untersuchung eines WI-Baggers wurde von der BFG (2011) in der Unterweser durchgeführt. Die aus den Messungen abgeleiteten Quellpegel lagen bei 176 dB re 1 μ Pa (SPLmax) und 151 dB re 1 μ Pa (Leq). Hohe Pegel werden v. a. zwischen 125 Hz und 400 Hz sowie im Bereich von 12 kHz bis 16 kHz erreicht. Die Autoren merken an, dass die SPLmax-Werte durch akustische Reflexionen, die für flache Binnengewässer wie die Unterweser typisch sind, leicht überhöht wurden.

Zusammenfassend betrachtet scheint von Hopper- und WI-Baggern eine ähnliche oder geringfügig höhere hydroakustische Belastung auszugehen wie von Transportschiffen bei normaler Fahrt. Je nach technischer Ausstattung und Tätigkeit können Abweichungen im akustischen Profil auftreten.

¹ Aus einigen Quellen ging nicht eindeutig hervor, ob es sich um Maximal- oder Mittelwerte handelt.

Die Baggerarbeiten sind in jedem Falle deutlich weniger schallintensiv als z. B. Pfahlrammen (vgl. GÖTZ et al. 2009). Beim Vergleich und der Bewertung von hydroakustischen Messwerten muss neben anderen Faktoren v. a. beachtet werden, ob diese einmalig (z. B. Explosion), impulshaft (z. B. Pfahlrammen) oder kontinuierlich (z. B. WI- und Hopperbagger) auftreten, da die Expositionsart und –dauer maßgeblich deren Wirkung auf Tiere beeinflusst (vgl. SMITH et al. 2004, BFG 2011).

Literatur zum Exkurs Unterwasserlärm durch Schiffe und Nassbagger

- BFG, 2011: Messung und Begutachtung von hydroakustischen Schallimmissionen verursacht durch WI-Unterhaltungsbaggerungen und deren Auswirkungen auf das Schutzgut Tiere – Finten und Neunaugen. - (Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz). - BfG Veranstaltungen 2/2011 S.
- BFN (Hrsg.), 2017: Die Meeresschutzgebiete in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone der Nordsee – Beschreibung und Zustandsbewertung. - BfN-Skripten 477, 549 S.
- DE JONG, C. A. F., M. A. AINSLIE, J. DRESCHLER, E. JANSEN, E. HEEMSKERK & W. GROEN, 2010: Underwater noise of Trailing Suction Hopper Dredgers at Maasvlakte 2: Analysis of source levels and background noise. - TNO Report No. TNO-DV 2010 C335: The Hague, S.
- GÖTZ, T., G. HASTIE, L. HATCH, O. RAUSTEIN, B. SOUTHALL, M. TASKER, F. THOMSEN, J. CAMPBELL & B. FREDHEIM, 2009: Overview of the impacts of anthropogenic underwater sound in the marine environment. - OSPAR Biodiversity Series. Technical Report. OSPAR Commission, London
- ITAP, 2011: Messung der Hydroschallimmissionen des Schwimmbaggers „Taccola“ bei Baggerarbeiten an der Wendestelle des Außenhafens in Emden. - Institut für technische und angewandte Physik GmbH (ITAP); Bericht i. A. des WSA Emden, 13 S.
- JONES, D. & K. MARTEN, 2016: Dredging Sound Levels, Numerical Modelling and EIA. - Terra et Aqua 144: 21-29.
- KASTELEIN, R. A., P. BUNSKOEK, M. HAGEDORN & W. W. L. AU, 2002: Audiogram of a harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) measured with narrow-band frequency modulated signals. - Journal of the Acoustical Society of America 112 (1): 334-344.
- KASTELEIN, R. A., L. HOEK, C. DE JONG & P. J. WENSVEEN, 2010: The effect of signal duration on the underwater detection thresholds of a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) for single frequency-modulated tonal signals between 0.25 and 160 kHz. - Journal of the Acoustical Society of America 128: 3211–3222.
- MCKENNA, M. F., D. ROSS, S. M. WIGGINS & J. A. HILDEBRAND, 2012: Underwater radiated noise from modern commercial ships. - J. Acoust. Soc. Am. 131: 92–103.
- ROBINSON, S. P., P. D. THEOBBALD, G. HAYMAN, L. S. WANG, P. A. LEPPER, V. HUMPHREY & S. MUMFORD, 2011: Measurement of underwater noise arising from marine aggregate dredging operations. - (Report 09/108) Marine Aggregate Levy Sustainability Fund, S.
- SLABBEKOORN, H., N. BOUTON, I. VAN OPZEELAND, A. COERS, C. TEN CATE & A. N. POPPER, 2010: A noisy spring: the impact of globally rising underwater sound levels on fish. - Trends in Ecology & Evolution 25: 419-427.

- SMITH, M. E., A. S. KANE & A. N. POPPER, 2004: Acoustical stress and hearing sensitivity in fishes: does the linear threshold shift hypothesis hold water? - J. Exp. Biol. 207: 3591-3602.
- THEOBALD, P., P. LEPPER, S. RONBINSON, G. HAYMAN, V. HUMPHREY, L. S. WANG & S. MUMFORD, 2010: Underwater noise measurement of dredging vessels during aggregate extraction operations. - Conference Paper: ECUA, Istanbul, July 2010
- THOMSEN, F., S. R. MCCULLY, D. WOOD, P. WHITE & F. PAGE, 2009: A generic investigation into noise profiles of marine dredging in relation to the acoustic sensitivity of the marine fauna in UK waters. - PHASE 1 Scoping and review of key issues, Aggregates Levy Sustainability Fund / Marine Environmental Protection Fund (ALSF/MEPF): Lowestoft, UK S.
- WERNER, S., 2011: Empfehlung von Lärmschutzwerten bei der Errichtung von Offshore-Windenergieanlagen (OWEA). - Umweltbundesamt (UBA), Dessau: 6 S.
- WITTEKIND, D. K., 2014: A Simple Model for the Underwater Noise Source Level of Ships. - Journal of Ship Production and Design 30: 1-8.
- WODA, 2013: Technical Guidance on: Underwater Sound in Relation to Dredging. – Guidance Document, World Organization of Dredging Associations. - Expert Group on Underwater Sound, Delft, The Netherlands: S.