

	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Metoceane Kampagne	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU		Seite 1 von 193

Wilhelmshaven FSRU: Metoceane Kampagne

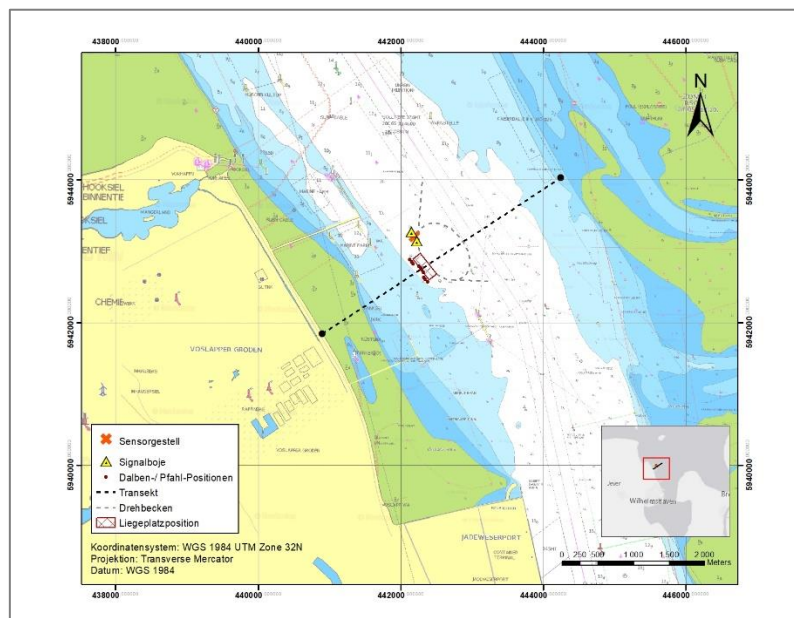
Siebte Ausgabe	06	31.08.2023	P. Mallants	K. Van Troos	J. de Groot 	
Sechste Ausgabe	05	16.08.2023	P. Mallants	J. Malschaert	J. de Groot	
Fünfte Ausgabe	04	08.08.2023	A. Spriet	J. Malschaert	J. de Groot	
Vierte Ausgabe	03	19.06.2023	A. Spriet	J. Claus	K. Van Troos	
Dritte Ausgabe	02	01.06.2023	A. Spriet	J. Malschaert	K. Van Troos	
Zweite Ausgabe	01	23.05.2023	A. Spriet	J. Malschaert	K. Van Troos	
Erste Ausgabe	00	05.05.2023	A. Spriet	J. Malschaert	K. Van Troos	
Status	Ausgabe	Datum	Erstellt von	Geprüft von	Genehmigt von	Anmerkung

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 2 von 193

Zusammenfassung des Berichts





Dieser Bericht behandelt die durch IMDC durchgeführte Messkampagne zur Erfassung der erforderlichen metoceanen Daten (Wellen, Gezeitenströmungen und Sedimente) am Projektstandort. Daraus gingen anschließend wertvolle Informationen für die Kalibrierung/Validierung der numerischen Modelle zur weiteren Verwendung in anderen Bereichen des Projekts hervor. Die metoceanen Kampagne lief vom 27.02.2023 bis zum 05.04.2023. Die Untersuchungsaktivitäten umfassten:

- 2 (mobile) Gezeitenverlaufsmessungen über einen Zeitraum von 13 Stunden bei wechselnden Gezeitenbedingungen entlang eines vordefinierten Transekts (siehe Abbildung unten): durchgeführt am 29.03.2023 (bei Nipptidenbedingungen) und 05.04.2023-(bei Springtidenbedingungen).
- 33 Tage stationäre Messungen mit dem Meeresbodengestell (siehe Abbildung unten): vom 27.02.2023-bis zum-31.03.2023 mit Zwischendaten, die am 17.03.2023 erhoben wurden.



Während der mobilen Messungen bei Nipptidenbedingungen (29.03.2023) wurde Folgendes beobachtet:

- eine maximale Fließgeschwindigkeit von 1,55 m/s. Hierbei handelt sich nicht um eine über die Tiefe gemittelte Geschwindigkeit, sondern um eine lokale Geschwindigkeit an einem konkreten Punkt in der Wassersäule.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 3 von 193

- Die höchsten Fließwerte traten tendenziell in der Mitte des Transekts auf, in der Nähe des Navigationskanals.
- Der Salzgehalt schwankte zwischen 28 und 29,5 ppt. Die Wassertemperatur schwankte zwischen 8 und 8,5 °C und blieb über die Wassersäule hinweg einigermaßen konstant.
- Die Schwebstoffkonzentrationen (SSK) waren in der Regel den ganzen Tag über niedrig (zwischen 35 und 200 mg/l in der Wassersäule – durchschnittliche 120 mg/l). Höhere Konzentrationen wurden nahe des linken Ufers und in Meeresbodennähe beobachtet (bis zu 360 mg/l)





Während der mobilen Messungen bei Springtidenbedingungen (05.04.2023) wurde Folgendes beobachtet:

- eine maximale Fließgeschwindigkeit von bis zu 1,8 m/s. Hierbei handelt sich nicht um eine über die Tiefe gemittelte Geschwindigkeit, sondern um eine lokale Geschwindigkeit an einem konkreten Punkt in der Wassersäule.
- Die höchsten Fließwerte traten tendenziell in der Mitte des Transekts auf, in der Nähe der Fahrrinne.
- Der Salzgehalt schwankte zwischen 27,4 und 30 ppt. Die Wassertemperatur schwankte zwischen 8,4 und 8,7 °C.
- Die Schwebstoffkonzentrationen (SSK) waren höher als während der Messungen bei Nipptidenbedingungen (zwischen 40 und 400 mg/l in der Wassersäule – durchschnittliche 220 mg/l). Die Konzentrationen stiegen mit zunehmender Tiefe an, wobei in Meeresbodennähe maximal bis zu 615 mg/l vorkamen.

Ein Vergleich zwischen den beiden Gezeitenbedingungen zeigt zahlreiche Unterschiede auf. Während der Springtide wurden höhere absolute Geschwindigkeiten gemessen. Die maximalen Geschwindigkeiten jedoch traten während derselben Gezeitenphase auf, d. h. ca. 3 Stunden vor dem oberen Pegelstand bzw. 3 Stunden vor dem unteren Pegelstand. In Bezug auf die SSK wurden bei Springtidenbedingungen höhere Konzentrationen beobachtet. Dies entspricht den Erwartungen, denn zu diesem Zeitpunkt gibt es höhere Fließgeschwindigkeiten und damit mehr Wasserkraft für den Sedimenttransport.

Während der stationären Messungen mit dem Meeresbodengestell (27.02.2023–31.03.2023) wurde Folgendes beobachtet:





- Nahe der Wasseroberfläche trat eine maximale Fließgeschwindigkeit von bis zu 1,47 m/s auf.
- Die durchschnittliche Strömungsrichtung in der oberen Hälfte der Wassersäule liegt bei ca. 139°N bei Flut und 321°N bei Ebbe.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 4 von 193

- Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht über die statistischen Daten zur Strömungsgeschwindigkeit und zu den Schwebstoffkonzentrationen über die verschiedenen Gezeitenphasen.





	Ebbe			Flut		
	Nipp	Durchschnitt	Spring	Nipp	Durchschnitt	Spring
Max. über die Tiefe gemittelte Strömungsgeschwindigkeit [m/s] – ADCP						
Mittelwert	0,83	0,90	0,99	0,51	1,06	1,19
Max. SSK [mg/l] – OBS-3A (Schlickfraktion)						
Mittelwert	481	771	534	381	802	901
Max. SSK [mg/l] – LISST-ABS (Sandfraktion)						
Mittelwert	135	208	169	60	233	1150

- Die maximal gemessenen signifikanten Wellenhöhen (H_s) waren bis zu 0,8 m hoch.
- Höhere Wellen näherten sich aus Nordwesten (320°).
- Bei niedrigen Wellenhöhen (zwischen ca. 0,1–0,3 m) folgen die Wellenrichtungen den vorherrschenden Strömungsrichtungen.
- Die mittlere beobachtete Wellenperiode betrug 3,6 Sekunden.





  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 5 von 193

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
1.1	Der Auftrag	7
1.2	Gegenstand des Berichts	8
1.3	Definierte Begriffe und Abkürzungen	8
2	Die Messkampagne	11
2.1	Beschreibung	11
2.2	Überwachungsstandorte	11
2.3	Mobile Messungen – Gezeitenverlaufsmessungen	13
2.3.1	Methodik	13
2.3.2	Ausrüstung	15
2.3.3	Einsatzvorbereitung.....	20
2.4	Stationäre Messungen – Messungen mit dem Gestell	21
2.4.1	Methodik	22
2.4.2	Ausrüstung	22
3	Erhebung der Messdaten	26
3.1	Mobile Messungen – Gezeitenverlaufsmessungen	26
3.1.1	Übersicht über die Aktivitäten.....	26
3.1.2	Hydrometeorologische Bedingungen	26
3.1.3	Datendateien	27
3.2	Stationäre Messungen – Messungen mit dem Gestell	28
3.2.1	Übersicht über die Aktivitäten.....	28
3.2.2	Datendateien	29
3.2.3	Hydrometeorologische Bedingungen	30
3.2.4	Hinweise zu den Daten	32

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 6 von 193

4	Datenverarbeitung und -visualisierung	34
4.1	Kalibrier-Messgeräte	34
4.1.1	ADCP.....	34
4.1.2	Trübungssensoren (SiltProfiler & OBS-3A).....	36
4.1.3	Aquadopp	37
4.1.4	LISST-AOBS	37
4.2	Laboranalyse der Wasserproben	37
4.3	Laboranalyse der Sedimentproben	37
4.4	Datenvisualisierung	37
4.4.1	Mobile Messungen – ADCP-Diagramme	37
4.4.2	Mobile Messungen – SiltProfiler-Diagramme	41
4.4.3	Stationäre Messungen – ADCP-Diagramme	42
4.4.4	Stationäre Messungen – Zeitreihen-Diagramme	43
4.5	Konventionen	47
5	Analysen und Schlussfolgerungen	48
5.1	Strömung	48
5.2	Schwebstoffkonzentrationen	50
5.3	Temperatur und Salzgehalt	53
5.4	Wellen.....	53
6	Referenzen	55

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 7 von 193

1 Einleitung




1.1 Der Auftrag

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) ist im September 2022 an die Tree Energy Solutions GmbH (TES) herangetreten und hat die gemeinsame Realisierung eines schwimmenden Flüssigerdgas (Liquefied Natural Gas – LNG)-Importterminals (Floating Storage and Regasification Unit – FSRU) angefragt. Das BMWK hat dazu im Februar 2023 die FSRU „Excelsior“ für maximal 60 Monate gechartert. Das Projekt soll in Kooperation mit E.ON und ENGIE realisiert werden. Als Vorhabenträgerin wurde die „FSRU Wilhelmshaven GmbH“ gegründet.

Der KUNDE (ENGIE/TES) hat einen Vertrag mit IMDC geschlossen. Dieser sieht technische Unterstützung durch IMDC für die Meeresarbeiten sowie für Modellierungsstudien vor, die in den Genehmigungsantrag einfließen werden.



Abbildung 1-1: Übersicht über das Projektgebiet (Quelle: Google Earth)

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 8 von 193

1.2 Gegenstand des Berichts

Dieser Bericht behandelt die durch IMDC durchgeführte Messkampagne zur Erfassung der erforderlichen metoceanen Daten (Wellen, Gezeitenströmungen und Sedimente) am Projektstandort. Daraus gehen wertvolle Informationen für die Kalibrierung/Validierung der numerischen Modelle zur weiteren Verwendung in anderen Bereichen des Projekts hervor. Um dieses Ziel zu erreichen, wird folgender Auftragsumfang definiert:





- zwei Gezeitenverlaufsmessungen (TT, through tide) bei unterschiedlichen Gezeitenbedingungen: Ebbe-Flut-Gezeitenzyklus.
- Eine stationäre Messkampagne mit einem Gestell bei unterschiedlichen Gezeitenbedingungen über mindestens einen Monat hinweg: Nipp-Spring-Gezeitenzyklus.

Dieser Bericht beschreibt die gesamte Messkampagne und stellt alle verfügbaren Ergebnisse vor.





1.3 Definierte Begriffe und Abkürzungen

Die großgeschriebenen Begriffe und Abkürzungen in diesem Dokument beziehen sich auf die in der folgenden Tabelle definierten Begriffe:





Begriff	Beschreibung
ADCP	Ultraschall-Doppler-Profil-Strömungsmesser
Auftragnehmer	Auftragnehmer ist ein erfolgreiches Unternehmen/eine erfolgreiche Partei, das/die den Vertrag über die Ausführung der Meeresarbeiten abschließt und rechtlich daran gebunden ist
BD	Anlegedalben
Berater	International Marine Dredging Consultants (IMDC), die als Ingenieur des Bauherrn für das Projekt ernannt wurden.
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
CTD	Leitfähigkeit, Temperatur und Tiefe

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Metoceane Kampagne	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU		Seite 9 von 193

DGNSS	Differential-GNSS (Erweiterte-Navigation)
E.ON	verantwortlich für das Energienetz
FSRU	Schwimmende Speicher- und Regasifizierungseinheit (Floating Storage and Regasification Unit). Die „Excelsior“, die Excelebrate Energy gehört, wird für dieses Projekt bereitgestellt.
HW	Hochwasser
Kunde	ENGIE Deutschland AG
LAT	Niedrigste astronomische Tide
LNG	Verflüssigtes Erdgas
LNGC	LNG-Tanker
LW	Niedrigwasser
MD	Vertäudalbe
MSL/NHN	Mittlerer Meeresspiegel (Mean Sea Level)
MW	Mittel Wasser
SKN	Seekartennull; die Tiefenangaben beziehen sich auf das Seekartennull (SKN) als Tiefenhorizont, hier das Niveau des niedrigsten Gezeitenwasserstandes (LAT)
SSK	Schwebstoffkonzentrationen
TES	Tree Energy Solutions (Kundenpartner)
TT	Gezeitenverlaufsmessungen
UTC	Coordinated Universal Time

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 10 von 193

WSV	Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes
-----	--

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 11 von 193

2 Die Messkampagne





2.1 Beschreibung

Die metoceane Kampagne lief vom 27.02.2023 bis zum 05.04.2023. Die Untersuchungsaktivitäten umfassten:

- 2 Gezeitenverlaufsmessungen bei wechselnden Gezeitenbedingungen: durchgeführt am 29.03.2023 und am 05.04.2023.
- 33 Tage stationäre Messungen mit dem Meeresbodengestell: vom 27.02.2023 bis zum 31.03.2023 mit Zwischendaten, die am 17.03.2023 abgerufen wurden.

2.2 Überwachungsstandorte

Um das Überwachungsziel zu erreichen, fanden die mobilen Messungen in einem definierten Transekt statt (siehe Abbildung 2-1 und Tabelle 2-1). Zudem wurde ein spezifischer Überwachungsstandort für die stationären Messungen festgelegt. Dabei wurden die Ergebnisse der jüngsten Untersuchung zu Kampfmitteln einbezogen (siehe Abbildung 2-1 und Tabelle 2-1) und die Anforderung nach einem möglichst flachen Meeresboden berücksichtigt (da das Überwachungsgestell für nicht mehr als 20° Neigung ausgelegt ist). Eine detailliertere Darstellung der Überwachungsstandorte, vor dem Hintergrund einer Bathymetrie, einer Seekarte und einer Untersuchung zu Kampfmitteln, findet sich in Anhang B.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 12 von 193

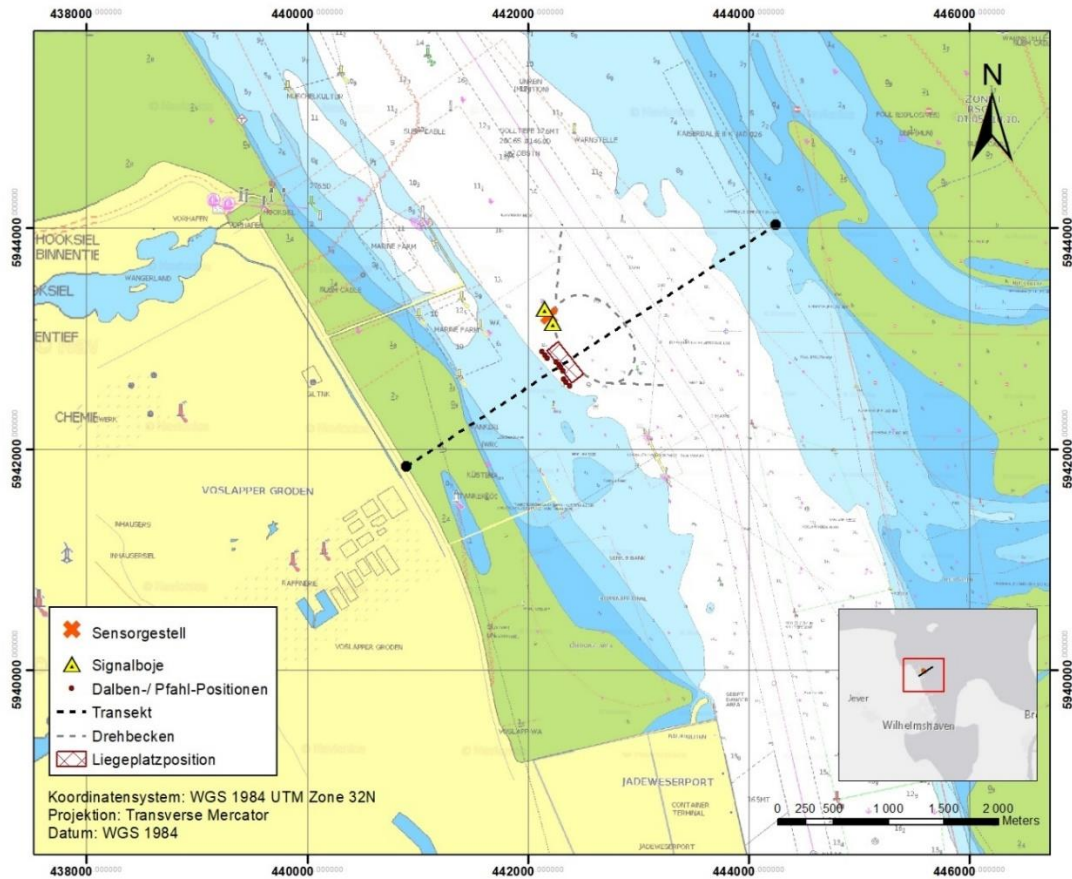





Abbildung 2-1: Überwachungsstandorte für mobile Messungen (Transekt), stationäre Messungen (Meeresbodengestell) und Darstellung geplanter Signalbojen.

Tabelle 2-1: Koordinaten der Überwachungsstandorte.

	Ostwert (UTM32 – WGS84)	Nordwert (UTM32 – WGS84)	Breite (ttmss – WGS84)	Länge (ttmss – WGS84)	Tiefe (MSL)
Meeresbodengestell	442509	5942895	53° 37' 54.058" N	08° 07' 50.105" O	-13,96
Transekt (West)	440898	5941840	53° 37' 19.315" N	08° 06' 23.104" O	-
Transekt (Ost)	444245	5944030	53° 38' 31.469" N	08° 09' 23.882" O	-

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 13 von 193

2.3 Mobile Messungen – Gezeitenverlaufsmessungen





Entlang eines vorgegebenen Transekts im Projektgebiet erfolgten mobile Messungen, auch Gezeitenverlaufsmessungen genannt (über 13 Stunden hinweg) (siehe Abbildung 2-1, Tabelle 2-1 und Anhang B). Im Rahmen von zwei Messkampagnen wurde entlang dieses Transekts die Gezeitenvariation bei unterschiedlichen Gezeitenkoeffizienten untersucht. Die erste Messung wurde bei Nipptidenbedingungen (Gezeitenkoeffizient < 1), die zweite Messung bei Springtidenbedingungen (Gezeitenkoeffizient > 1) durchgeführt, wie in Tabelle 3-1 dargestellt.

Während der mobilen Messungen wurde das Strömungsprofil entlang des vorgegebenen Transekts mit einem auf einem Schiff montierten ADCP (konkret: Ultraschall-Doppler-Profil-Strömungsmesser, Acoustic Doppler Current Profiler) überwacht. Ergänzend zu dieser Überwachung wurden mit dem SiltProfiler Trübungsprofile erstellt. Zudem wurden Wasserproben entnommen und gleichzeitig SiltProfiler-Profile erstellt, um die Trübungswerte in Schwebstoffkonzentrationen (SSK) umzurechnen.

2.3.1 Methodik

Zur Durchführung der hydraulischen Messungen wurde ein geeignetes Schiff mit einem Strömungsmesser (ADCP) und einem differential-GNSS (DGNSS) ausgestattet. Das Strömungsmessgerät erfasst Wassergeschwindigkeitsprofile, indem es die Geschwindigkeit relativ zum Gerät und zur Schiffsgeschwindigkeit misst. Zum Extrahieren der Schiffsgeschwindigkeit – und anschließendem Ableiten der Strömungsgeschwindigkeit – wurde das integrierte Bodenspurmodul des Strömungsmessers eingesetzt. Zudem wurde damit die Tiefe jeder Zelle relativ zum Gerät bestimmt. Der Strömungsmesser wurde mit einem speziellen Gestell auf dem Schiff montiert und an einem Standort mit minimaler Störung durch Schiffsbewegungen oder andere akustische Geräte installiert.

Zusätzlich wurde ein externes DGNSS auf dem Schiff angebracht, um Schiffskurs und -position zu überwachen. Es wurde dann der externe Kurs des DGNSS verwendet, um den internen Kurs des ADCP anzupassen oder Strömungsrichtungen indirekt zu korrigieren, die von metallischen Bauteilen (z. B. dem Schiffsrumpf) beeinflusst werden.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 14 von 193

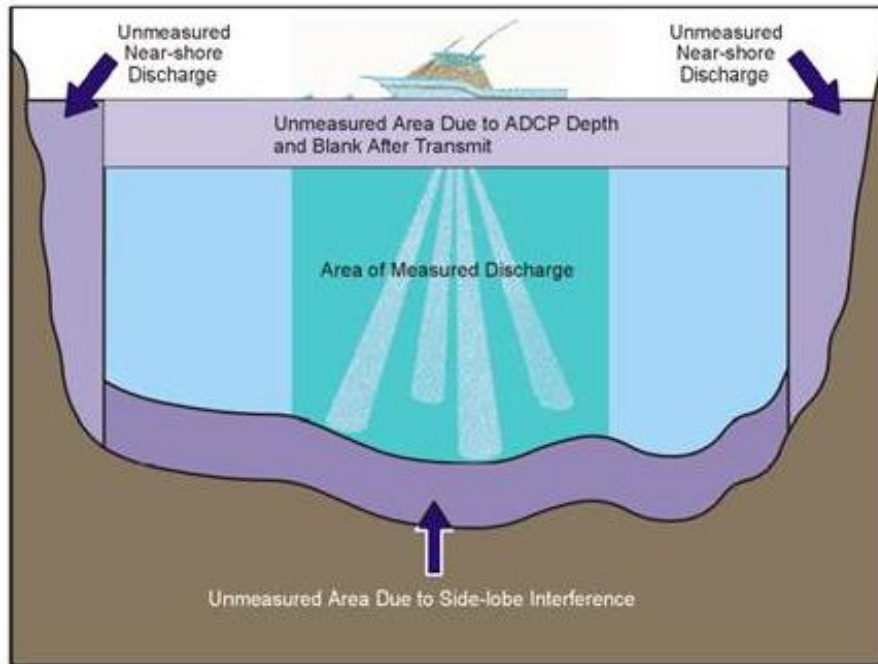






Abbildung 2-2: Darstellung der Totzone (blanking area) des ADCP.

Die mobilen Messungen erfolgten auf einem vorgegebenen Transekt bei einer maximalen Fahrgeschwindigkeit von ca. 5 Knoten (+/- 2,5 m/s). Zur Kalibrierung der akustischen Messungen des ADCP, einschließlich Tiefenpositionen und Geschwindigkeiten, wurden regelmäßig Schallgeschwindigkeitsprofile erstellt. Für die Schallgeschwindigkeitsberechnungen wurden Leitfähigkeits-, Temperatur- und Tiefenmessungen unter Verwendung der Urlick-Formel (1) herangezogen.

Alle Instrumentenuhren wurden mit der GPS-Zeit synchronisiert. Detailliertere technische Informationen sind in den Instrumentenblättern zu finden (Anhang A).

Um die Rückstreuintensitäten in Schwebstoffkonzentrationen (SSK) umzurechnen, wurden Wasserproben genommen und Trübungswerte erhoben. Die Trübungswerte wurden mit einem OBS-3A-Gerät aufgezeichnet. Mit dem SiltProfiler wurden zweimal vollständige vertikale Profile entlang des Transekts erstellt (siehe Anhang

¹ Urlick (1983), *Principles of Underwater Sound*.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 15 von 193

B). Für möglichst kurze einzelne Messzyklen wurde der SiltProfiler im freien Fall (Abbildung 2-3) abgesenkt und die Messungen erfolgten mit einer Abtastfrequenz von 50 Hz. Anschließend wurden die Rückstreudaten des ADCP mithilfe der vertikalen Profile und den Wasserproben umgewandelt.

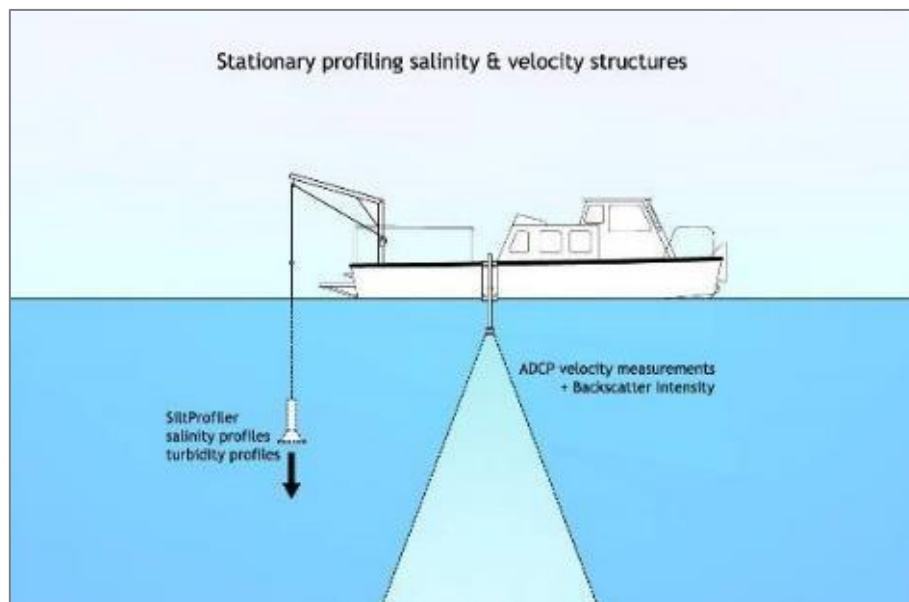


Abbildung 2-3: Aufbau der SiltProfiler- und ADCP-Messungen

Während der Gezeitenverlaufsmessungen wurden die folgenden Zyklen 13 Stunden lang kontinuierlich wiederholt:





1. Beginn der Fahrt auf dem vorgegebenen Transekt unter Protokollierung der ADCP- und GNSS-Daten, um eine vollständige Transektmessung zu erhalten.
2. Beginn der Rückfahrt, Durchführen einer SiltProfiler-Messung bei einem Drittel des Transekts.
3. Erstellen eines zweiten SiltProfiler-Profils auf halbem Weg entlang des Transekts und:
 - a. Entnehmen einer Wasserprobe während eines zweiten Absenkens des SiltProfilers oder
 - b. Fahrt bis zum Ende des Transekts und Entnehmen einer Wasserprobe mit abgesenktem SiltProfiler.

Beide Sequenzen (Alternative „3a“ und „3b“) wurden im Laufe des Tages abgewechselt, um sicherzustellen, dass Wasserproben bei allen Gezeitenbedingungen entnommen wurden und der gesamte Bereich der Sedimentkonzentrationen so genau wie möglich erfasst wurde.

2.3.2 Ausrüstung

Zur Durchführung der beschriebenen Messungen wurden folgenden Überwachungsinstrumente verwendet:

- Signature 500 ADCP (Nortek) zum Messen von Strömungsprofilen entlang jedes Transekts.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 16 von 193

- DGNSS zum Ermitteln von Kurs und Position des ADCP.
- SiltProfiler (IMDC) zum Erstellen von Trübungsprofilen.
- CTD-Taucher (Van Essen) zum Erstellen von Salzgehalts- und Schallgeschwindigkeitsprofilen.
- Wasserprobenehmer zum Umwandeln von Trübungsdaten in SSK.
- OBS-3A (Campbell Scientific) zum Erfassen von Trübungsdaten der Wasserproben.

Bei den mobilen Messungen kam folgendes Schiff zum Einsatz (Abbildung 2-4):

- MV GEO GRAPH.

Weitere technische Einzelheiten zu den Überwachungsgeräten sind in Anhang A zu finden.



Abbildung 2-4: Untersuchungsschiff MV GEO GRAPH für mobile Messungen

2.3.2.1 ADCP

Die Strömungs- und Rückstreumessungen erfolgten mit einem Nortek Signature ADCP 500 kHz mit einem schrägen Abstrahlwinkel von 25°, ausgestattet mit einem Bodenspurmodul und einem fünften vertikalen Echolotstrahl.

Der ADCP und seine Schutzhülle wurden auf dem Vermessungsgestell des Überwachungsschiffes installiert (Abbildung 2-5). Der Schallwandler war senkrecht nach unten auf den Meeresboden gerichtet. Die Messungen erfolgten mithilfe der ADCP-Erfassungssoftware Signature VM. Die wichtigsten Einstellungen sind in Tabelle 2-2 angegeben. Technische Einzelheiten zum Nortek Signature ADCP sind in Anhang A.1 aufgeführt.







  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 17 von 193



Abbildung 2-5: Am Gestell des Untersuchungsschiffes montierter ADCP (links); an der Seite des Untersuchungsschiffes für mobile Messungen angebrachter ADCP (rechts)

Tabelle 2-2: Hauptkonfigurationseinstellungen des Signature ADCP und des Echolots

Hauptkonfigurationseinstellungen des Nortek Signature ADCP und des Echolots	
Zellengröße [m]	0,5
Zellengröße Echolot	0,15
Zellenanzahl	Verschieden (abhängig von der Wassertiefe)
Frequenz [kHz]	500
Zeit zwischen den Ensembles [s]	1
Mittelwertbildung	Nein
Schallgeschwindigkeit [m/s]	1500 (festgeschrieben)
Salzgehalt [psu]	0
Schräger Abstrahlwinkel [°]	25
Fehlaustrichtung des Strahls [°]	-23

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 18 von 193

Bei der Erhebung qualitativer Daten mittels ADCP sind einige Einschränkungen zu berücksichtigen. Dies liegt an Folgendem:





- Unmöglichkeit, die gesamte Wassersäule zu messen (Abbildung 2-2).
- Nahe der Wasseroberfläche gibt es eine Totzone (blanking area). Diese ist auf die Tiefe des ADCP unter der Wasseroberfläche und das „blanking after transmission“ zurückzuführen. Denn zum Registrieren eines ersten Wertes benötigt das Gerät eine gewisse Entfernung.
- Aufgrund von Seitenkeuleninterferenzen für die Geschwindigkeitsdaten gibt es in Flussbettnähe eine Totzone. Zur Gewinnung von SSK-Daten bezogen auf diese Totzone werden Daten des vertikalen Strahls (Echolot) herangezogen.
- Empfindlichkeit der akustischen Rückstreuung gegenüber Luftblasen und Turbulenzen aufgrund von Schiffsmanövern (und ähnlichen Interferenzen). Dies führt dazu, dass fehlerhafte und unzuverlässige Daten aufgezeichnet werden.

2.3.2.2 DGNSS

Mithilfe eines Advanced-Navigation-DGNSS-Systems wurde ein präziser Kurs erfasst. Für die Positionierung wurde dasselbe DGNSS-System verwendet. Es war vollständig in die ADCP-Erfassungssoftware integriert. Technische Einzelheiten des Advanced-Navigation-DGNSS sind in Anhang A.2 aufgeführt.

2.3.2.3 SiltProfiler

Dieses Gerät ist eine Eigenentwicklung von IMDC (Abbildung 2-6). Es dient zum sofortigen Messen vertikaler Profile (Voreinstellung der Aufnahme Frequenz auf 50 Hz). Dies ermöglicht es dem Untersuchungsschiff, schnell wieder seinen Kurs einzunehmen. Ebenso kann es eine große Anzahl von vertikalen Profilen in einem kurzen Zeitbereich für einen festen Standort erfassen. Darüber hinaus hat der SiltProfiler einen außergewöhnlich großen und einzigartigen Trübungsmessbereich. Er ist das Ergebnis einer Kombination verschiedener Arten von optischen Sensoren. Der SiltProfiler verfügt zudem über Sensoren (für Leitfähigkeit, Temperatur und Tiefe) zur Messung des Salzgehalts. Technische Einzelheiten des SiltProfilers sind in Anhang A.3 aufgeführt.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 19 von 193

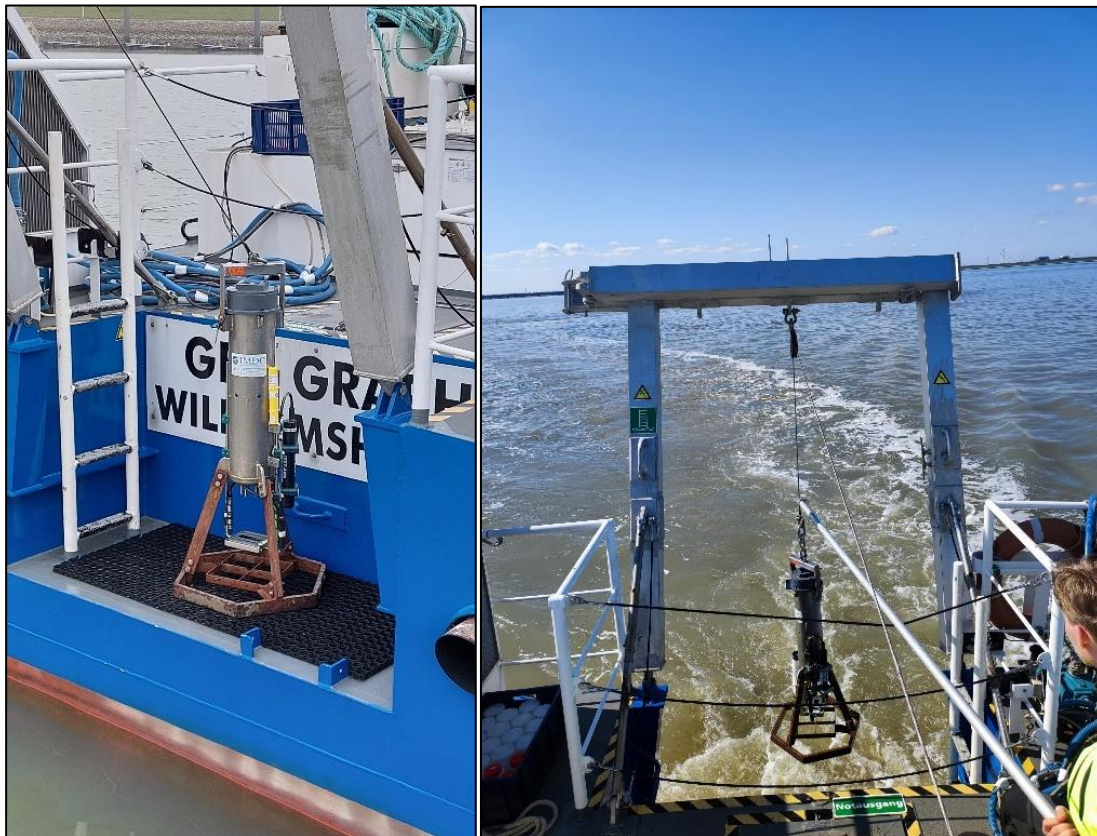


Abbildung 2-6: SiltProfiler, eingesetzt vom Untersuchungsschiff MV GEO GRAPH aus.

2.3.2.4 CTD-Taucher

Leitfähigkeit, Temperatur und Tiefe wurden mit einem Van-Essen-CTD-Taucher gemessen. Mit den Daten wird das akustische Signal des ADCP für die Brechung korrigiert. Als Back-up wurde auch ein CTD-Taucher auf dem SiltProfiler angebracht. Er wurde so programmiert, dass er bei 1 Hz messen kann. Technische Einzelheiten des CTD-Tauchers sind in Anhang A.6 angegeben.

2.3.2.5 Wasserprobenehmer

Zur Wasserentnahme aus der gewünschten Tiefe (Abbildung 2-7) diente ein an eine Wasserpumpe an Deck angeschlossener Wasserschlauch. Bei der Einsatzvorbereitung wurde die Vorlaufzeit der Pumpe auf 17 Sekunden festgelegt. Der Einlass des Wasserschlauchs wurde an der Referenz OBS-3A angebracht, um die Tiefe in Echtzeit ablesen zu können. Die Proben wurden in 1-Liter-Probenahmeflaschen gesammelt.




  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 20 von 193



Abbildung 2-7: Wasserpumpe zum Entnehmen von Wasserproben, ausgestattet mit einem OBS-3A nahe des Wasserschlaucheinlasses.

2.3.2.6 OBS-3A



Beim Messen der Wassertiefe (m), der Temperatur (°C) und der Trübung (NTU) kam ein Campbell Scientific OBS-3A zum Einsatz. Das Gerät wurde am Einlass des Wasserschlauchs der Wasserpumpe montiert (Abbildung 2-7) und als Referenz für die Kalibrierung der Wasserproben verwendet. Die Messfrequenz war auf 2 Hz eingestellt.

Technische Einzelheiten des OBS-3A sind in Anhang A.4 aufgeführt.

2.3.3 Einsatzvorbereitung

Bei der Einsatzvorbereitung des Untersuchungsschiffes wurde die Überwachungsgeräte im Hafen überprüft und getestet, um die korrekte Funktion und Installation der Instrumente an Bord zu überprüfen:

- Alle Geräte (2.3.2) und Materialien wurden vor dem Transport zum Schiff bei IMDC überprüft und getestet.
- Alle Instrumente (2.3.2) und Materialien wurden bei der Einsatzvorbereitung am 28.03.2023 und 04.04.2023 überprüft und getestet.
- Dabei wurden mit dem SiltProfilier mehrere Trübungsprofile erstellt.
- Auch erfolgte dabei eine ADCP-Erfassung mit ausgebrachtem Moonpool.

	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 21 von 193

- Der Wasserprobenehmer wurde getestet und die Pumpzeit aufgezeichnet.

Eine Übersicht über die verwendeten Umrechnungsfaktoren/Verifizierungen ist in Tabelle 2-3 zu finden.

Tabelle 2-3: Liste der Umrechnungsfaktoren und Verifizierungen für die verschiedenen verwendeten Instrumente.

Umrechnung/Verifizierungen	
Tiefe des ADCP (m)	1,65 unter der Wasserlinie
ADCP-Strahlausrichtung (°)	-23
Umrechnungsfaktor GPS zum ADCP (m):	
x	-3,27
y	-2,26
z	6,87
Probenahmeverlaufzeit Wasserpumpe (Sekunden)	17

Positionierung:

- Horizontale GNSS-Daten werden in WGS84 aufgezeichnet und bei der Verarbeitung in UTM32N-WGS84 konvertiert.
- Die Umrechnung von Wassertiefe in m ü. NHN (Normalhöhennull) erfolgt anhand von Daten aus den Gezeitenmessungen an der Pegelstation Hooksielplate.


Vor dem Befahren/Starten der Gezeitenverlaufsmessungen erfolgte Folgendes:

- Befahren der ADCP-Transekte zu mögliche Störfaktoren (z.B. Luftblasen , magnetische Variation, ...) und zu Optimierungszwecken (Geschwindigkeit).
- Parallel dazu wurde eine Ausbringung und Bergung simuliert, um die Zweckmäßigkeit der entsprechenden Vorgehensweisen sicherzustellen.
- Es wurde jeweils eine formlose Sicherheitsbesprechung (toolbox talk) abgehalten.

2.4 Stationäre Messungen – Messungen mit dem Gestell

Um Daten über einen gesamten Nipp-Spring-Gezeitenzyklus zu erhalten, wurde für einen Zeitraum von 33 Tagen auf dem Meeresboden im Projektgebiet ein Gestell installiert. Nach 18 Tagen wurden die Daten vom Überwachungsgerät heruntergeladen, die Sensoren gereinigt und die Batterien gewechselt.

Das Meeresbodengestell war mit Folgendem ausgestattet: mit einem ADCP zur Erfassung des Strömungsprofils in der gesamten Wassersäule, einem Aquadopp für die Strömungen im untersten Teil der

	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 22 von 193

Wassersäule in Meeresbodennähe, einem LISST-AOBS für Schwebstoffkonzentrationen, einem CTD-Taucher für Salzgehaltmessungen in Meeresbodennähe und einem OBS-3A für Trübungsmessungen.

2.4.1 Methodik

Mittels eines auf dem Meeresboden installierten Gestells wurden stationäre Langzeitmessungen an den vorgegebenen Überwachungsstandorten durchgeführt. Mit den erhobenen Daten werden die metoceanen Bedingungen und der bodennahe Sedimenttransport im Untersuchungsgebiet bestimmt. Es wurden folgende Parameter gemessen:

- Strömungen (Geschwindigkeiten und Richtung).
- Vertikales Profil über die Wassersäule hinweg.
- In Meeresbodennähe.
- Leitfähigkeit/Salzgehalt.
- Trübung/Schwebstoffkonzentrationen (SSK) in Meeresbodennähe.
- Wellen (Wellenrichtung, signifikante Wellenhöhe und Wellenperiode).

Alle Instrumente waren auf eine Aufzeichnung der Daten in einem 10-Minuten-Intervall programmiert, mit Ausnahme der Wellendaten, die alle 30 Minuten aufgezeichnet wurden.

Das Monitoring-Setup und das auf dem Meeresboden installierte Gestell sind in Abbildung 2-8 abgebildet, mit einer Markierungsboje und einem speziellen Vertäusystem zum Einholen des Gestells. Es gab keine Echtzeit-Fernerfassung der Daten. Die Daten wurden einmal nach 18 Tagen und erneut beim endgültigen Einholen des Gestells heruntergeladen.

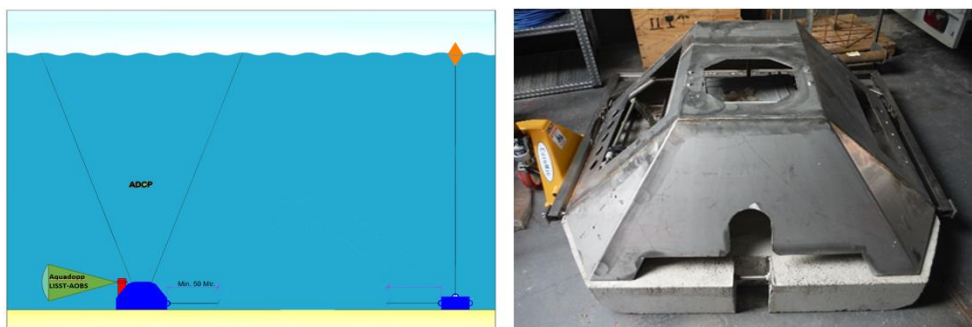





Abbildung 2-8: Gesamtkonstruktion des Gestells für die Messungen am Meeresboden (links); auf dem Meeresboden installiertes Gestell (rechts).

2.4.2 Ausrüstung

Folgende Überwachungsinstrumente waren auf dem Überwachungsgestell montiert:

- Signature 500 ADCP (Nortek) – aufwärts gerichtet.
- Aquadopp Profiler 2 MHz – seitwärts gerichtet.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 23 von 193

- LISST-AOBS.
- CTD.
- OBS-3A.

Weitere technische Einzelheiten zu den Überwachungsgeräten sind in Anhang A zu finden. Die Gestellkonstruktion wurde von einem geeigneten Schiff in einem jeweils geeigneten Wetterfenster ausgebracht, umgesetzt und eingeholt. Folgende Schiffe wurden eingesetzt (Abbildung 2-9):

- WULF 9: Zur Ausbringung des Meeresbodengestells am 27.02.2023.
- WULF 4: Zur Einholung und Umsetzung des Meeresbodengestells am 17.03.2023.
- WULF 4: Zur Einholung des Meeresbodengestells am 31.03.2023.




Weitere technische Einzelheiten zu den Überwachungsgeräten und -schiffen sind in Anhang A.8 und Anhang A.9 zu finden.



Abbildung 2-9: Die Schlepper Wulf 4 (links) und Wulf 9 (rechts) zum Ausbringen und Einholen des Gestells.

2.4.2.1 ADCP

Die Strömungsmessungen erfolgten mit einem Nortek Signature ADCP 500 kHz mit einem schrägen Abstrahlwinkel von 25°, ausgestattet mit einem Bodenspurmodul und einem fünften vertikalen Echolotstrahl. Zur Stromversorgung des ADCP wurde auf dem Gestell eine externe Batterie montiert. Der ADCP wurde in einen Gimbal gelegt und am Meeresbodengestell befestigt (Abbildung 2-10). Der Gimbal diente zum Stabilisieren und Halten des ADCP in möglichst vertikaler Position. Unterhalb des ADCP, der am Gimbal befestigt war, wurde ein Gegengewicht angebracht.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 24 von 193

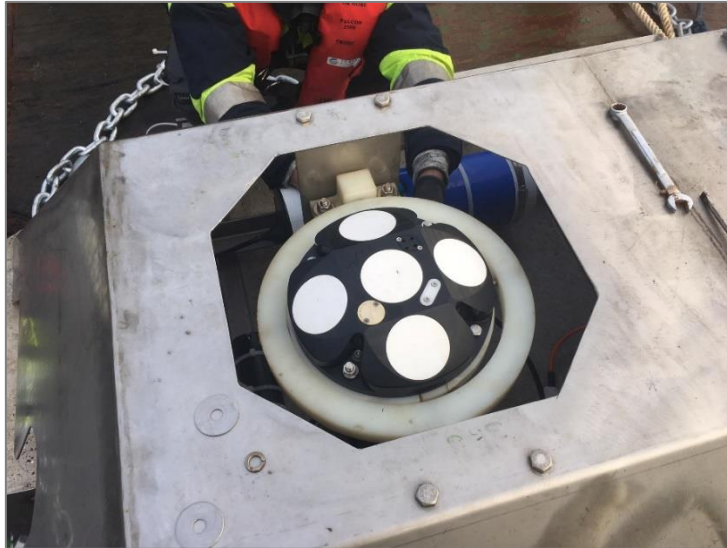


Abbildung 2-10: Am Meeresbodengestell in einem Gimbal (weißer Ring) befestigter ADCP.

2.4.2.2 Aquadopp Profiler 2 MHz

Die Strömungsmessungen in Meeresbodennähe wurden mit einem Nortek Aquadopp Profiler (Abbildung 2-11) durchgeführt. Der Aquadopp ist ein ADCP-Typ, der in der Lage ist, die Strömungsgeschwindigkeit und -richtung basierend auf der Dopplerverschiebung zu messen. Zudem ist er für stationäre Messungen ausgelegt. Zur Stromversorgung des Aquadopp wurde auf dem Meeresbodengestell eine externe Batterie montiert.

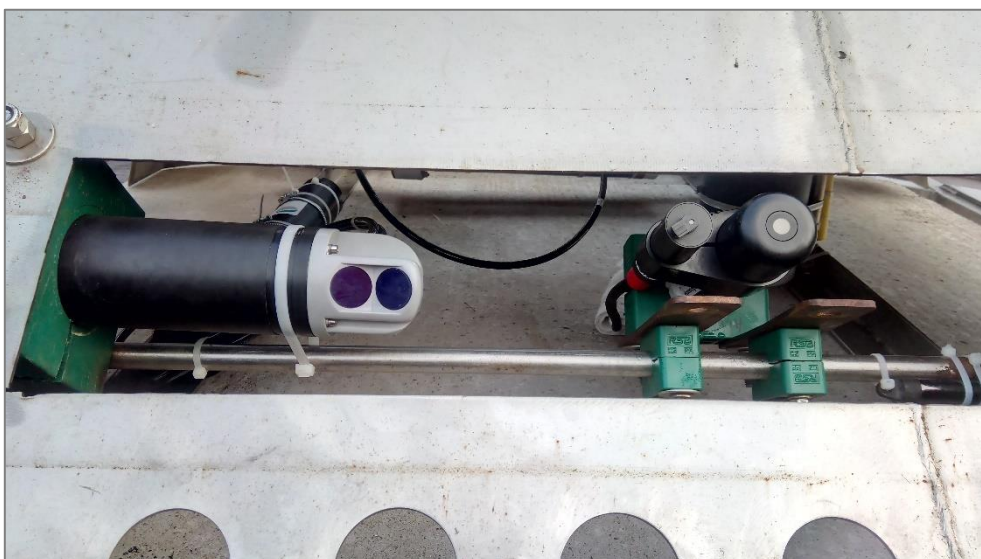






Abbildung 2-11: Am Meeresbodengestell befestigter Aquadopp (links) und LISST-AOBS (rechts) mit nach außen weisenden Sensoren. Der LISST-AOBS besteht aus einem akustischen ABS-Sensor (rechts) und einem optischen OBS-Sensor mit Abstreifer (direkt links vom ABS).

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 25 von 193

2.4.2.3 LISST-AOBS



Die Schwebstoffkonzentrationen (SSK) in der Wassersäule in Meeresbodennähe wurden mithilfe eines LISST-AOBS (Abbildung 2-11) gemessen. Das Funktionsprinzip des LISST-AOBS besteht im Koppeln eines LISST-ABS-Sensors mit einem Trübungssensor (OBS). Dabei wird ein Gewichtsfaktor berücksichtigt. Damit wird ein einziger, kombinierter Output der beiden Sensoren geschaffen. Nach dem Koppeln behält das LISST-AOBS eine nahezu konstante Kalibrierung für SSK über einen weiten Korngrößenbereich bei (die Sensoren sind empfindlicher für gröbere Körnungen). Die Daten wurden mit einem externen Tauch-Datenlogger (vom Typ X2-SDL Nexens) gespeichert. Zudem wurde darüber das LISST-AOBS mit Strom versorgt.

2.4.2.4 CTD

Leitfähigkeit, Temperatur und Tiefe wurden mit einem Van-Essen-CTD-Taucher gemessen. Mit den Daten wurde das akustische Signal des ADCP für die Brechung korrigiert.

2.4.2.5 OBS-3A

Beim Messen der Wassertiefe, der Temperatur und der Trübung kam ein Campbell Scientific OBS-3A zum Einsatz. Aus den Daten wurden Schwebstoffkonzentrationen abgeleitet (für kleinere Korngrößen).

	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 26 von 193

3 Erhebung der Messdaten

3.1 Mobile Messungen – Gezeitenverlaufsmessungen

3.1.1 Übersicht über die Aktivitäten

Tabelle 3-1 bietet eine Übersicht über die Gezeitenverlaufsmessungen. Während der ersten Messkampagne herrschten Nipptidenbedingungen. Bei der zweiten hingegen dominierten Springtidenbedingungen.

Tabelle 3-1: Übersicht Gezeitenverlaufsmessungen

Kampagnen-Nr.	Datum	Startzeit (UTC)	Endzeit (UTC)	Schiff	Gezeitenkoeffizient
1	29.03.2023	05:09	17:53	MV GEO GRAPH	0,89
2	05.04.2023	05:13	18:10	MV GEO GRAPH	1,19



3.1.2 Hydrometeorologische Bedingungen

3.1.2.1 Gezeitenhöhe

Die Gezeitendaten stammen von der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV), zu finden unter <https://www.pegelonline.wsv.de/>. Die Angabe erfolgte in Meter über Normalhöhennull (m ü. NHN). Die beobachtete Gezeitenhöhe an der Pegelstation Hooksielplate während beider Messkampagnen ist in Tabelle 3-2 angegeben.

Tabelle 3-2 Übersicht über die Gezeitenhöhe und die Gezeitenamplitude am 29.03.2023 und 05.04.2023 (<https://www.pegelonline.wsv.de/>)

		Zeit [UTC]	Gezeitenhöhe [m ü. NHN]	Gezeitenamplitude [m]
29.03.2023	LW	04:17	3,8	2,9
	HW	10:13	0,9	
	LW	16:31	3,9	3,0
05.04.2023	HW	05:30	0,2	4,0
	LW	11:39	4,2	
	HW	17:47	0,3	3,9

	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 27 von 193

3.1.2.2 Meteorologische Daten

Tabelle 3-3 bietet eine Übersicht über die meteorologischen Bedingungen während beider Messkampagnen. Insgesamt waren die Wetterbedingungen für die Durchführung von Gezeitenverlaufsmessungen gut. Auch die Wellenbedingungen waren optimal, da der Wellenhöhen während beider Kampagnen nicht höher als 0,3 m waren.

Tabelle 3-3: Übersicht über die mobilen Messungen der meteorologischen Daten ²




Parameter		Nipptidenbedingungen	Springtidenbedingungen
Temperatur [°C]	Maximalwert	10	8,3
	Minimalwert	3,9	1,7
	Durchschnitt	6,7	6,7
Niederschlag [mm]		0	0
Wind [m/s]	Durchschnittsgeschwindigkeit	4,9	4,9
	Richtung	S-SSW	N-O
Druck [hPa]		988	1022

3.1.3 Datendateien

Die bereitgestellten Dateien haben die Endung „.txt“. Sie werden in einem Standard-Format von IMDC geliefert. Das Standard-Datenformat von IMDC enthält eine Kopfzeile (Zeilenanfang, der mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet ist. Diese Kopfzeile erläutert, welche Informationen angegeben werden. Das IMDC-Format ist durch Leerzeichen getrennt. Die Dateien sind nach Messgerät geordnet und je Kampagne in einem Unterverzeichnis abgelegt.

- Daten des ADCP
 - Z. B. „102159_20230329T092659UTC.txt“.
 - Benennung: ADCP S/N _ Zeitstempel in UTC.
- Daten des CTD
 - Z. B. „CTD_X4056_SPWHV_230329175704.txt“.

² Wunderground (2023), “Weather Forecast & Reports.”

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Metoceane Kampagne	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU		Seite 28 von 193

- Benennung: Messgerätename _ Messgeräte-ID _ Installationsstandort _ Zeitstempel in UTC.
- Der CTD wurde auf dem SiltProfiler montiert. Daher sind die Koordinaten identisch.
- Trübungsprofile (SiltProfiler)
 - Z. B. „SP_1003A.txt“.
 - Benennung: Profil-ID + Ort (a, b, c).
- Trübungsdaten (OBS-3A beim Pumpeneinlass)
 - Z. B. „OBS3A_20230329_060223_1001c.txt“.
 - Benennung: Messgerätename _ Zeitstempel in UTC – Profil-ID + Standort (a, b, c).
- Gezeitendaten
 - Z. B. „Tide_Hooksielplate.txt“.
 - Benennung: Name des Messstandorts.





3.2 Stationäre Messungen – Messungen mit dem Gestell

3.2.1 Übersicht über die Aktivitäten

Das Meeresbodengestell war vom 27.02.2023 bis zum 31.03.2023 ausgebracht. Die Koordinaten der Ausbringungsstandorte sind unter Tabelle 3-4 zu finden. Die Sedimentproben wurden bei der ersten Ausbringung (Probe 1) und bei der letzten Erhebung (Probe 2 und 3) entnommen. Die Koordinaten und Abbildungen von den Proben sind in Anhang F.4 zu finden.

Tabelle 3-4: Koordinaten der Ausbringungsorte des Meeresbodengestells.

Bezeichnung	O (UTM32 – WGS84)	N (UTM32 – WGS84)	LAT (ttmmss – WGS84)	LÄNGE (ttmmss – WGS84)
Meeresbodengestell – theoretisch	442193	5943211	53° 38' 4.165" N	8° 7' 32.701" O
Meeresbodengestell – Ausbringung 1	442182	5943212	53° 38' 4.171" N	8° 7' 32.113" O
Meeresbodengestell – Ausbringung 2	442220	5943186	53° 38' 3.372" N	8° 7' 34.158" O

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 29 von 193

Beim zwischenzeitlichen Einholen des Meeresbodengestells am 17.03.2023 wurden einige Verformungen/Schäden an den Metallplatten des Gestells festgestellt (Abbildung 3-1). Sämtliche Instrumente jedoch waren weiterhin intakt und in Funktion.

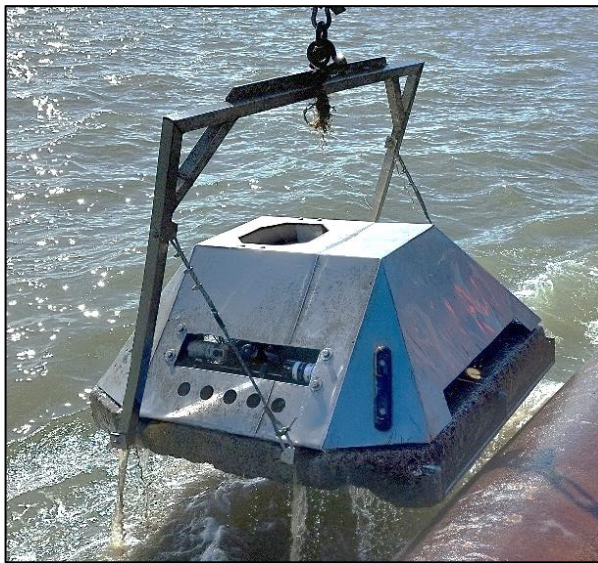


Abbildung 3-1: Verformung der rechten Metallflanke des Gestells, beobachtet beim zwischenzeitlichen Einholen.





3.2.2 Datendateien

Die bereitgestellten Dateien für die verarbeiteten Daten haben die Endung „.txt“. Sie werden in einem Standard-Format von IMDC geliefert. Das Standard-Datenformat von IMDC enthält eine Kopfzeile (Zeilenanfang, der mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet ist. Diese Kopfzeile erläutert, welche Informationen angegeben werden. Das IMDC-Format ist durch Leerzeichen getrennt.

Benennung der Dateien:

Standort-ID _ Startzeit in UTC _ Endzeit in UTC _ Messgerät _ (Methode).txt

- Daten des ADCP
 - Vertikale Profildaten:
 - Z. B. „F1_20230227_20230317_ADCP_Profile.txt“.
 - 1 Datei je Woche.
 - Über die Tiefe gemittelte Daten:
 - „F1_20230227_20230317_ADCP_averaged.txt“.
 - 1 Datei je Ausbringung.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 30 von 193

- Aquadopp-Daten
 - „F1_20230227_20230317_aquadopp.txt“.
 - 1 Datei je Ausbringung.

- Daten des CTD
 - „F1_20230227_20230317_CTD.txt“.
 - 1 Datei je Ausbringung.

- Daten des LISST-AOBS
 - „F1_20230227_20230317_lisstAOBS.txt“.
 - 1 Datei je Ausbringung.



- Daten des OBS-3A
 - „F1_20230227_20230317_OBS3A.txt“.
 - 1 Datei je Ausbringung.

- Gezeitendaten
 - „Tide_Hooksielplate.txt“.
 - 1 Datei je Ausbringung.

3.2.3 Hydrometeorologische Bedingungen

3.2.3.1 Gezeitenhöhe

Die Gezeitendaten stammen von der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV), zu finden unter <https://www.pegelonline.wsv.de/>. Die Angabe erfolgte in Meter über Normalhöhennull (m ü. NHN). Die beobachtete Gezeitenhöhe an der Pegelstation Hooksielplate während der Messung mit dem Gestell ist in Abbildung 3-2 angegeben.

	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 31 von 193

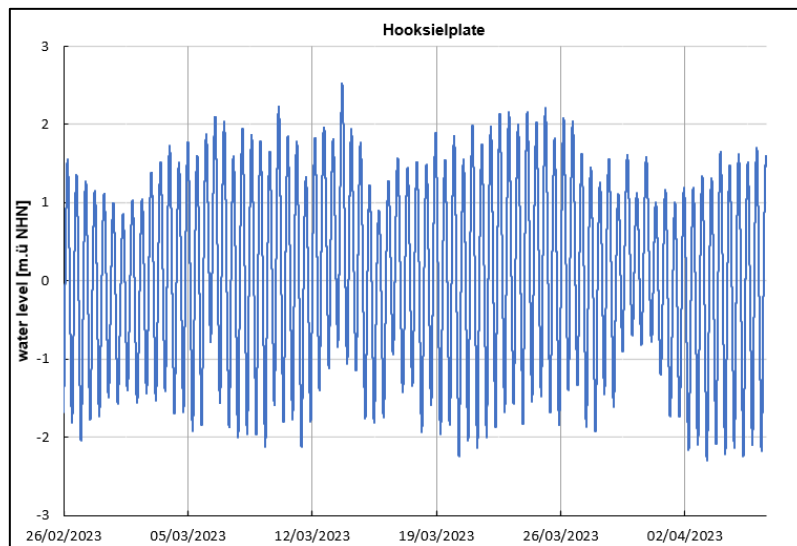


Abbildung 3-2: Vertikale Tide an der Pegelstation Hooksielplate in m. ü. NHN (26.02.–07.04.2023).




3.2.3.2 Meteorologische Daten

Tabelle 3-5 gibt eine Übersicht über die meteorologischen Bedingungen während des Ausbringens/Umsetzens/Einholens des Meeresbodengestells. Insgesamt waren die Wetterbedingungen zum Ausbringen/Einholen des Meeresbodengestells gut. Die Wellenbedingungen waren optimal (< 0,7 m).

Tabelle 3-5: Übersicht über die stationären Messungen der meteorologischen Daten ³

Parameter	27.02.	17.03.	31.03.
Temperatur [°C]	4	14	12
Niederschlag [mm]	0	0	0
Bedingungen	Bewölkt	Sonnig/bewölkt	Leichter Regen
Wind [km/h]			
Durchschnittsgeschwindigkeit	4	17	22
Böengeschwindigkeit	7	22	25
Richtung	O	S	SSW
Druck [hPa]	1031	1006,6	992,8

³ Wunderground (2023).

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 32 von 193

3.2.4 Hinweise zu den Daten

3.2.4.1 Ausbringung 1: 27.02.2023–17.03.2023

- Die aus dem ADCP abgeleiteten Wellenhöhen beruhen auf den gemessenen Druckdaten. Das hydrodynamische Drucksignal wird mit der Tiefe schwächer. Daher sinkt die Genauigkeit des Teils des Wellenspektrums bei Kurzwellenperioden (< 5 s).
- Aufgrund eines technischen Problems mit dem LISST-AOBS waren keine zuverlässigen Daten von diesem Gerät verfügbar. Es lagen auch Schwebstoffkonzentrationen (SSK) in Meeresbodennähe vom OBS-3A vor. Sie dienen als Backup.

3.2.4.2 Ausbringung 2: 17.03.2023–31.03.2023

- Die aus dem ADCP abgeleiteten Wellenhöhen beruhen auf den gemessenen Druckdaten. Das hydrodynamische Drucksignal wird mit der Tiefe schwächer. Daher sinkt die Genauigkeit des Teils des Wellenspektrums bei Kurzwellenperioden (< 5 s).
- Die Salzgehaltsdaten des CTD-Tauchers während des zweiten Ausbringungszeitraums wurden kurz nach der Ausbringung am 17.03.2023 als unzuverlässig eingestuft. Sie wurden daher aus dem Datensatz gelöscht. Höchstwahrscheinlich war der CTD-Taucher (zumindest teilweise) mit Sand bedeckt.
- Aufgrund eines technischen Problems mit dem LISST-AOBS waren nur Daten vom ABS-Sensor des Geräts verfügbar.
- Nach dem Einholen des Meeresbodengestells am 31.03.2023 wurde viel Sand im Gestellinneren festgestellt (siehe Abbildung 3-3). Nach eingehender Prüfung der Daten wurde der Schluss gezogen, dass das Meeresbodengestell während Ausbringung 2 in Hanglage positioniert war. Daher wurden die Daten entsprechend verarbeitet.







  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 33 von 193



Abbildung 3-3: Sand auf dem Boden des Meeresbodengestells, wie nach dem Einholen des Gestells am 31.03.2023 festgestellt.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 34 von 193

4 Datenverarbeitung und -visualisierung

4.1 Kalibrier-Messgeräte

4.1.1 ADCP

Die erhobenen Daten wurden mit einem von IMDC entwickelten halbautomatischen System verarbeitet. Mit diesem System lassen die aufbereiteten Daten und (Kontroll-)Zahlen sich schnell generieren. Darüber hinaus verhindert ein automatisiertes System durch Vermeiden von Benutzerinteraktionen jegliche Subjektivität bei der Bewertung der Daten. Die zugrunde liegenden Algorithmen basieren auf international gültigen Methoden und Standards. Es wurde die folgende Verarbeitungsreihenfolge befolgt:

1. Korrektur der Geschwindigkeitsdaten

- a. ADCP-Tiefe: Um die Daten auf die Wasserlinie zu beziehen, wurde ein konstanter Wert zu den Zellenhöhen addiert.
- b. Wasserstandsanzeige: Um die Höhen in vertikale Projektdaten umzuwandeln, wurde der Wasserstand ergänzt.
- c. Winkeldifferenz zwischen DGNSS und Bodenspur („Beam Misalignment“): Es wurde die durchschnittliche Winkelabweichung zwischen dem externen Kreiselkompass und der Bodenspur ermittelt. Diese Korrektur gewährleistet eine größtmögliche Ähnlichkeit des von der Bodenspur und des externen GPS zurückgelegten Wegs sowie die Richtigkeit der ermittelten Strömungsrichtungen ⁴.
- d. Schallgeschwindigkeit: Die Schallgeschwindigkeitsmessungen und Tiefenpositionen sind um die Brechung und Absorption der emittierten Schallwellen korrigiert ⁵.





2. Validierung der Daten auf Grundlage von Datenfiltern

- a. Nebenkeulenfilter: Die untersten 10 % der Daten des ADCP, also in Meeresbodennähe, sind aufgrund des Nebenkeuleneffekts unzuverlässig ⁶. Diese Daten wurden gelöscht.

⁴ RD Instruments, „User’s Guide: WinRiver / International Version 2003.“

⁵ RD Instruments, „User’s Guide: WinRiver / International Version 2003.“

⁶ RD Instruments, „User’s Guide: WinRiver / International Version 2003.“

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 35 von 193

- b. 3-Strahl-Lösung: Die Geschwindigkeitskomponenten werden aus mindestens drei guten Geschwindigkeitsmessungen abgeleitet ^{7, 8}.
- c. Fehlergeschwindigkeitsfilter: Die Fehlergeschwindigkeit ist ein Maß für die Qualität der horizontalen Geschwindigkeitsgröße. Sie wird anhand des vierten Strahls bestimmt. Die fehlerhaften Geschwindigkeitsdaten werden mithilfe eines globalen Medianfilters herausgefiltert ⁹.
- d. Vertikale Bootsgeschwindigkeit: Die vertikale Bootsgeschwindigkeit kann auf Wellenbewegungen zurückzuführen sein. Geschwindigkeitsdaten mit extremen vertikalen Bootsgeschwindigkeiten werden mithilfe eines globalen Medianfilters entfernt ¹⁰.
- e. Schiffswellenfilter: Vorbeifahrende Schiffe erzeugen Schiffswellen. Dies verfälscht die Geschwindigkeitsmessungen. Schiffswellen lassen sich automatisiert erkennen. Dies erfolgt mithilfe einer Kombination aus zwei Medianfiltern: einem globalen und einem progressiven zweidimensionalen Medianfilter.

3. Interpolierung und Mittelwertbildung der Daten





- a. Lineare Interpolierung von Meeresbodenhöhen und Fahrgeschwindigkeit: Falls für ein Ensemble keine Meeresbodenhöhen oder Fahrgeschwindigkeiten vorliegen, werden sie mittels linearer Interpolierung geschätzt. Das ermöglicht es, die Wassergeschwindigkeit zu berechnen.
- b. 2D-Interpolierung (gewichtete Interpolierung der inversen Distanz, Inverse Distance Weighted Interpolation): Die gefilterten Geschwindigkeitsdaten werden mit einer 2D-Interpolierung berechnet.
- c. Gleitender Durchschnitt: Die Daten werden basierend auf einem gleitenden Durchschnitt in horizontaler Richtung geglättet.

⁷ RD Instruments, "User's Guide: WinRiver / International Version 2003."

⁸ Mueller, "Qrev - Software for Computation and Quality Assurance of Acoustic Doppler Current Profiler Moving-Boat Streamflow Measurements - Technical Manual for Version 2.8."

⁹ Mueller, "Qrev - Software for Computation and Quality Assurance of Acoustic Doppler Current Profiler Moving-Boat Streamflow Measurements - Technical Manual for Version 2.8."

¹⁰ Mueller, "Qrev - Software for Computation and Quality Assurance of Acoustic Doppler Current Profiler Moving-Boat Streamflow Measurements - Technical Manual for Version 2.8."

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 36 von 193

Der Sedimentfluss (Flux) wurde nach Umwandlung der Rückstreuintensitäten in SSK berechnet. Dazu wird die korrigierte Rückstreuung mit den SSK-Ergebnissen aus Wasserproben und vom OBS-Sensor korreliert. Zunächst wird die Rückstreuung des ADCP nach dem Nortek-Verfahren und gemäß der folgenden Formel um die Absorption korrigiert ¹¹:

$$\text{Log}_{10}\text{SSK}(r) = \{\text{dB} + 2r\alpha - K_s\}S^{-1}$$

SSK = Schwebstoffkonzentration in der Tiefe r.

R = Abstand vom Schallwandler entlang der akustischen Achse des Strahls

S = relativer Rückstreuoeffizient.

Ks = Standort- und Messgerätekonstante.

dB = die gemessene relative Rückstreuung, korrigiert um die sphärische Streuung nach dem Nortek-Verfahren.

α = Absorptionskoeffizient.

Zur Berechnung des Absorptionskoeffizienten α werden die erhobenen Salzgehalts- und Temperaturdaten benötigt. Die Proben wurden im Bereich der zuverlässigen Daten des ADCP entnommen, um die Kalibrierkoeffizienten (Ks und S) zu definieren. Um für jede Probe unabhängige Messungen der Schwebstoffkonzentration zu erhalten, erfolgte die Wasserprobenahme zusammen mit OBS-Messungen.




4.1.2 Trübungssensoren (SiltProfiler & OBS-3A)

Tabelle 4-1 korreliert die beiden Trübungssensoren und die SSK der Wasserproben. Für jede der Proben wurde eine Wasserprobe in der gewünschten Tiefe entnommen, während beide Trübungssensoren die Daten aufzeichneten. Diese Proben wurden im Labor hinsichtlich der SSK-Werte analysiert. Anschließend erfolgte eine Korrelation mit den entsprechenden Trübungswerten des SiltProfilers und des OBS-3A.

Tabelle 4-1: Korrelationskoeffizienten zwischen den SSK-Werten der Wasserproben und sowohl dem SiltProfiler als auch dem OBS-3A

	Korrelationskoeffizient	R ²
SiltProfiler	0,8161	0,9624
OBS-3A	1,2281	0,9636

¹¹ DRL, "Sediview Procedure Manual."

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 37 von 193

4.1.3 Aquadopp

Die vom Aquadopp erhobenen Daten wurden mit einem von IMDC entwickelten halbautomatischen System verarbeitet.

4.1.4 LISST-AOBS

Das Funktionsprinzip des LISST-AOBS besteht im Koppeln eines LISST-ABS mit einem optischen Trübungssensor (OBS). Dabei wird der vom Hersteller angegebene Gewichtungsfaktor berücksichtigt. Damit wird ein einziger, kombinierter Output der beiden Sensoren geschaffen. Nach dem Koppeln behält das LISST-AOBS eine nahezu konstante Kalibrierung für SSK über einen weiten-Korngrößenbereich bei.

4.2 Laboranalyse der Wasserproben

Die Wasserproben wurden vom Sedimentlabor von Flanders Hydraulics Research auf die Schwebstoffkonzentration (SSK) analysiert, gemäß ¹². Insgesamt wurden 26 Wasserproben analysiert.

Die Ergebnisse dieser Analyse sind in Anhang C zu finden.

4.3 Laboranalyse der Sedimentproben

Die Sedimentproben wurden vom Sedimentlabor von Flanders Hydraulics Research auf zahlreiche Parameter analysiert, gemäß ISO ¹³. Insgesamt wurden drei Meeresbodenproben auf die folgenden Parameter analysiert: Korngröße, Nass- und Trockenschüttdichte. Sedimentproben wurden am 17.03.2023 und am 31.03.2023 entnommen.

Die Ergebnisse dieser Analyse und die genauen Standorte der Probenahme sind in Anhang F zu finden.

4.4 Datenvisualisierung





4.4.1 Mobile Messungen – ADCP-Diagramme

Abbildung 4-1 und Abbildung 4-2 zeigen beispielhaft vom ADCP aufgezeichnete Daten. Eine vollständige Übersicht über die Daten des ADCP pro zurückgelegtem Transekt findet sich in Anhang D.1 und D.2.

Die erste Reihe an Abbildungen gibt eine Übersicht über die Geschwindigkeits- und Richtungsmessungen des ADCP. Darin enthalten ist eine Übersicht über die absolute Durchflussmenge (von 0 bis 1,5 m/s bei





¹² ISO, "Water Quality - Determination of Suspended Solids by Filtration through Glass-Fibre Filters."

¹³ ISO, "Water Quality - Determination of Suspended Solids by Filtration through Glass-Fibre Filters."

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 38 von 193

Nipptidenbedingungen bzw. von 0 bis 2 m/s bei Springtidenbedingungen) sowie die Strömungsrichtung (von 0 bis 360° nordwärts) über die gesamte Wassersäule hinweg. In jedem dieser Diagramme stellt die vertikale Achse die Wassertiefe in m ü. NHN dar. Die horizontale Achse steht für die zurückgelegte Strecke entlang des theoretischen Transekts. Zusätzlich wird eine über die Tiefe gemittelte Geschwindigkeit genannt sowie eine allgemeine Übersicht über die zurückgelegte Fahrstrecke entlang des Transekts gegeben. Zudem wird die Gezeitenhöhe am Messtag angegeben. Dabei werden die Anfangs- und die Endzeit des zurückgelegten Transekts als zwei rote vertikale Linien visualisiert. Die Abbildung zeigt auch das Datum und die Uhrzeit der Messung.

Der zweite Abbildungssatz zeigt die Geschwindigkeit senkrecht zum Transekt im Bereich von -1,5 bis 1,5 m/s bei Nipptidenbedingungen und -2 bis 2 m/s bei Springtidenbedingungen (Hinweis: Es handelt sich um relative Geschwindigkeiten. Hierbei wird Ebbe als positiv und Flut als negativ verstanden). Abbildung 4-2 zeigt zudem die Schwebstoffkonzentration (im Bereich von 0–300 bzw. 0–500 mg/l bei Nipp- bzw. Springtide) und den Flux (im Bereich von -300 bis 300 und -500 bis 500 kg/s für Nipp- bzw. Springtidenbedingungen) in der gesamten Wassersäule. Auch hier stellt die vertikale Achse die Wassertiefe in m ü. NHN dar und die horizontale Achse bietet eine Übersicht über die zurückgelegte Strecke entlang des Transekts. Zudem wird die Gezeitenhöhe am Messtag angegeben. Dabei werden die Anfangs- und die Endzeit des zurückgelegten Transekts als zwei rote vertikale Linien visualisiert. Die Abbildung zeigt auch das Datum und die Uhrzeit der Messung.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 39 von 193

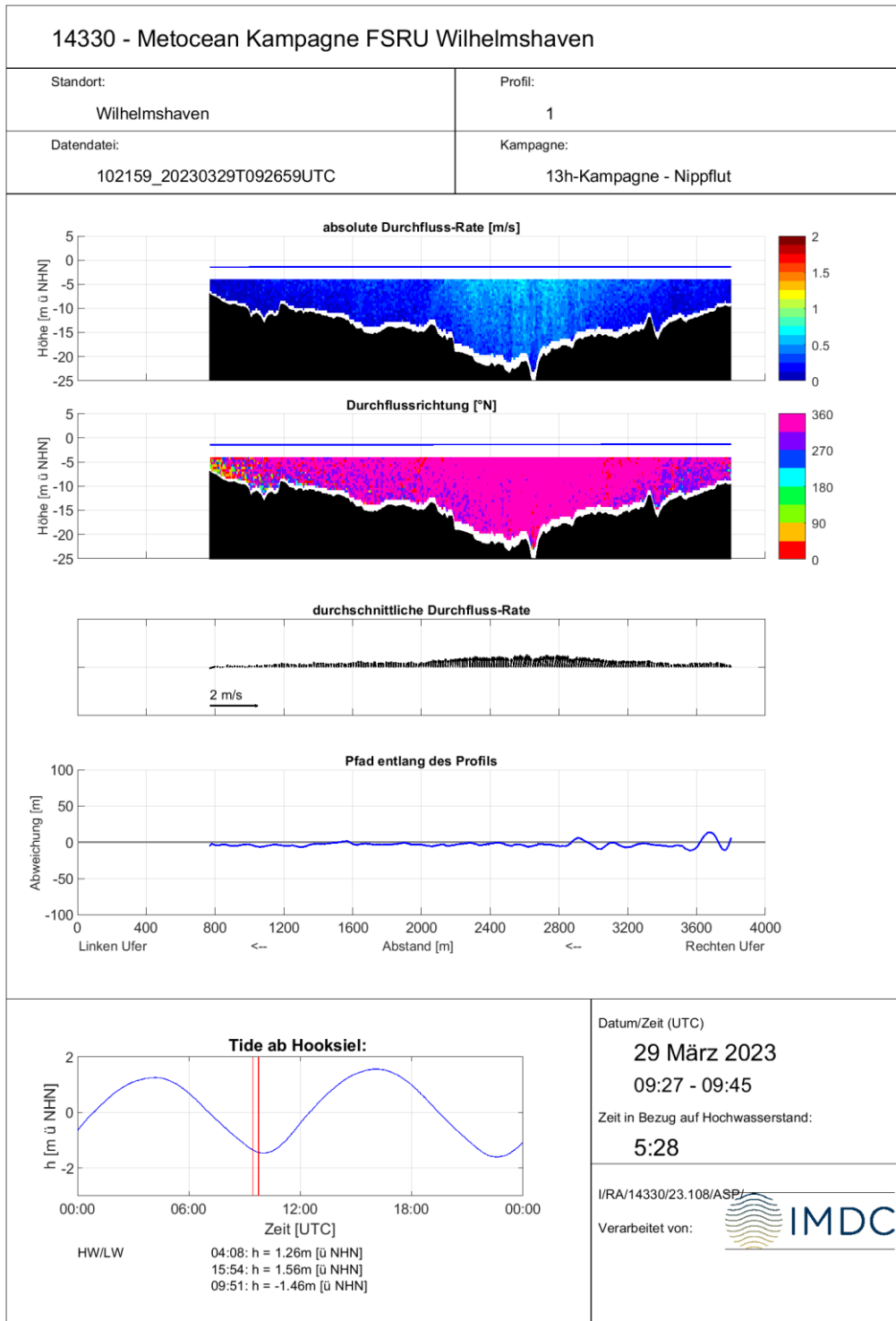






Abbildung 4-1: ADCP-Diagramm mit Geschwindigkeits- und Richtungsmessungen.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 40 von 193

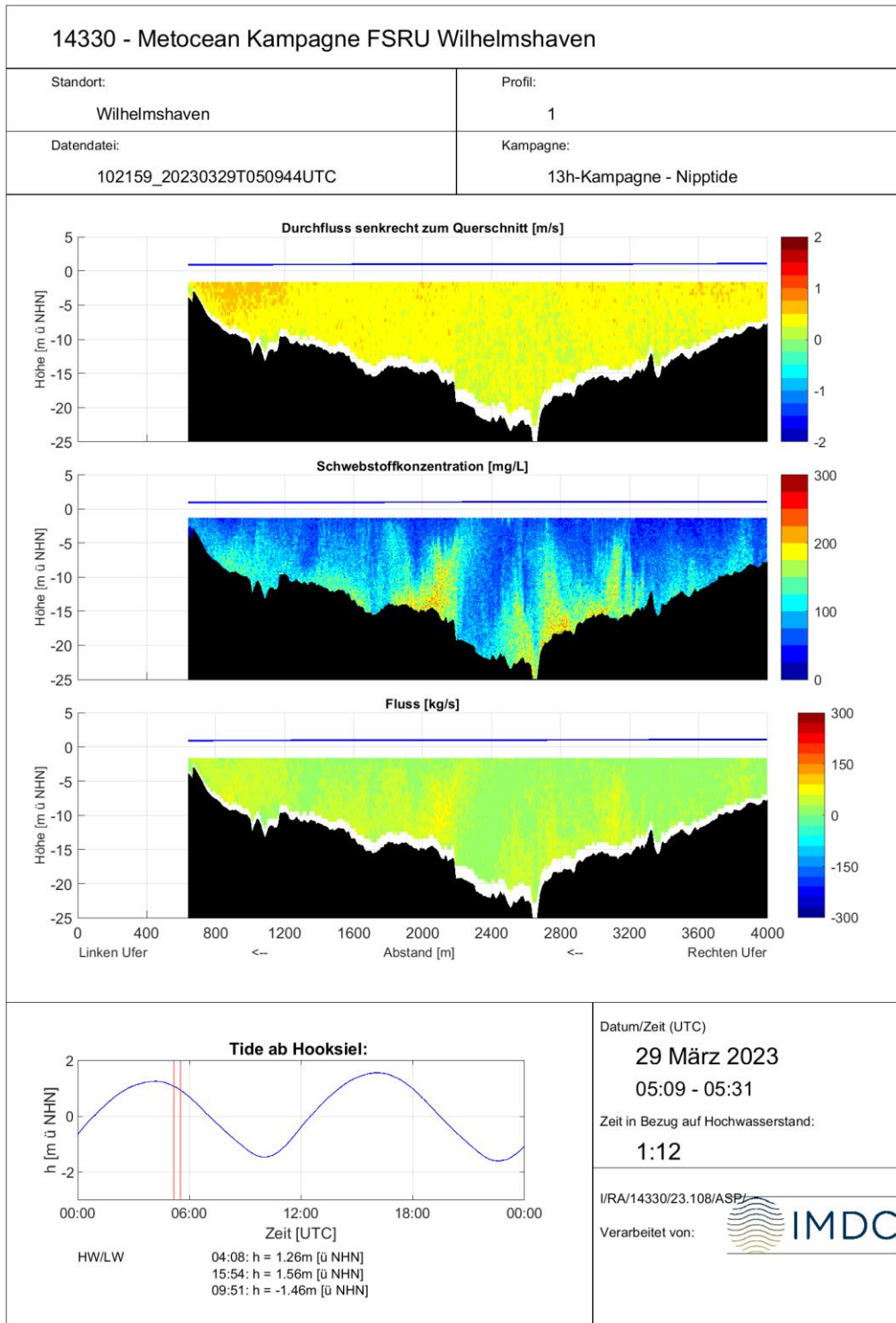

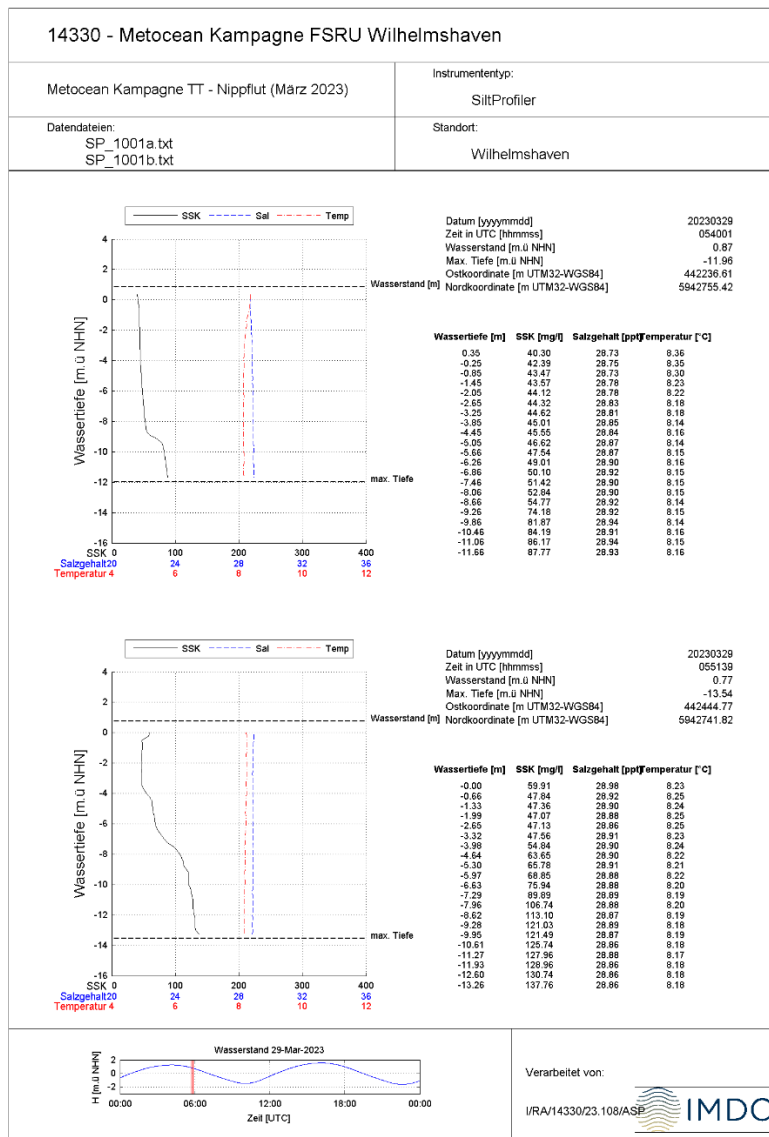


Abbildung 4-2: Diagramm mit senkrechter Geschwindigkeitskomponente, SSK und Flux, abgeleitet aus ADCP-Daten.

	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 41 von 193

4.4.2 Mobile Messungen – SiltProfiler-Diagramme

Abbildung 4-3 und Anhang E geben eine Übersicht über die Diagramme mit den Daten des SiltProfiler. Jedes Diagramm zeigt vertikale Profile mit Informationen über die Schwebstoffkonzentration (schwarz), den Salzgehalt (blau) und die Temperatur (rot). Zudem wird für jedes dieser Profile eine Tabelle mit den Messwerten sowie dem genauen Zeitpunkt und den Koordinaten des Profils vorgestellt. Am unteren Rand jeder Abbildung steht eine Übersicht über die Gezeitenhöhe am Messtag. Die roten vertikalen Linien im Diagramm stehen für die Startzeiten der Profile.



	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 42 von 193

4.4.3 Stationäre Messungen – ADCP-Diagramme

Die Abbildungen in Anhang G visualisieren die vom ADCP aufgezeichneten Daten. Jede Abbildung zeigt eine Zeitreihe von sieben Messtagen (Abbildung 4-4). Das Diagramm oben in der Abbildung visualisiert die Strömungsgeschwindigkeit in der gesamten Wassersäule, entsprechend der Aufzeichnung mit dem ADCP im 10-Minuten-Intervall. Die Geschwindigkeitswerte sind in verschiedenen Farben dargestellt. Sie erstrecken sich von 0 m/s (blau) bis 1,75 m/s (rot). Das Diagramm am unteren Rand visualisiert die Strömungsrichtung in Grad nach Norden. Auch ihre Darstellung erfolgt in verschiedenen Farben (Legende auf der rechten Seite des Diagramms). Die horizontale Achse dieser Diagramme steht für den Zeitpunkt der Aufzeichnung. Die vertikale Achse stellt die Entfernung vom Meeresboden in Metern dar. Eine schwarz gestrichelte Linie über den Daten des ADCP visualisiert die Höhe des Wasserspiegels. Die weiß dargestellte Totzone (blanking area) gleich unterhalb der Wasseroberfläche und direkt über dem Meeresboden ist auf unzuverlässige Daten nahe des Schallwandlers zurückzuführen, der zur Installationshöhe des ADCP über dem Meeresboden hinzugefügt wurde, und auf unzuverlässige Daten in der Nähe der Wasseroberfläche. Diese Totzonen sind auf das Messprinzip des ADCP zurückzuführen.

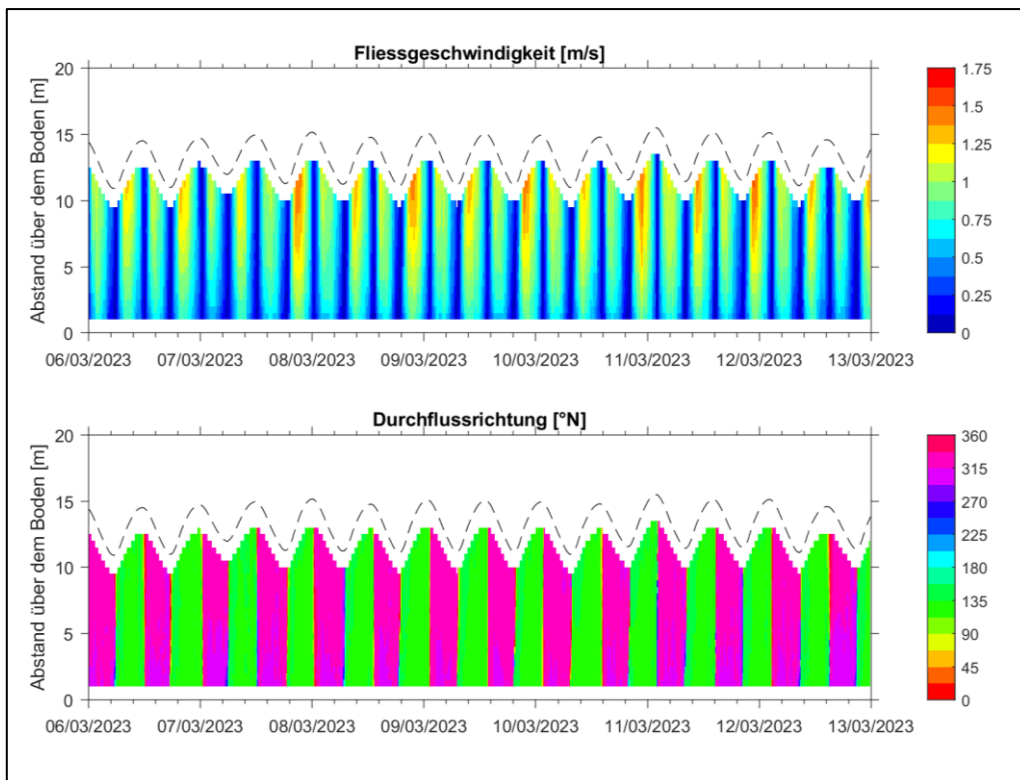






Abbildung 4-4: Strömungsgeschwindigkeit (oben) und Strömungsrichtung (unten) gemessen vom ADCP.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 43 von 193

4.4.4 Stationäre Messungen – Zeitreihen-Diagramme





Anhang H visualisiert die Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeit und -richtung, des Salzgehalts, der Schwebstoffkonzentration und des Wasserstandes sowie die Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeit und -richtung, Wellenhöhe, -richtung und -periode. Die vertikale Achse für den Wasserstand ist auf der rechten Seite der Diagramme angegeben. Jede Abbildung zeigt eine Zeitreihe von sieben Messtagen bzw. einer Messwoche. Abbildung 4-5 zeigt eine beispielhafte Zeitreihe der Strömungsgeschwindigkeit und -richtung, des Salzgehalts, der Schwebstoffkonzentration und des Wasserstandes. Im ersten Diagramm ist die Strömungsgeschwindigkeit entsprechend der Messung mit dem Aquadopp (schwarze Linie) und dem ADCP (rote Linie) dargestellt. Die vertikale Achse auf der linken Seite steht für die beobachtete Strömungsgeschwindigkeit im Bereich von 0 bis 1,60 m/s.

Das zweite Diagramm zeigt eine Zeitreihe der beobachteten Strömungsrichtungen entsprechend der Messung mit dem Aquadopp (schwarz gepunktet) und ADCP (rot gepunktet). Die vertikale Achse auf der linken Seite stellt die Richtung von 0° bis 360° nach Norden dar.

Das dritte Diagramm visualisiert eine Zeitreihe des vom CTD beobachteten Salzgehalts (schwarze Linie). Die vertikale Achse auf der linken Seite stellt den Salzgehalt im Bereich von 0 bis 40 psu dar.

Das vierte und fünfte Diagramm visualisieren eine Zeitreihe von SSK-Werten, die mit dem OBS-3A (schwarze Linie im vierten Diagramm) und LISST-AOBS (schwarze Linie im fünften Diagramm) gemessen wurden. Die vertikale Achse auf der linken Seite dieser Diagramme liegt zwischen 0 und 2000 mg/l.

Die horizontale Achse dieser Diagramme steht für den Zeitpunkt der Aufzeichnung. In jedem Diagramm ist die Gezeitenhöhe (in hellblau) mit ihrer vertikalen Achse auf der rechten Seite des Diagramms als Referenz eingetragen.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 44 von 193

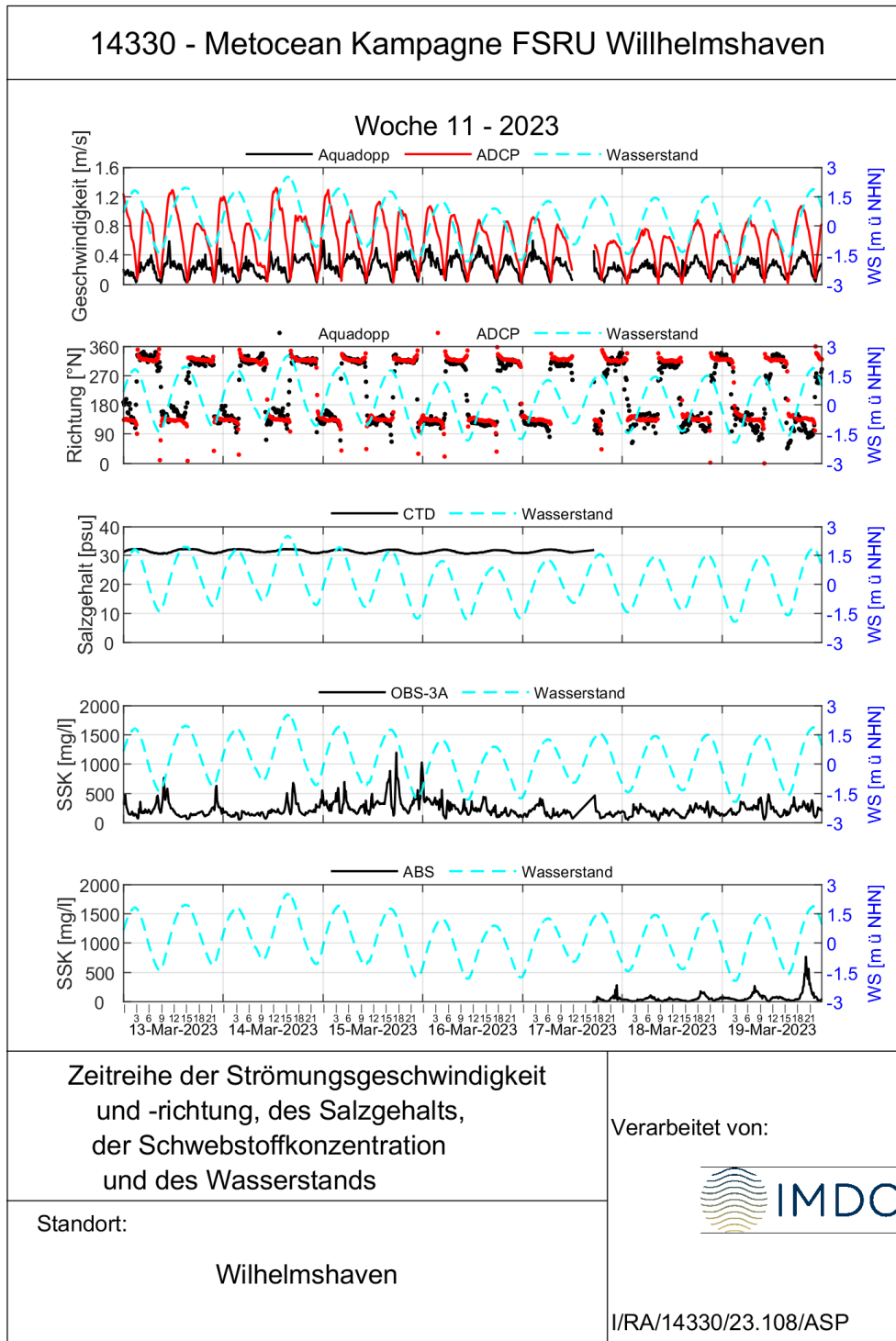


Abbildung 4-5: Zeitreihe der Strömungsgeschwindigkeit und -richtung, des Salzgehalts, der Schwebstoffkonzentration und des Wasserstandes.







  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 45 von 193

Abbildung 4-6 zeigt eine beispielhafte Zeitreihe der Strömungsgeschwindigkeit und -richtung, der Wellenhöhe und -periode und des Wasserstandes. Im ersten Diagramm ist die Strömungsgeschwindigkeit entsprechend der Messung mit dem ADCP (rote Linie) dargestellt. Die vertikale Achse auf der linken Seite steht für die beobachtete Strömungsgeschwindigkeit im Bereich von 0 bis 1,60 m/s.

Das zweite Diagramm zeigt eine Zeitreihe der beobachteten Strömungsrichtungen (schwarz gepunktet) und Wellen (rot gepunktet) entsprechend der Messung mit dem ADCP. Die vertikale Achse auf der linken Seite stellt die Richtung von 0° bis 360° nach Norden dar.

Das dritte Diagramm zeigt eine Zeitreihe der beobachteten signifikanten Wellenhöhe (schwarze Linie) und der maximalen Wellenhöhe (rote Linie) entsprechend der Messung mit dem ADCP. Die vertikale Achse auf der linken Seite steht für die Höhe im Bereich von 0 bis 1,6 m.

Die horizontale Achse dieser Diagramme steht für den Zeitpunkt der Aufzeichnung. In jedem Diagramm ist die Gezeitenhöhe (in hellblau) mit ihrer vertikalen Achse auf der rechten Seite des Diagramms als Referenz eingetragen.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 46 von 193

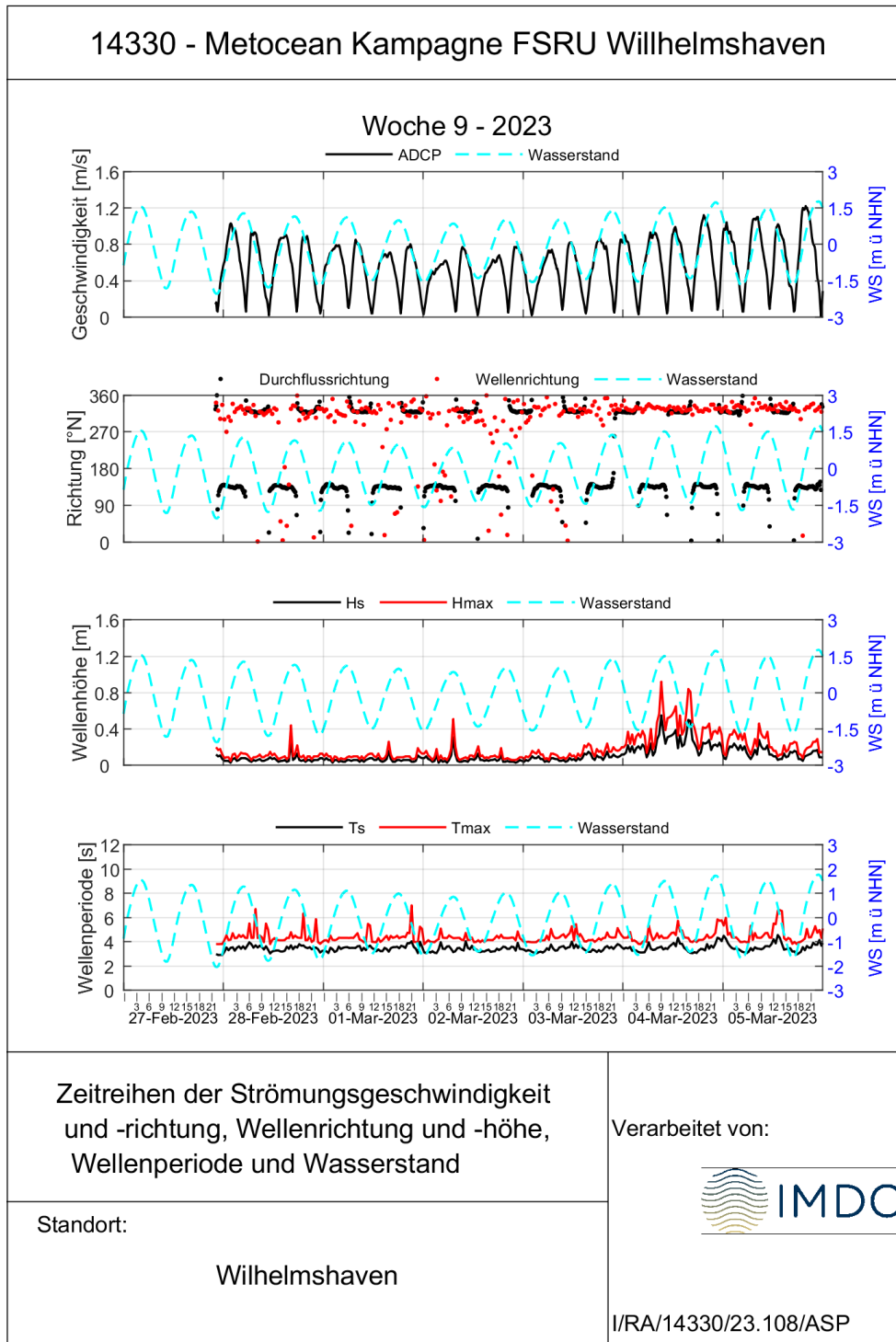






Abbildung 4-6: Zeitreihe der Strömungsgeschwindigkeit und -richtung, der Wellenhöhe und -periode und des Wasserstandes.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 47 von 193





4.5 Konventionen

Alle Daten sind mit ihrer jeweiligen SI-Einheit angegeben. Alle Zeitschritte sind in Universal Time Coordinated (UTC) genannt.

Als horizontaler Datumsbezug wird WGS84-UTM32N verwendet.

Die Gezeitenhöhen stammen von der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV). Die Angabe erfolgte in Meter über Normalhöhennull (m ü. NHN).

Die Richtungsangaben erfolgen gemäß der nautischen Konvention. Dies bedeutet für Winde, dass angegeben ist, aus welcher Richtung der Wind kommt; z. B. bedeutet eine Windrichtung von 270°N aus Westen kommenden Wind. Bei Strömungen ist die Richtung angegeben, in die das Wasser fließt, z. B. bedeutet eine Strömungsrichtung von 270°N nach Westen fließendes Wasser.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 48 von 193





5 Analysen und Schlussfolgerungen

5.1 Strömung

Während der mobilen Messkampagnen wurden maximale Fließgeschwindigkeiten von 1,55 m/s bzw. 1,7–1,8 m/s bei Nipp- bzw. Springtide erreicht (Anhang D.1.1 und Anhang D.1.2). Diese Geschwindigkeiten wurden im Laufe des Messtages zweimal erreicht, und zwar einmal während der Ebbephase, 3 Stunden und 30 Minuten nach dem oberen Pegelstand (um 07:30 Uhr bei Nipptide und um 15:00 Uhr bei Springtide) und ein zweites Mal während der Flutphase, ca. 2 Stunden und 30 Minuten vor dem oberen Pegelstand (um 13:00 Uhr bei Nipptide und um 09:00 Uhr bei Springtide). Diese Geschwindigkeiten entsprechen einzelnen Punkten in der Wassersäule und keinen über die Tiefe gemittelten Werten. Bei beiden Kampagnen treten die höchsten Durchflussraten in der Regel nahe der Wasseroberfläche und in der Mitte des Transekts in der Nähe des Navigationskanals auf sowie bei Springtide in der Nähe des linken Ufers.

Während der stationären Messkampagne erreichten die maximal beobachteten Strömungsgeschwindigkeiten bis zu 1,47 m/s und traten nahe der Wasseroberfläche auf (Abbildung 5-1 oben). Die durchschnittliche Strömungsrichtung in der oberen Hälfte der Wassersäule liegt bei ca. 139°N bei Flut und 321°N bei Ebbe.. An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass diese Strömungsrichtungen sehr lokal sind, da sie nur von einem Ort abgeleitet werden. Für einen besseren Überblick muss sich jemand die Ergebnisse der mobilen Messungen ansehen, die ein besseres Verständnis der geografischen Variation in Geschwindigkeit und Strömungsrichtung ermöglichen.

Die vom ADCP gemessenen maximalen über die Tiefe gemittelten Geschwindigkeiten waren bei Springtidenbedingungen höher als bei Nipptidenbedingungen und bei Flut höher als in der Ebbephase (Tabelle 5-1). Während der Ebbephase liegen die maximalen Geschwindigkeiten zwischen 0,83 und 0,99 m/s, in der Flutphase zwischen 0,51 und 1,19 m/s. Ein Vergleich zwischen den beiden Gezeitenbedingungen zeigt zahlreiche Unterschiede auf. Während der Springtide wurden höhere absolute Geschwindigkeiten gemessen. Die maximalen Geschwindigkeiten jedoch traten während derselben Gezeitenphase auf, d. h. ca. 3 Stunden vor dem oberen Pegelstand bzw. 3 Stunden vor dem unteren Pegelstand. Die durchschnittliche Strömungsrichtung bei Nipptidenbedingungen en Springtidenbedingungen liegt bei ca. 142°N bei Flut und 324°N bei Ebbe.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 49 von 193

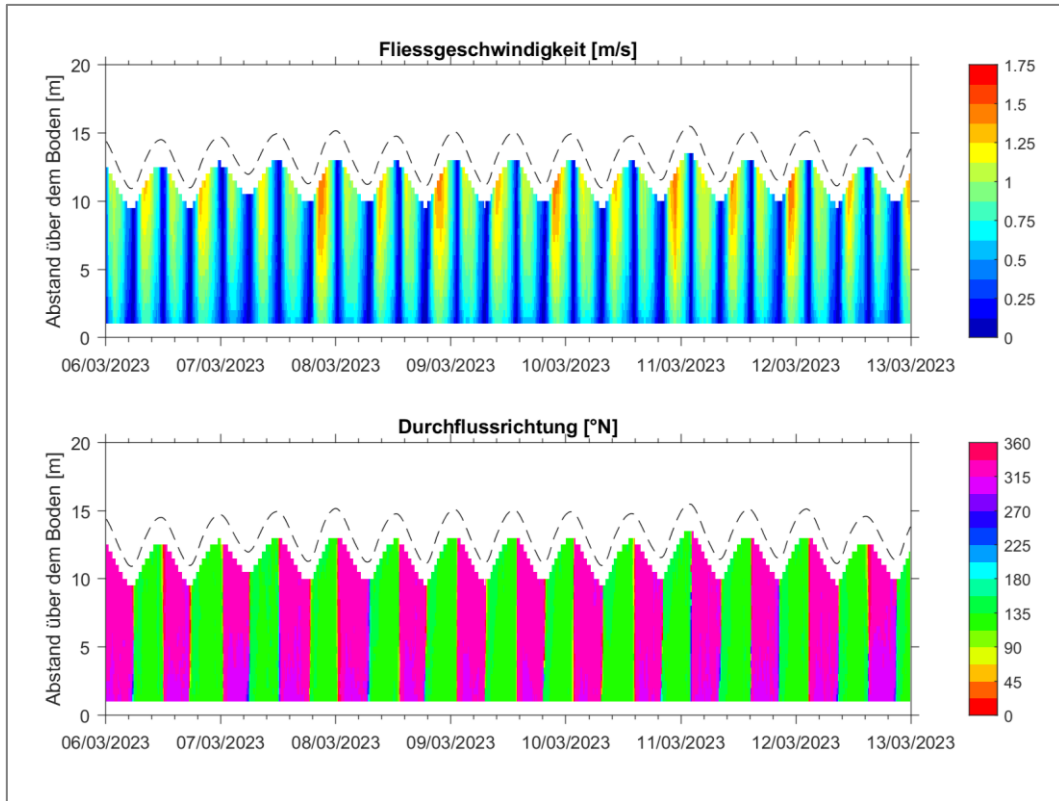


Abbildung 5-1: Strömungsgeschwindigkeit (oben) und Strömungsrichtung (unten) gemessen vom ADCP zwischen dem 06.03.2023 und dem 13.03.2023. Die maximal beobachteten Strömungsgeschwindigkeiten erreichen bis zu 1,47 m/s und treten nahe der Wasseroberfläche auf.

Tabelle 5-1: Übersicht über die Statistiken zur Strömungsgeschwindigkeit über die verschiedenen Gezeitenphasen hinweg.

	Ebbe			Flut		
	Nipp	Durchschnitt	Spring	Nipp	Durchschnitt	Spring
Max. über die Tiefe gemittelte Strömungsgeschwindigkeit [m/s]						
Mittelwert	0,83	0,90	0,99	0,51	1,06	1,19




  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 50 von 193

Abbildung 5-2 zeigt, dass die maximale tiefengemittelte Geschwindigkeit bei Ebbe und bei Flut positiv mit dem Gezeitenkoeffizienten an der Pegelstation Hooksielplate korreliert.

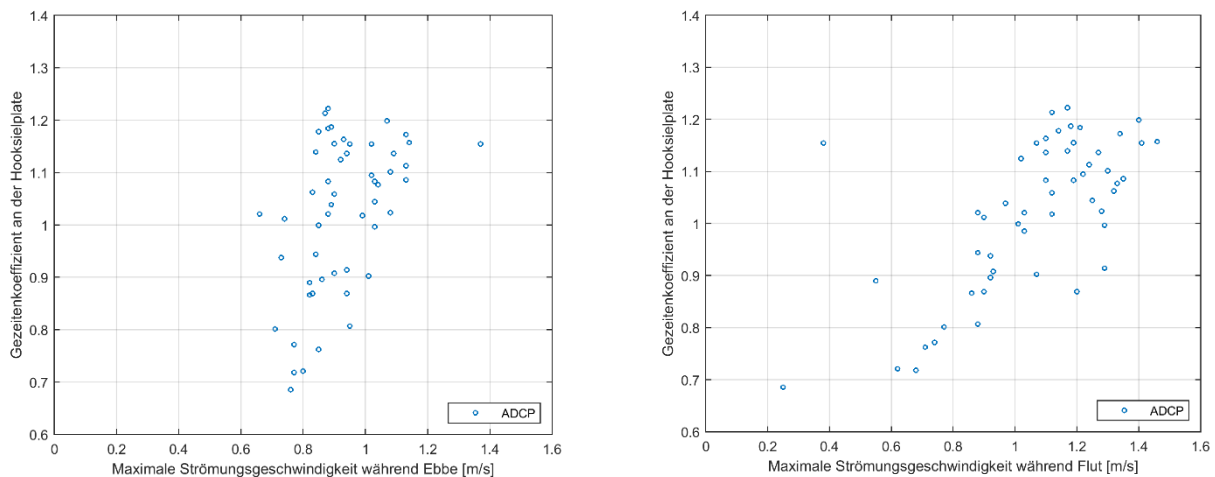




Abbildung 5-2: Die gemessene maximale Strömungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Gezeitenkoeffizienten, gemessen an der Pegelstation Hooksielplate während der Ebbephase (links) und der Flutphase (rechts).

5.2 Schwebstoffkonzentrationen

Während der mobilen Messkampagne bei Nipptide waren die anhand der ADCP-Rückstreuung geschätzten Schwebstoffkonzentrationen (SSK) in der Regel den ganzen Tag über niedrig (zwischen 35 und 200 mg/l in der Wassersäule – durchschnittliche 120 mg/l). Höhere Konzentrationen wurden nahe des linken Ufers und in Meeresbodennähe beobachtet, überschritten jedoch nie 300 mg/l (Anhang D.2.1). Sie schwankten je nach Gezeitenbedingungen. Die Daten des SiltProfilers bestätigten diese Beobachtungen: Der maximale SSK-Wert von rund 360 mg/l (Profil 1019a) wurde in Meeresbodennähe erreicht. Die SSK-Werte aus den Wasserproben waren nicht höher als 327 mg/l.

Während der mobilen Messkampagne bei Springtide erreichten die anhand der ADCP-Rückstreuung geschätzten Schwebstoffkonzentrationen in Meeresbodennähe ein Maximum von ca. 500–600 mg/l (Anhang D.2.2). Die mit dem SiltProfilier erstellten Profile bestätigen dieses Muster, da in der Mehrzahl der Profile mit zunehmender Tiefe steigende Sedimentkonzentrationen beobachtet wurden (Anhang E.1.2). Die SSK-Werte in der Wassersäule variieren in der Regel zwischen 40 und 400 mg/l (durchschnittliche 220 mg/l). Die maximalen Konzentrationen treten in Meeresbodennähe auf und erreichten bis zu 615 mg/l. Die SSK-Werte aus den Wasserproben waren nicht höher als 400 mg/l (Anhang C.2). Diese niedrigere Konzentration lässt sich damit erklären, dass die Wasserproben einmal pro Stunde entnommen wurden, und zwar in der Wassersäule und

	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Metoceane Kampagne	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU		Seite 51 von 193





nicht in Meeresbodennähe. Bei Springtidenbedingungen wurden höhere Konzentrationen beobachtet. Dies entspricht den Erwartungen, denn zu diesem Zeitpunkt gibt es höhere Fließgeschwindigkeiten und damit mehr Wasserkraft für den Sedimenttransport.

Die maximalen SSK-Werte, beobachtet während der stationären Messungen mit dem Gestell, treten in der Flutphase bei Springtidenbedingungen auf. Sie erreichen bis zu 901 mg/l für die Schlickfraktion und 1150 mg/l für die Sandfraktion (Tabelle 5-2). Die SSK-Werte waren während der Flut höher als bei Ebbe. Dies gilt sowohl für durchschnittliche als auch für Springtidenbedingungen. Bei Nipptidenbedingungen sind die SSK-Werte in der Flutphase etwas niedriger als diejenigen, die während der Ebbe gemessen wurden. Die vom OBS-3A (für die Schlickfraktion) und LISST-ABS (für die Sandfraktion) abgeleiteten SSK-Werte geben einen Hinweis auf den Bodentransport. Denn beide Messgeräte waren ca. 30 cm über dem Meeresboden installiert und zeichneten nur an einem einzigen Punkt in der Nähe des Sensors Daten auf.

Tabelle 5-2: Übersicht über die Statistiken zu den Schwebstoffkonzentrationen, die mit dem stationären Gestell in Meeresbodennähe über die verschiedenen Gezeitenphasen hinweg gemessen wurden.

	Ebbe			Flut		
	Nipp	Durchschnitt	Spring	Nipp	Durchschnitt	Spring
Max. SSK [mg/l] – OBS-3A (Schlickfraktion)						
Mittelwert	481	771	534	381	802	901
Max. SSK [mg/l] – LISST-ABS (Sandfraktion)						
Mittelwert	135	208	169	60	233	1150

Die maximale SSK, gemessen mit dem OBS-3A (Schlickfraktion), korreliert positiv mit dem Gezeitenkoeffizienten an der Pegelstation Hooksielplate, bei Ebbe- und Flutbedingungen, wenngleich diese positive Korrelation während der Ebbephase schwächer ausfällt (Abbildung 5-3). Hinsichtlich des Sandanteils (gemessen mit dem LISST-ABS) besteht eine hohe Korrelation zwischen den SSK-Werten und dem Gezeitenkoeffizienten. Im Gegensatz zu dieser hohen Korrelation schwankt der SSK-Wert (Sandanteil) nicht mit einem sich ändernden Gezeitenkoeffizienten bei Ebbe (Abbildung 5-4).

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 52 von 193

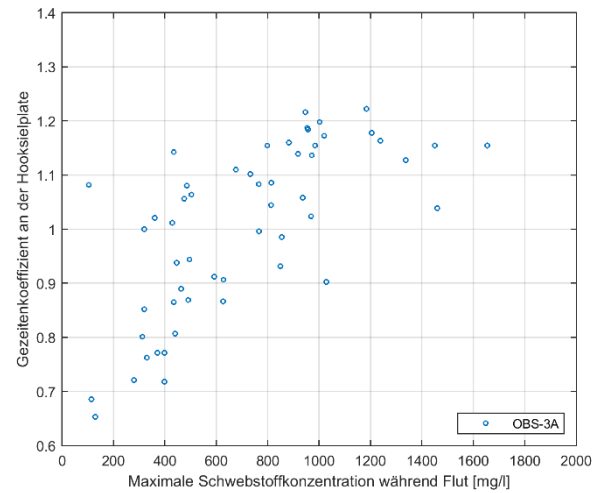
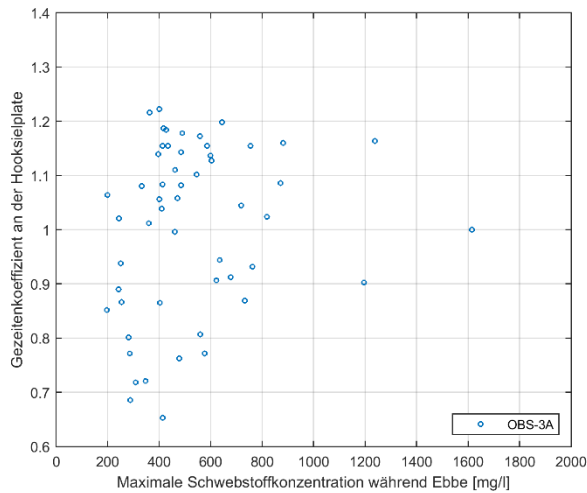


Abbildung 5-3: Der mit dem OBS-3A gemessene maximale SSK-Wert in Abhängigkeit vom Gezeitenkoeffizienten, gemessen an der Pegelstation Hooksielplate während der Ebbephase (links) und der Flutphase (rechts).

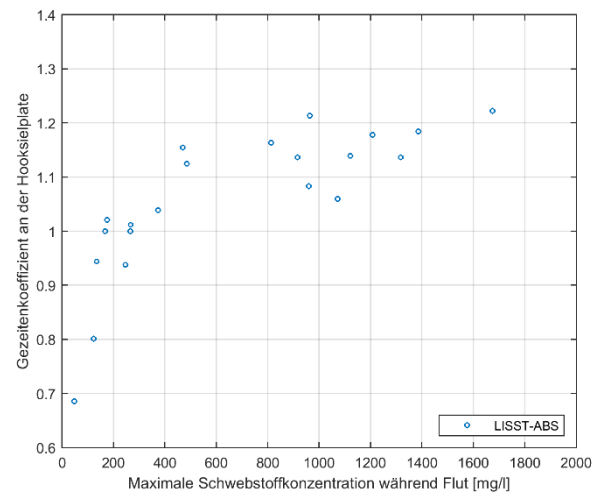
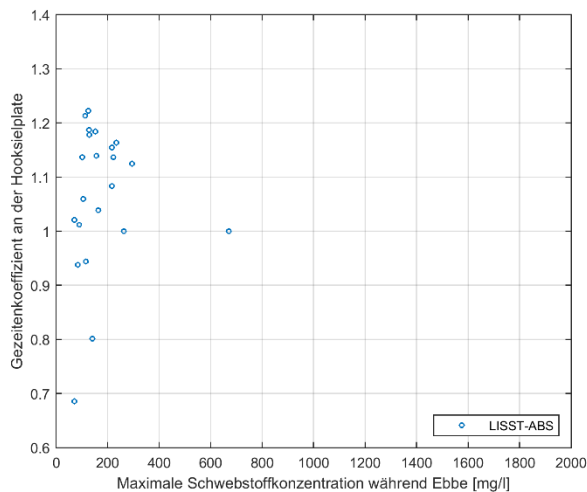






Abbildung 5-4: Der mit dem LISST-ABS gemessene maximale SSK-Wert in Abhängigkeit vom Gezeitenkoeffizienten, gemessen an der Pegelstation Hooksielplate während der Ebbephase (links) und der Flutphase (rechts).

Vor dem Hintergrund aller Ergebnisse aus der Wassersäule, abgesehen von denen aus Meeresbodennähe, kann auf einen durchschnittlichen Hintergrundwert an Schwebstoffkonzentrationen (SSK) im Rahmen des Projekts zwischen 120-220 mg/L geschlossen werden. Es ist zu beachten, dass die oben angegebenen Durchschnittswerte den kurzen Zeiträumen der Messungen entsprechen.



  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 53 von 193

5.3 Temperatur und Salzgehalt

Salzgehalt und Wassertemperatur bleiben in beiden mobilen Messkampagnen mit zunehmender Tiefe nahezu konstant (Anhang E.1.1 und Anhang E.1.2). Im Laufe des Tages wurden nur geringe Schwankungen beobachtet. Die höchsten Werte wurden beim oberen Pegelstand erreicht. Insgesamt schwankte der beobachtete Salzgehalt bei Nipptide zwischen 28 und 29,5 ppt. Die Wassertemperatur schwankte zwischen 8 und 8,5 °C. Bei Springtide liegen die Salzgehaltswerte zwischen 27,4 und 30 ppt. Im Laufe des Tages steigen sie bis ca. 1 Stunde vor dem unteren Pegelstand an, danach kann eine Abnahme beobachtet werden. Die gemessenen Temperaturdaten zeigen nur geringe Schwankungen mit Werten zwischen 8,4 und 8,7 °C.

5.4 Wellen

Die maximal beobachteten signifikanten Wellenhöhen (H_s) während der Messkampagne erreichen bis zu 0,8 m. Bei niedrigen Wellenhöhen (zwischen ca. 0,1–0,3 m) folgen die Wellenrichtungen den vorherrschenden Strömungsrichtungen (Abbildung 5-5). Höhere Wellen näherten sich aus Nordwesten (320°). Die mittlere beobachtete Wellenperiode betrug 3,6 Sekunden. Hinweis: Wellenmessungen fanden nur über den Drucksensor statt. Das hydrodynamische Drucksignal wird mit der Tiefe schwächer. Daher sinkt die Genauigkeit des Teils des Wellenspektrums bei Kurzwellenperioden (< 5 s).

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 54 von 193

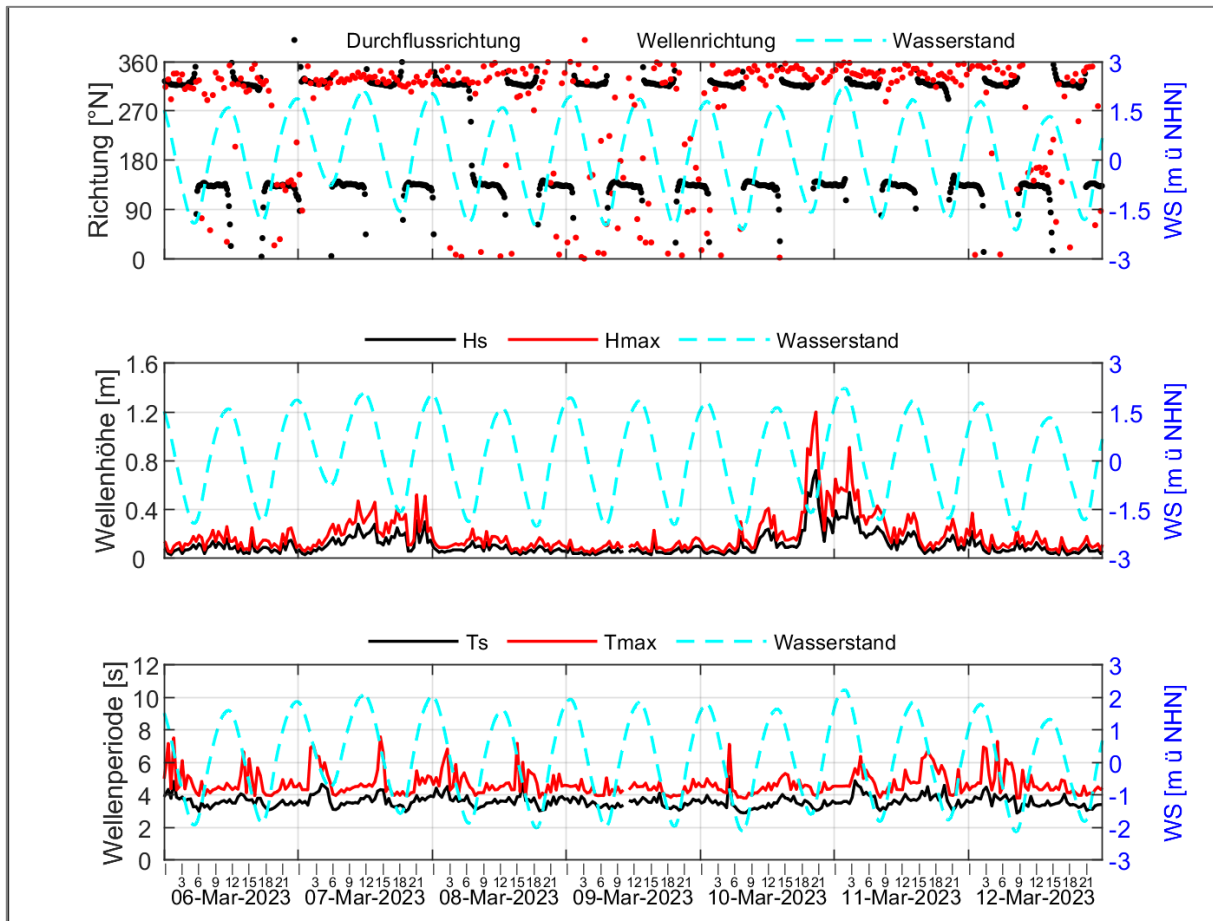










Abbildung 5-5: Strömungsrichtung, Wellenrichtung, signifikante (H_s) und maximale (H_{max}) Wellenhöhe, signifikante (T_s) und maximale (T_{max}) Wellenperiode, wie vom ADCP zwischen dem 06.03.2023 und dem 13.03.2023 beobachtet.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 55 von 193





6 Referenzen

- DRL. "Sediview Procedure Manual," 2003. K:\DATA\bibliotheek\F Systems\F.5 Survey - Measuring equipment information\F_57_Handleidingen_Meetapperatuur_per_Fabrikant\F.57.D\DRL\DRL_2003_SediviewProcedureManual.pdf.
- ISO. "Water Quality - Determination of Suspended Solids by Filtration through Glass-Fibre Filters." Switzerland: International Organization for Standardization, 1997.
- Mueller, David. "Qrev - Software for Computation and Quality Assurance of Acoustic Doppler Current Profiler Moving-Boat Streamflow Measurements - Technical Manual for Version 2.8." Open-file Report 2016-1068. Virginia, United States of America: U.S. Geological Survey, 2016.
- RD Instruments. "User's Guide: WinRiver / International Version 2003." P/N 957-6171-00, 2003. K:\DATA\bibliotheek\zotero\F.57.R_F.57.R_RD Instruments_Users Guide WinRiver International Version 2003.pdf.
- Urick, R.J. *Principles of Underwater Sound*. 3rd edition. McGraw-Hill, 1983.
- Wunderground. "Weather Forecast & Reports." Weather underground, November 4, 2023. <https://www.wunderground.com/>.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 56 von 193

Anhang A Gerätespezifikationen

A.1 ADCP (Nortek Signature 500)

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 57 von 193



ADCP Signature VM Coastal - 1000/500 kHz with integrated high-resolution echosounder

Characterisation of spatial current patterns

The Nortek Signature is an Acoustic Doppler Current Profiler (or ADCP) measuring the current velocity and direction throughout whole water column. In combination with water samples the spatial and temporal variation in suspended sediment concentrations could be derived with a resolution up to 6mm.

This device is easy to deploy on buoys, boats or on bottom frames which makes suitable for stationary long-term measurements as for vessel-based monitoring.

Some applications:

- In ports or around marine structures to determine complex circulation patterns and lateral mixing;
- In rivers to monitor the discharge and sediment rates and the spatial patterns;
- Offshore to obtain the bi-directional wave and current data;
- During dredging works to determine the sediment behaviour in combination with other devices (e.g. IMDC SiltProfiler).

PRODUCT SHEET



1



Specifications





- Frequency: both 500 kHz or 1000 kHz available
- Self-contained or direct reading
- Fifth echosounder beam for sediment measurements down to the bottom (no side-lobe effect)
- Mounted with:
 - Pressure sensor
 - Bottom-tracking
- Directional wave gauge
- Extra battery pack available

Experts in water

Van Immerseelstraat 66
B 2018, Antwerpen
Belgium

Phone +32 3 270 92 95
Fax +32 3 235 67 11

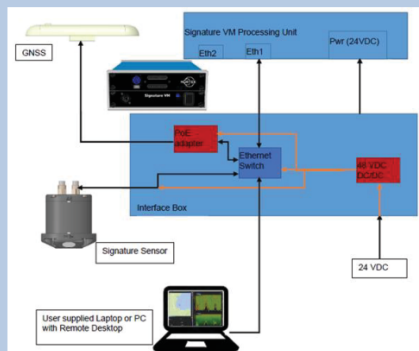
www.imdc.be
E-mail: info@imdc.be

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 58 von 193

Reference Projects

A selection of projects executed by IMDC in which the Nortek Signature was successfully put to use.

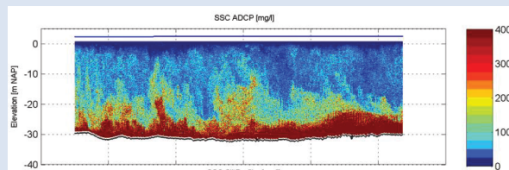
Project title	Project description
Dutch-Flemish integrated monitoring program on the river Sea Scheldt (Belgium, 2020-2023)	Research of the impact of the Sigma plan, dredging activities and harbor expansion on the environment of the Sea Scheldt.
Monitoring the behaviour of sediments disposed by a TSHD. (Netherlands, 2020-2023)	Development and execution of a measuring protocol to determine the fate of disposed sediments on short, medium and long term and to quantify the physical parameters and phenomena involved. In particular, dredge plume behaviour at the disposal site were investigated.



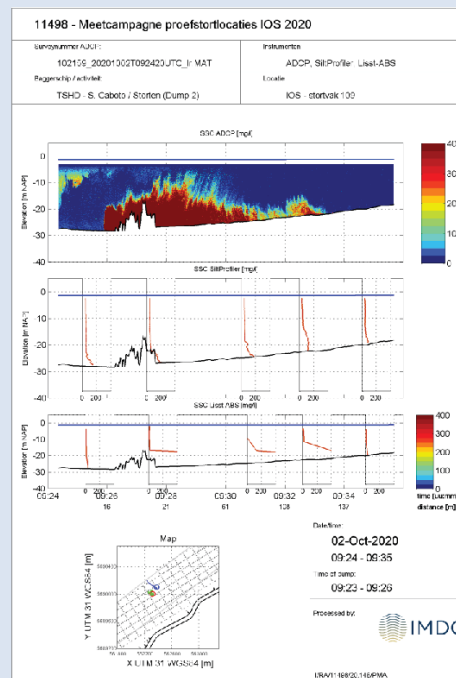
System set-up

Data outputs

Some data outputs generated by IMDC



Sediment transport near the bottom measured by a Nortek Signature 500 (Ossenisse, 2020)







Vessel mounted adcp measurements at Western Scheldt during dumping activities (Ossenisse, 2020)

Experts in water

Van Immerseelstraat 66
B 2018, Antwerpen
Belgium

Phone +32 3 270 92 95
Fax +32 3 235 67 11

www.imdc.be
E-mail: info@imdc.be

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 59 von 193

A.2 Advanced-Navigation-DGNSS


ADVANCED NAVIGATION

GNSS COMPASS

SATELLITE COMPASS

GNSS Compass is a low-cost all-in-one GNSS/INS navigation and heading solution. It provides accurate dual-antenna GPS-based heading that is not subject to magnetic interference and can maintain accurate heading during GNSS outages of up to 20 minutes. It features high accuracy RTK positioning and is plug and play with NMEA 0183, NMEA 2000, and Ethernet interfaces.

PERFORMANCE

-  0.4 ° Roll and Pitch
-  0.2 ° Heading
-  0.01 m RTK Positioning
-  Heave: 5 % or 0.05 m (whichever is great)

KEY FEATURES

- Dual Antenna Heading
- GPS, GLONASS, Galileo & BeiDou
- Ethernet & Serial Options
- Easy to interface with hydrographic packages




APPLICATIONS



- Marine Navigation
- Hydrography



- Autonomous Agriculture
- Antenna Targeting

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 60 von 193

SPECIFICATIONS

NAVIGATION

Horizontal Position Accuracy	1.5 m
Vertical Position Accuracy	2.0 m
Horizontal Position Accuracy (with RTK)	0.01 m
Vertical Position Accuracy (with RTK)	0.015 m
Velocity Accuracy	0.05 m/s
Roll & Pitch Accuracy	0.4 °
Heading Accuracy	0.2 °
Heave Accuracy (whichever is greater)	5 % or 0.05 m
Range	Unlimited
Hot Start Time (orientation)	500 ms
Output Data Rate	Up to 200 Hz

GNSS

Supported Navigation Systems	GPS L1, L2 GLONASS G1, G2 GALILEO E1, E5b BeiDou B1, B2
Supported SBAS Systems	WAAS / EGNOS / MSAS / GAGAN / QZSS
Acceleration Limit	4 g
Hot Start First Fix	6 s
Cold Start First Fix	30 s
Heading Fix (after valid position)	10 s

COMMUNICATION (Ethernet)

Interface	Ethernet
Speed	10 / 100
Protocol	NMEA 0183 AN Packet Protocol TSS1 Simrad RTCM
Ports	Up to 4 TCP or UDP ports
Timing	PTP Server NTP Server
Timing Accuracy (PTP)	50 ns
Timing Accuracy (NTP)	1 ms

COMMUNICATION (Serial)





Interface	RS422 or RS232 CAN
Speed	2400 to 1M baud
Protocol	NMEA 0183 NMEA 2000 AN Packet Protocol TSS1 Simrad
Timing	1PPS Output
Timing Accuracy	20 ns

HARDWARE (Ethernet)


Power Input	Power over Ethernet (PoE) 802.3af or 802.3at
Power Consumption	1.5 W
Hot Start Battery Capacity	> 24 hrs
Operating Temperature	-40 °C to 85 °C
Environmental Protection	IP67
Shock Limit	75 g 11 ms
Dimensions	672 x 190 x 73.9 mm
Weight	1450 grams

HARDWARE (Serial)

Operating Voltage	9 to 36 V
Power Consumption	1.4 W
Operating Temperature	-40 °C to 85 °C
Environmental Protection	IP67
Shock Limit	75 g 11 ms
Dimensions	672 x 190 x 73.9 mm
Weight	1450 grams

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 61 von 193

A.3 SiltProfiler




Underwater Measuring Redefined


The SiltProfiler is a high quality, easy-to-use and very fast instrument for rapidly profiling the suspended sediment concentration as well as the salinity structure of the water column.

It was recently developed by IMDC and updated in 2021 with an Acoustic Backscatter Sediment Sensor (LISST-ABS) to assist port authorities in understanding siltation problems in their harbour. The SiltProfiler has successfully been used to assess the environmental impact of dredging works by allowing to quickly measure the suspended silt and sand concentration in the plume (even in the propeller jet and near the bottom).

PRODUCT SHEET



I/FI/00100/09.019/LAL



Specifications

- High Frequency (100 Hz)
- Wireless Data Transfer via bluetooth technology
- Freefall Profiling (0-50m)
- 3 Turbidity sensors (Silt):
 - 1 Seapoint BS sensor (0-700 mg/l)
 - 1 Transmittance Extinction Sensor (500-5000 mg/l)
 - 1 Transmittance Extinction Sensor (3500-50.000 mg/l)
- 1 Acoustic BS Sediment Sensor (sand) 1 – 30.000 mg/l)
- CTD sensor:
 - 1 conductivity sensor (0-80 mS/cm)
 - 1 temperature sensor
 - 1 pressure sensor (0-60 m)

Data collection



The SiltProfiler is easy to secure to a fast winch which can lower the instrument in freefall to the bottom (up to 50 meters depth). After reaching the bottom, the SiltProfiler is winched up and the measurement data are downloaded from the instrument. The data is transmitted via either a serial cable (if connected) or wirelessly via bluetooth (only once out of the water). In this way, a vertical profile of the sediment concentrations and salinity can be obtained with a high spatial resolution. The cycle time of dropping the SiltProfiler, retrieving the instrument and transferring the data to the survey vessel in 25 metres of water is typically of the order of 90 seconds.

Experts in water

Van Immerseelstraat 66
B 2018, Antwerpen
Belgium

Phone +32 3 270 92 95
Fax +32 3 235 67 11

www.imdc.be
E-mail: info@imdc.be

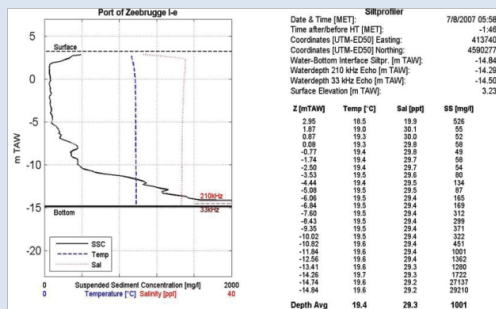
	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 62 von 193



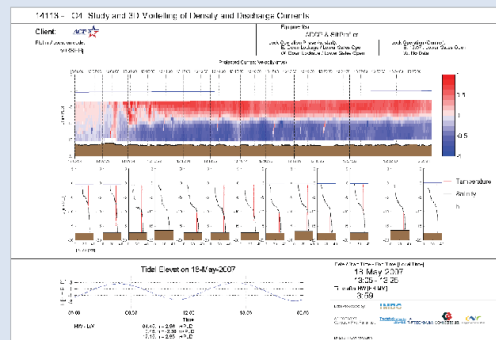
Reference Projects

A selection of projects executed by IMDC in which the SiltProfilier was successfully put to use.

Project title	Project description
Monitoring the behaviour of sediments disposed by a TSHD. (The Netherlands, 2019 - 2021)	Development and execution of a measuring protocol to determine the fate of disposed sediments and to quantify as much as possible the physical parameters and phenomena involved.
Measurement campaign Hinkley point (U.K., 2018 & 2020)	Monitoring the occurrence of fluid mud in the constructed pits for near shore intake/outfall structures for cooling water.
Measurement campaign La Lamberde, France (I) (2009-2010) and (II) (2011)	Measurement campaign at the mouth of the Loire with the intention to closely follow the behavior of the dredged material dumped at sea at the licensed location La Lamberde.
Measurement campaign Ada (Ghana 2010-2011)	Measurement campaign at Ada (Ghana) to measure the hydrodynamic site conditions in the preconstruction phase of a breakwater.
Eldepasco wind farm (Belgium, 2010)	Measurement campaign at the bank zonder naam to measure the hydrodynamic site conditions in the preconstruction phase of wind farm Eldepasco
Siltation monitoring Deurganckdok Antwerp (Belgium, 2006-2009) and (Belgium, 2009-2012)	Long term monitoring of the siltation rate in the new tidal Deurganckdok.
HCBS Scheldt (Belgium, 2004-2006)	In situ measurements of High Concentrated Benthic Suspensions in the Scheldt estuary in the vicinity of the future Deurganckdock in view of the dredging works.
Density currents Panama locks (Panama, 2007)	Field investigations of density currents in the Pacific Ocean approaches to the locks (Panama).
Turbidity around water injection dredger AIRSET (Belgium, 2007)	Survey of suspended sediments in combination with the analysis of ADCP-backscatter intensities.
Turbidity around sweep beam dredger Alligator (Port of Antwerp, Belgium, 2008)	Monitoring and analysis of turbidity created by the dredging works in view of minimizing the environmental impact of the ploughing works.
Turbidity plume measurements during aggregate dredging (France, 2008)	Development and execution of a measuring protocol to monitor current velocities and turbidity caused by the overflow during the dredging process of aggregate extraction (in order to obtain an environmental license).



High Silt Sediment Concentrations in the Port of Zeebrugge







Salinity in the Panama locks

Experts in water

Van Immersceelstraat 66
B 2018, Antwerpen
Belgium

Phone +32 3 270 92 95
Fax +32 3 235 67 11

www.imdc.be
E-mail: info@imdc.be

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 63 von 193

A.4 OBS-3A



1

OBS-3A

Turbidity & Temperature Monitoring System

The OBS-3A probe, manufactured by Campbell Scientific, measures:

- Time
- Temperature
- Conductivity/Salinity
- Instrument Depth
- Turbidity

The instrument is battery-powered and can store up to 200.000 lines of data internally with no cable or can transmit data in real-time via cable to a pc or logger connected to a WIFI network.

PRODUCT SHEET

I/FI/00100/06.005/BOU




TECHNICAL SPECIFICATIONS



RANGES	
Turbidity	0-4000 NTU
Concentration	Mud 0-5000 mg/l
	Sand 0-100 g/l
Pressure	0-200 dBar
Conductivity	0 to 65 mS/cm
ACCURACY	
Turbidity	0-100 0.5 NTU
	100-500 2 NTU
	500-2000 10 NTU
Concentration	Mud 0.5 mg/l
	Sand 0.5 g/l
Pressure	0.2% off.s.
Temperature	0.5° C
Conductivity	1%
OTHER DATA	
PC interfaces	RS-232 / 115 kbps
	RS-485 / 115 kbps
	USB
Maximum data rate	25 Hz
Infrared wavelength	875 nm
Maximum depth	300 m
Drift	< 2% / year
Connector	MCBH-8-F5, wet-pluggable

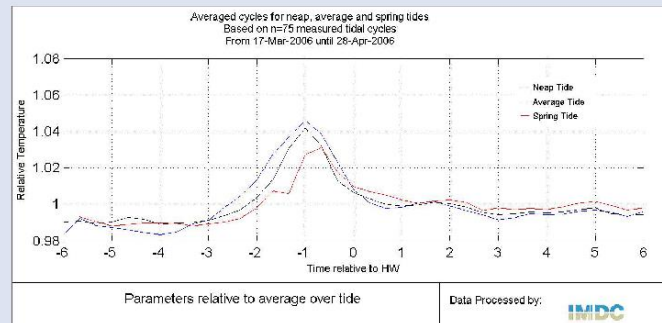
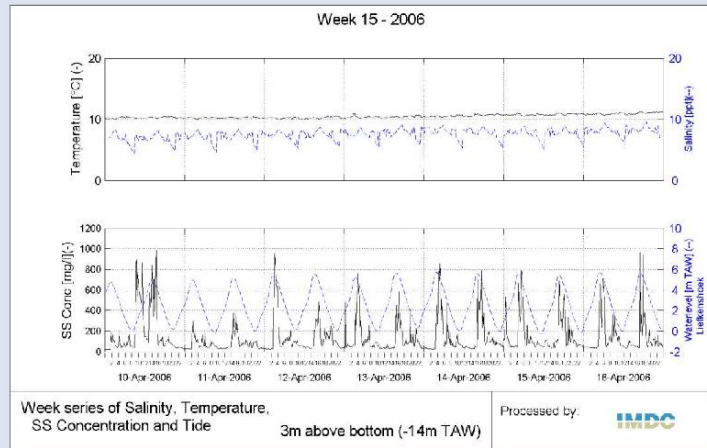
Experts in water

Van Immerseelstraat 66
B 2018, Antwerpen
Belgium

Phone +32 3 270 92 95
Fax +32 3 235 67 11

www.imdc.be
E-mail: info@imdc.be

	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 64 von 193



The above figures show some output formats from some OBS-3A measurements by IMDC

Reference Projects

A selection of projects executed by IMDC in which the OBS-3A was successfully put to use.





Project title	Project description
SSC-measurements Port of Antwerp (Belgium, 2016)	Measurement campaign to monitor the influence of dredging, navigation and lock activities on turbidity and suspended sediment in the Port of Antwerp.
LNG Terminal at Punta Sayago, Montevideo (Uruguay, 2012-2015)	An urgent and long term turbidity measurement campaign was set up as input for the design of the regasification terminal.
Siltation monitoring Deurganckdok Antwerp (Belgium, 2006-2009) and (Belgium, 2009-2012)	Long term monitoring of the siltation rate in the new tidal Deurganckdok.
Measurement campaign La Lambarde, France (I) (2009-2010) and (II) (2011)	Measurement campaign at the mouth of the Loire with the intention to closely follow the behavior of the dredged material dumped at sea at the location La Lambarde.
Density currents Panama locks (Panama, 2007)	Field investigations of density currents in the Pacific Ocean approaches to the locks

Experts in water

Van Immerseelstraat 66
B 2018, Antwerpen
Belgium

Phone +32 3 270 92 95
Fax +32 3 235 67 11

www.imdc.be
E-mail: info@imdc.be

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Metoceane Kampagne	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU		Seite 65 von 193

A.5 LISST-AOBS



LISST - AOBS

Super-Turbidity Sensor

The LISST-AOBS a patent pending Super-Turbidity sensor to measure suspended sediment concentration (SSC) and is manufactured by Sequoia Scientific inc.

The LISST-AOBS is a simple, low-cost Super-Turbidity sensor to measure suspended sediment concentration (SSC). Super-Turbidity is a new technology that involves pairing a LISST-ABS with a turbidity sensor using a weight factor, which results in a single, combined output from the two sensors. Once paired, the LISST-AOBS retains near-constant calibration for SSC over a wide grain-size range.

PRODUCT SHEET



I/Fl/00100/21.006/jjma

1



Specifications





- Parameters Measured:
 - Suspended Sediment Concentration (SSC; mg/l)
 - Turbidity (V)
- Operating Concentration Range:
 - 1 mg/L – 30.000 mg/L (LISST-ABS) or
 - 0 NTU to 3.000 NTU (Turbidity Plus™)
- Dimensions: 5.7 x 10.1 x 33.6 cm
- Weight (in air) 0.7 kg
- Depth rating 100m
- Power supply 9 to 15 VDC (12 VDC nominal)

Experts in water

Van Immerseelstraat 66
B 2018, Antwerpen
Belgium

Phone +32 3 270 92 95
Fax +32 3 235 67 11

www.imdc.be
E-mail: info@imdc.be

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 66 von 193



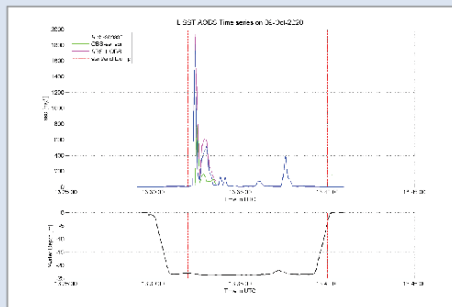
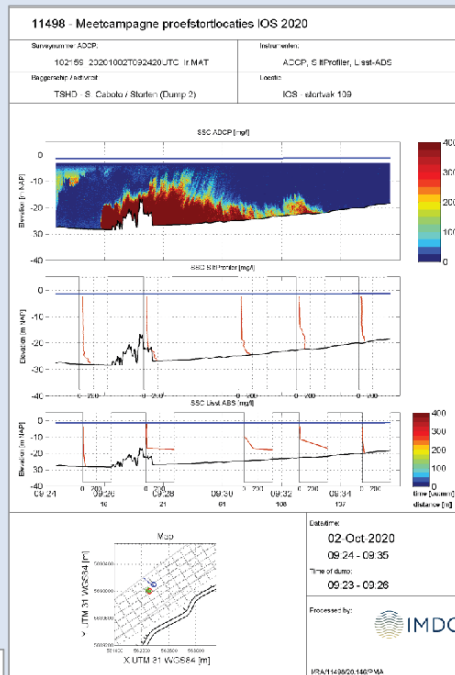
Reference Projects

A selection of projects executed by IMDC in which CTD divers were successfully put to use.

Project title	Project description
Monitoring the behaviour of sediments disposed by a TSHD. (The Netherlands, 2019 - 2021)	Development and execution of a measuring protocol to determine the fate of disposed sediments and to quantify as much as possible the physical parameters and phenomena involved.

Data outputs

2



SSC (LISST-AOBS) measurements at Ossensisse (NL, 2020)



Combined (ADCP, IMDC SiltProfiler and LISST-AOBS) SSC measurements during dump activities at Ossensisse (NL, 2020)

Experts in water

Van Immerseelstraat 66
B 2018, Antwerpen
Belgium

Phone +32 3 270 92 95
Fax +32 3 235 67 11

www.imdc.be
E-mail: info@imdc.be

	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 67 von 193

A.6 CTD-Taucher



CTD Diver

Reliable in all conditions

Where there is a need to monitor not only groundwater levels, but also salinization, salt water intrusion or contamination, the CTD-Diver is the instrument of choice.

The Van Essen CTD-Diver is equipped with a pressure sensor, a temperature sensor and a four-electrode conductivity sensor. The instrument is light, small and has a memory with a maximum storage capacity of 16000 measurement data per parameter.

PRODUCT SHEET



I/FI/00100/11.051/BQU

1



Specifications

- Dimensions: \varnothing 22mm x 135mm
- Memory: 16000 measurements
- Sample rate 0.5 sec to 99 hours
- Housing ceramic
- Temperature range -20 °C to 80 C°
- Temperature accuracy +/- 0.1 °C
- Temperature resolution 0.01 °C
- Conductivity range 0 to 80 mS/cm
- Conductivity accuracy +/- 1% of reading
- Conductivity resolution 0.1% of reading
- Pressure range 20 m H²O
- Pressure accuracy 2 cm H²O
- Pressure resolution 0.4 cm H²O
- Battery life 10 years (dep. use)

Applications





- Aquifer recharge projects
- Saltwater intrusion projects
- Surveillance on waste disposal sites
- Monitoring groundwater or surface water quality

Experts in water

Van Immerseelstraat 66
B 2018, Antwerpen
Belgium

Phone +32 3 270 92 95
Fax +32 3 235 67 11

www.imdc.be
E-mail: info@imdc.be

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 68 von 193

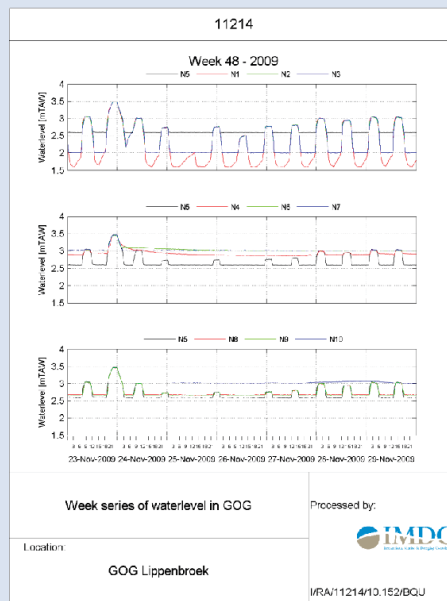


Reference Projects

A selection of projects executed by IMDC in which CTD divers were successfully put to use.

Project title	Project description
Measurement campaign La Lambarde, France (I) (2009-2010) and (II) (2011)	Measurement campaign at the mouth of the Loire with the intention to closely follow the behavior of the dredged material dumped at sea at the licensed location La Lambarde.
Measurement campaign Ada (Ghana, 2010-2011)	Measurement campaign at Ada (Ghana) to measure the hydrodynamic site conditions in the preconstruction phase of a breakwater.
Diver campaign Lippenbroek (Belgium, 2009-2010)	Long term measurement campaign at the GGG/GOG of Lippenbroek to monitor salinity and water levels
HCBS Scheldt (Belgium, 2004-2006)	In situ measurements of High Concentrated Benthic Suspensions in the Scheldt estuary in the vicinity of the future Deurganckdok in view of the dredging works.
Siltation monitoring Botlekhaven Rotterdam (The Netherlands, 4/2004 & 4/2005)	Execution of detailed suspended sediment profiles in the port of Rotterdam.
Siltation monitoring Deurganckdok Antwerp (Belgium, 2006-2009) and (Belgium, 2009-2012)	Long term monitoring of the siltation rate in the new tidal Deurganckdok.
Siltation monitoring "Voorhaven Zeebrugge" (Belgium, 2006)	Measurements of silt profiles in the Outer port of Zeebruges.
Density currents Panama locks (Panama, 2007)	Field investigations of density currents in the Pacific Ocean approaches to the locks (Panama).
Turbidity around water injection dredger AIRSET (Belgium, 2007)	Survey of suspended sediments in combination with the analysis of ADCP-backscatter intensities
Turbidity around sweep beam dredger Alligator (Port of Antwerp, Belgium, 2008)	Monitoring and analysis of turbidity created by the dredging works in view of minimizing the environmental impact of the ploughing works.
Turbidity plume measurements during aggregate dredging (France, 2008)	Development and execution of a measuring protocol to monitor current velocities and turbidity caused by the overflow during the dredging process of aggregate extraction (in order to obtain an environmental license).
Monitoring the behaviour of sediments disposed by a TSHD. (France, 2009)	Development and execution of a measuring protocol to determine the fate of disposed sediments on short, medium and long term and to quantify as much as possible the physical parameters and phenomena involved. In particular, dredge plume behaviour and the existence of fluid mud at the disposal site were investigated.

Data outputs







Waterlevel measurements at Lippenbroek (2009-2010)

Experts in water

Van Immerseelstraat 66
B 2018, Antwerpen
Belgium





Phone +32 3 270 92 95
Fax +32 3 235 67 11

www.imdc.be
E-mail: info@imdc.be

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 69 von 193





A.7 Aquadopp Profiler 2 MHz







  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 70 von 193

Technical specifications

→ Water velocity measurements	
Maximum profiling range	4-10 m
Cell size	0.1-2 m
Minimum blanking	0.05 m
Maximum number of cells	96
Measurement cell position	N/A
Default position (along beam)	N/A
Velocity range	±10 m/s
Accuracy	±1% of measured value ±0.5 cm/s
Velocity precision	Consult instrument software
Maximum sampling rate(output)	1 Hz
Internal sampling rate	23 Hz
→ Echo intensity (along slanted beams)	
Sampling	Same as velocity
Resolution	0.45 dB
Dynamic range	90 dB
Transducer acoustic frequency	2 MHz
Number of beams	3
Beam width	1.7°
→ HR option	
Maximum profiling range	3 m
Cell size	7-150 mm
Minimum blanking	0.03 m
Maximum number of cells	128
Range/Velocity limitations	Product of profiling range and velocity should not exceed 0.5 m ² /s (2 MHz system)
Accuracy	±1% of measured value ±0.5 cm/s
Max. sampling rate	1 Hz (continuous mode, 16 Hz (burst mode))
→ Z-Cell option	
Cell zero acoustic frequency	N/A
Maximum profiling range	N/A
Number of beams	N/A
→ Sensors	
Temperature:	Thermistor embedded in head


  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 71 von 193

→ Sensors	
Temp. range	-4 to +40 °C
Temp. accuracy/resolution	0.1 °C/0.01 °C
Temp. time response	10 min
Compass:	Magnetometer
Accuracy/resolution	2°/0.1° for tilt < 20°
Tilt:	Liquid level
Accuracy/resolution	0.2°/0.1°
Maximum tilt	30°
Up or Down	Automatic detect
Pressure:	Piezoresistive
Range	0-100 m (inquire for options)
Accuracy/precision	0.5% FS / 0.005% of full scale
→ Analog inputs	
No. of channels	2
Supply voltage to analogoutput devices	Three options selectable through firmware commands: 1) Battery voltage/500 mA, 2) +5 V/250 mA, 3) +12 V/100 mA
Voltage input	0-5 V
Resolution	16-bit A/D
→ Data recording	
Capacity	9 MB, can add 4/16 GB
Data record	9*Ncells + 32 bytes
Diagnostics record	N/A
Wave record	Nsamples * 24 + 60 bytes
Mode	Stop when full (default) or wrap mode
→ Real-time clock	
Accuracy	±1 min/year
Backup in absence of power	4 weeks
→ Data communications	
I/O	RS-232 or RS-422
Communication baud rate	300-115200 Bd
Recorder download baud rate	600/1200 kBd for both RS-232 and RS-422
User control	Handled via "Aquadopp" software, ActiveX@function calls, or direct commands with binary or ASCII data output
→ Connectors	
Bulkhead	MCBH-8-FS
Cable	PMCIL-8-MP on 10 m polyurethane cable

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 72 von 193

→ Software	
Functions	Deployment planning, instrument configuration, data retrieval and conversion (for Windows®)
→ Power	
DC input	9-15 V DC
Maximum peak current	3 A
Avg. power consumption	0.03 W
Sleep current	< 100 ?A
Transmit power	0.3-20 W, 3 adjustable levels
→ Batteries	
Battery capacity	1) 50 Wh (alkaline or Li-ion), 2) 165 Wh (lithium), 3) Single or dual
New battery voltage	13.5 V DC (alkaline)
→ Environmental	
Operating temperature	-5 to +40 °C
Storage temperature	-20 to +60 °C
Shock and vibration	IEC 60068-1/IEC60068-2-27/IEC60068-2-64
EMC approval	IEC 61000
Depth rating	300 m, (3000 m and 6000 m option)
→ Materials	
Standard model	POM and polyurethane plastics with titanium fasteners
→ Dimensions	
Maximum diameter	75 mm
Maximum length	~550 mm (single battery), +110 mm (double battery) depending on head configuration
→ Weight	
Weight in air	2.2 kg
Weight in water	0.2 kg
→ Options	

1) Alkaline, lithium or Li-ion external batteries, 2) Inquire for different head configurations

	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 73 von 193

A.8 Bei den mobilen Messungen eingesetztes Untersuchungsschiff









Phone: +49 (0) 172 3790628
E-Mail: Geograph@geogroup.de

MV 'GEO GRAPH'
Survey Vessel

Classification / Flag / Registration		General dimensions	
Vessel name	GEO GRAPH	Length overall	18,00 m
Flag	German	Breadth overall	4,95 m
Call Sign	DABA2	Draft	1,20 m
MMSI	218084000	Gross tonnage	50
Port of registry	Wilhelmshaven (Germany)	Total height	8,50 m
Built	2006	Minimum height	4,40 (mast folded)
Builder	Fassmer, Berne	Marine crew	2 (Captain, Deckshand)
Range	Coastal 50 NM	Capacity passengers	4
Classification	DNV		
Survey equipment		Navigation	
Multibeam/MBES	Reson Seabat 7125	Radar	Furuno FR 7062 G
Sidescan Sonar/SSS	Klein 4900 / CMax	UKW	DSC Sailor 6222 A
Gyro/Motion reference	iXBlue Hydrins II Surface	VHF	DSC Sailor RT 5022
Hydrographic software	QINSy, NavAQ	Electronic Sea Chart	Kelvin Hughes Manta
Subbottom Profiler/SBP	Innomar SES 2000 compact	D-GPS	Furuno GP 150
Magnetometer/MAG	Marine Magnetics SeaSPY	AIS	SAAB R4 AIS
		Magnetic compass	Cassen + Plath
		Radar Transponder	Jotron Tron 60 S
		Boardnet	12V / 24V / 220V
Speed		Safety	
Max. speed	22 kn	Life raft	1 for 12 persons
Survey speed	4 kn	Personal safety gear	for 6 persons
		EPIRB	Sailor SE 406 II
Capacities		Accommodation	
Fuel	3140 l	Cabins	2/pantry/toilet
Fresh water	500 l		
Faeces tank	1000 l		
Machinery / Propulsion			
Main diesel engines	MAN 2x463 kW		
Aux Engine	2 kVA		



Geo Ingenieurservice Nord-West GmbH & Co. KG
Kutterstraße 3, 26386 Wilhelmshaven / Germany
www.geogroup.de
Phone +49 4421 91787 - 0 / Fax - 18

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 74 von 193

A.9 Zum Ausbringen/Einholen des Meeresbodengestells eingesetzte Schiffe









Otto Wulf GmbH & Co. KG
Helgoländer Kai 10
27472 Cuxhaven
Tel.: +49 (0)4721 - 71 66 0
Fax: +49 (0)4721 - 71 66 33

Branch Office Rostock
Alter Hafen Nord 210
18069 Rostock
Tel.: +49 (0)381 - 660 964 94
info@wulf-tow.de
www.wulf-tow.de



Volle Kraft voraus zum Erfolg
Moving ahead to success

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 75 von 193






FACTS > WULF 4




Type: DAMEN Shoalbuster 2609

Call sign: DFIA

IMO No.: 9639737

Mobile: + 49 (0)171 - 211 74 15

Sat Tel.: + 870 - 773 189 827

E-mail: wulf4@tug.wulf-tow.de

Flag: German

Class: BUREAU VERITAS, I + HULL
 • MACH, Tug; Unrestricted navigation; • AUT-UMS

Length: 26.02 m

Breadth: 9.10 m

Draught: max. 2.63 m

Tonnage: 212 GRT

Main engines: 2 CATERPILLAR 3508 TA/C
 1,640 bKW (2,230 bHp) at 1,600 rpm

Auxillaries: 2 John Deere 4045TFM76
 230/400 V, 62 kVA, 50 Hz

Propulsion: 2 fixed pitch propellers, 1,800 mm; bow thruster

Bunker: 121.7 m³ diesel

Bollard pull: 30 t




Equipment: 2 radars, gyro compass, autopilot, GPS, chart platter, 2 echo sounder, speed log, 2 VHF, SSB MF/HF, navtax, AIS, moonpool: equipped with winch for lowering and lifting transducers, 1 deck crane EFFER 125000-4S 14.35 t @ 7.32 m, 5.3 t @ 18.03 m, equipped with runner winch, SWL 5 t (with 70 meters of wire)

Accommodation: 5 crew + 2 reserve

Towing gear: stern roller SWL 50 t, anchor handling/towing winch: 2 drums (40 t pull, 50 t hold):
 - 1 with steel wire with 600 m length and 36 mm dia.
 - 1 with steel wire with 400 m length and 36 mm dia.
 tugger winch: hydraulic SWL 8 t,
 towing pins: WK hydraulics 3 pins with wire/rope locking option, SWL 70 t

4

www.wulf-tow.de

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 76 von 193







WULF 9

Otto Wulf GmbH & Co. KG
 Helgoländer Kai 10
 27472 Cuxhaven
 Tel.: +49 (0)4721 - 71 66 0
 Fax: +49 (0)4721 - 71 66 33

Branch Office Rostock
 Alter Hafen Nord 210
 18069 Rostock
 Tel.: +49 (0)381 - 660 964 94
 info@wulf-tow.de
 www.wulf-tow.de



Volle Kraft voraus zum Erfolg
 Moving ahead to success





  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 77 von 193



FACTS > WULF 9



Call sign:	DFLW
IMO No.:	8714243
Mobile:	+49 (0)160 - 904 878 22
Sat Tel.:	+870 - 773 189 838
E-mail:	wulf9@tug.wulf-tow.de
Flag:	German
Class:	RINA C+ tug; unrestricted navigation
Length:	33.10 m
Breadth:	10.00 m
Draught:	max. 5.00 m
Tonnage:	429 GRT
Main engine:	2 MAK type 8M332 each 1,600 kW at 750 RPM 2 Lian Compass Thrusters, TCN 92/62-250 CCP 4 blades 2,500 mm dia.
Auxillaries:	2 Volvo Penta TD 1 21 CHC, 200 kVA / 400 v 3 phase 50 Hz
Bunker:	234 m ³ diesel
Bollard pull:	max. 58 t, continuous 54 t
Equipment:	2 radars, GPS, Gyro compass, navtex, electronic chart plotter, autopilot, echo-sounder, 1 magnetic compass, GMDSS AREA A1 +A2, 1 deck crane EFFER max. 50 t 13.8 t @ 4.47 m, 9.7 t @ 6.3 m, 8.6 t @ 8.1 m, 5 t @ 10 m
Salvage equipment:	anchor retrieving equipment 1 MOB boat (25 hp)
Accommodation:	5 crew + 3 reserve
Towing gear and equipment:	1 fore harbour towing winch (45 t pull, 150 t hold): 1 drum with 80 m length and 44 mm dia. steel wire 1 aft towing winch (60 t pull, 150 t hold): 2 drums: - 1 with steel wire 6x36WS+WRC with 550 m length and 48 mm dia. - 1 with steel wire with 100 m length and 44 mm dia. 1 towing hook SWL 60 t towing pins, shark jaws

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Metoceane Kampagne	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU		Seite 78 von 193

Anhang B Messstandorte

B.1 Mobile Messungen – Koordinaten des Transekts





	O (UTM32 – WGS84)	N (UTM32 – WGS84)	LAT (ttmmss – WGS84)	LÄNGE (ttmmss – WGS84)
Transekt 1 (West)	440898	5941840	53° 37' 19.315" N	08° 06' 23.104" O
Transekt 1 (Ost)	444245	5944030	53° 38' 31.469" N	08° 09' 23.882" O

B.2 Mobile Messungen – Koordinaten des SiltProfilers und der Wasserproben

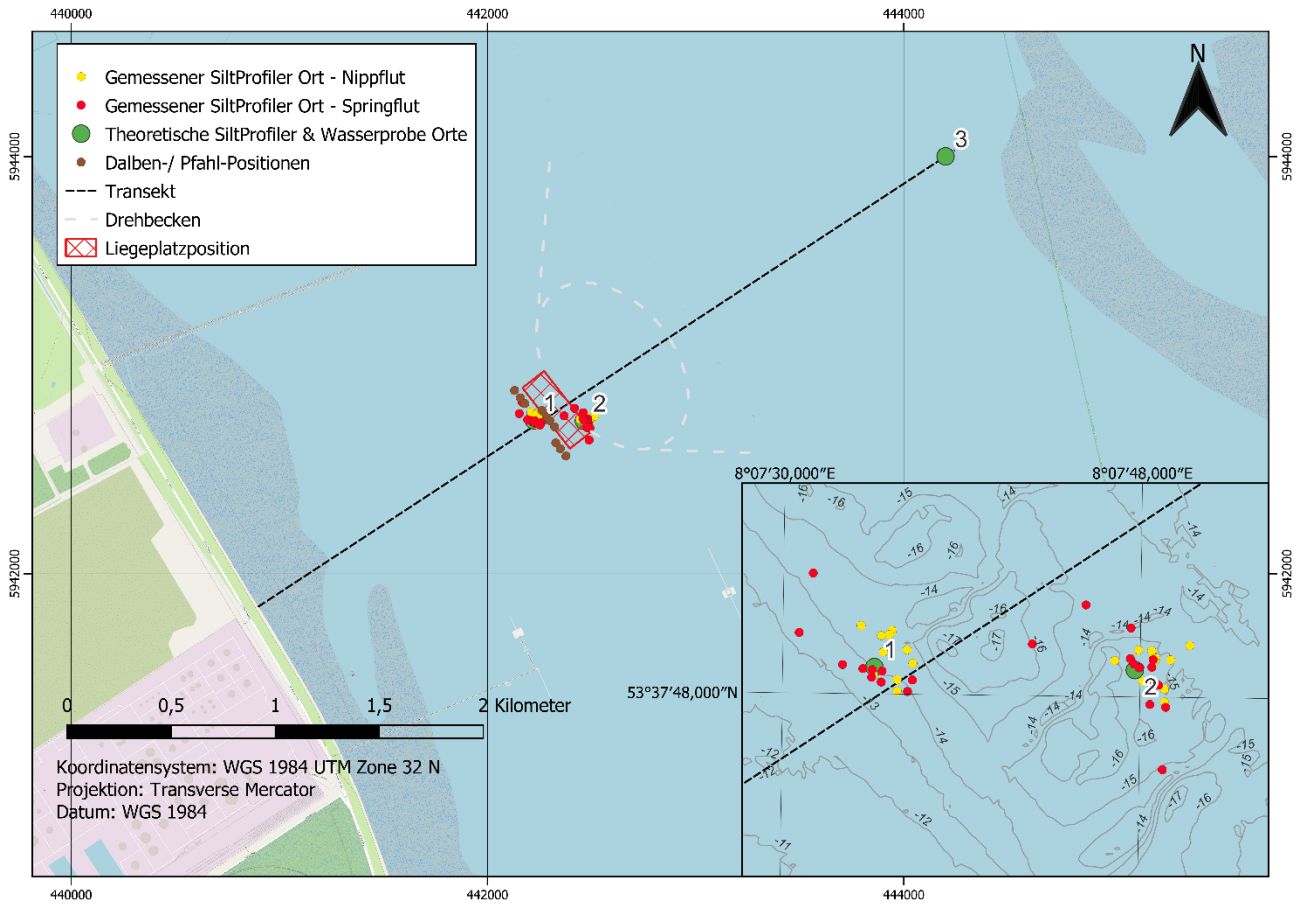
Standort-ID	O (UTM32 – WGS84)	N (UTM32 – WGS84)	LAT (ttmmss – WGS84)	LÄNGE (ttmmss – WGS84)
1	442222	5942736	53° 37' 48.799" N	08° 07' 34.615" O
2	442463	5942733	53° 37' 48.803" N	08° 07' 47.730" O
3	444236	5944024	53° 38' 31.286" N	08° 09' 23.425" O





B.3 Stationäre Messungen – Koordinaten des Meeresbodengestells und der Signalbojen

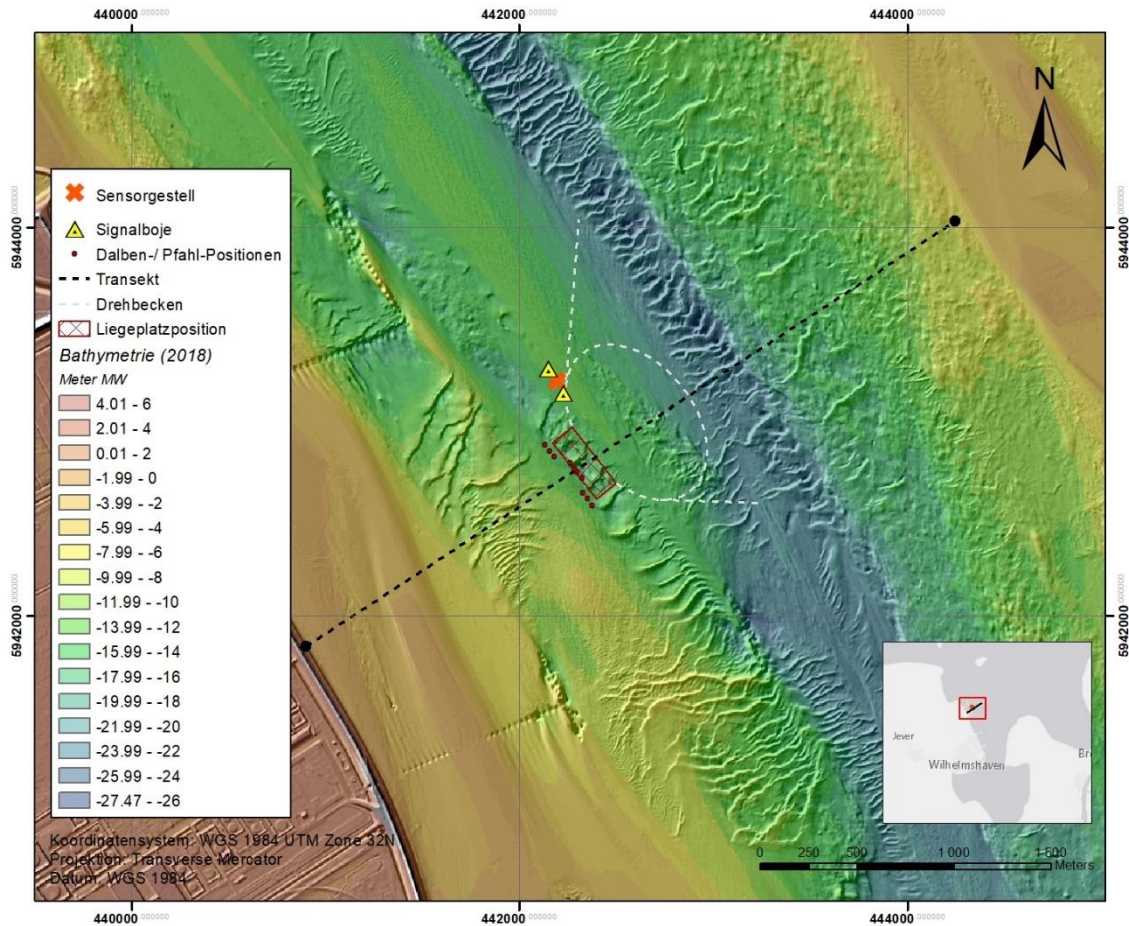
	O (UTM32 – WGS84)	N (UTM32 – WGS84)	LAT (ttmmss – WGS84)	LÄNGE (ttmmss – WGS84)	Tiefe (MSL)
Meeresbodengestell	442509	5942895	53° 37' 54.058" N	08° 07' 50.105" O	-13,96
Signalboje	442149	5943272	53° 38' 6.111" N	08° 7' 30.261" O	-13,65
Signalboje	442224	5943144	53° 38' 1.993" N	08° 7' 34.415" O	-14,13





  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 79 von 193

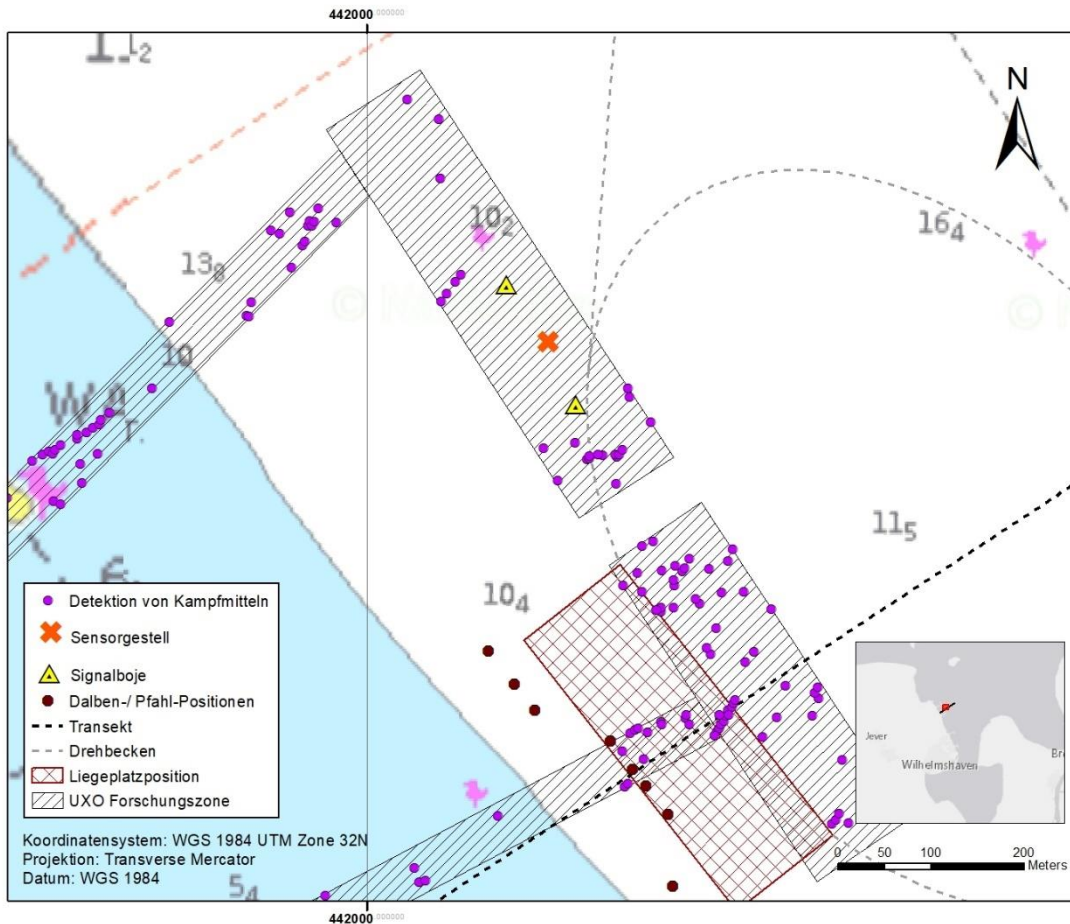
B.4 Darstellung der Messstandorte






  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 80 von 193



  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 81 von 193



  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Metoceane Kampagne	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU		Seite 82 von 193





Anhang C Mobile Messungen – Analyse der Wasserproben

C.1 Kampagne 1: Nipptide

Datum	Zeit [UTC]	Probenentnahmezeit [UTC]	Tiefe [m]	Proben-ID	SSK [mg/l]
29.03.2023	6:09:28	6:09:01	8,33	XH24	78
29.03.2023	8:28:06	8:27:39	3,75	HW3	34
29.03.2023	9:24:57	9:24:30	5,41	WK37	41
29.03.2023	9:25:03	9:24:36	5,4	SPM2	49
29.03.2023	10:01:51	10:01:24	10,95	A045	149
29.03.2023	10:56:41	10:56:14	10,4	SSC84	90
29.03.2023	12:07:07	12:06:40	5,13	SBE010	43
29.03.2023	12:45:04	12:44:37	12,6	ZT03	226
29.03.2023	13:40:54	13:40:27	12,1	HW01	327
29.03.2023	14:40:07	14:39:40	12	SBE002	230
29.03.2023	15:32:03	15:31:36	9,57	SBE008	98
29.03.2023	16:41:26	16:40:59	7,36	SSC61	40
29.03.2023	17:16:17	17:15:50	12,63	AX04	74

C.2 Kampagne 2: Springtide





Datum	Zeit [UTC]	Probenentnahmezeit [UTC]	Tiefe [m]	Proben-ID	SSK [mg/l]
05.04.2023	5:47:43	5:47:16	11,50	KP012	108
05.04.2023	6:51:18	6:50:51	3,75	WK40	54
05.04.2023	7:29:14	7:28:47	11,80	RB05	398
05.04.2023	8:45:06	8:44:39	4,40	S771	41
05.04.2023	9:30:59	9:30:32	13,85	ZEEOL1	250
05.04.2023	10:50:56	10:50:29	6,75	GOT009	68
05.04.2023	11:31:29	11:31:02	8,20	HP041	231
05.04.2023	12:40:20	12:39:53	5,50	UA01	63
05.04.2023	13:19:13	13:18:46	12,22	WK25	259
05.04.2023	15:29:24	15:28:57	9,00	HP022	285
05.04.2023	16:46:42	16:46:15	4,80	WH2	34
05.04.2023	17:19:04	17:18:37	11,60	KP003	327
05.04.2023	18:03:43	18:03:16	7,80	SPM16	92

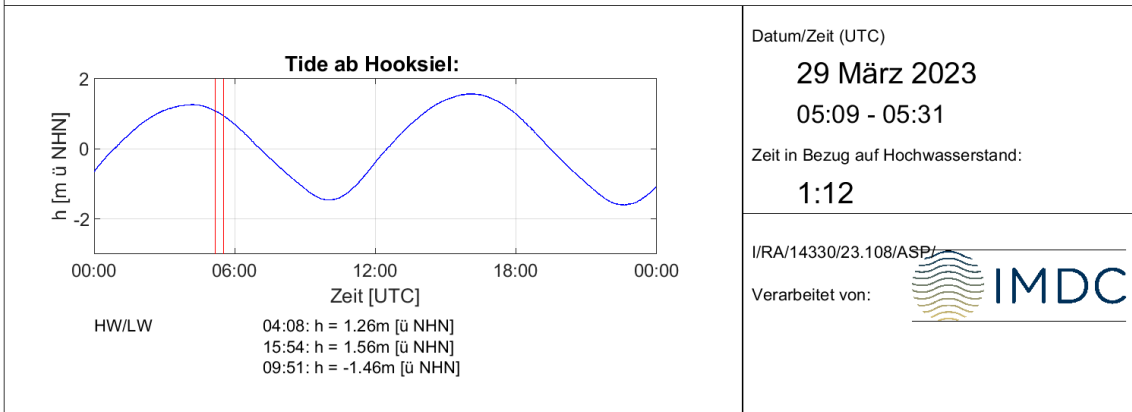
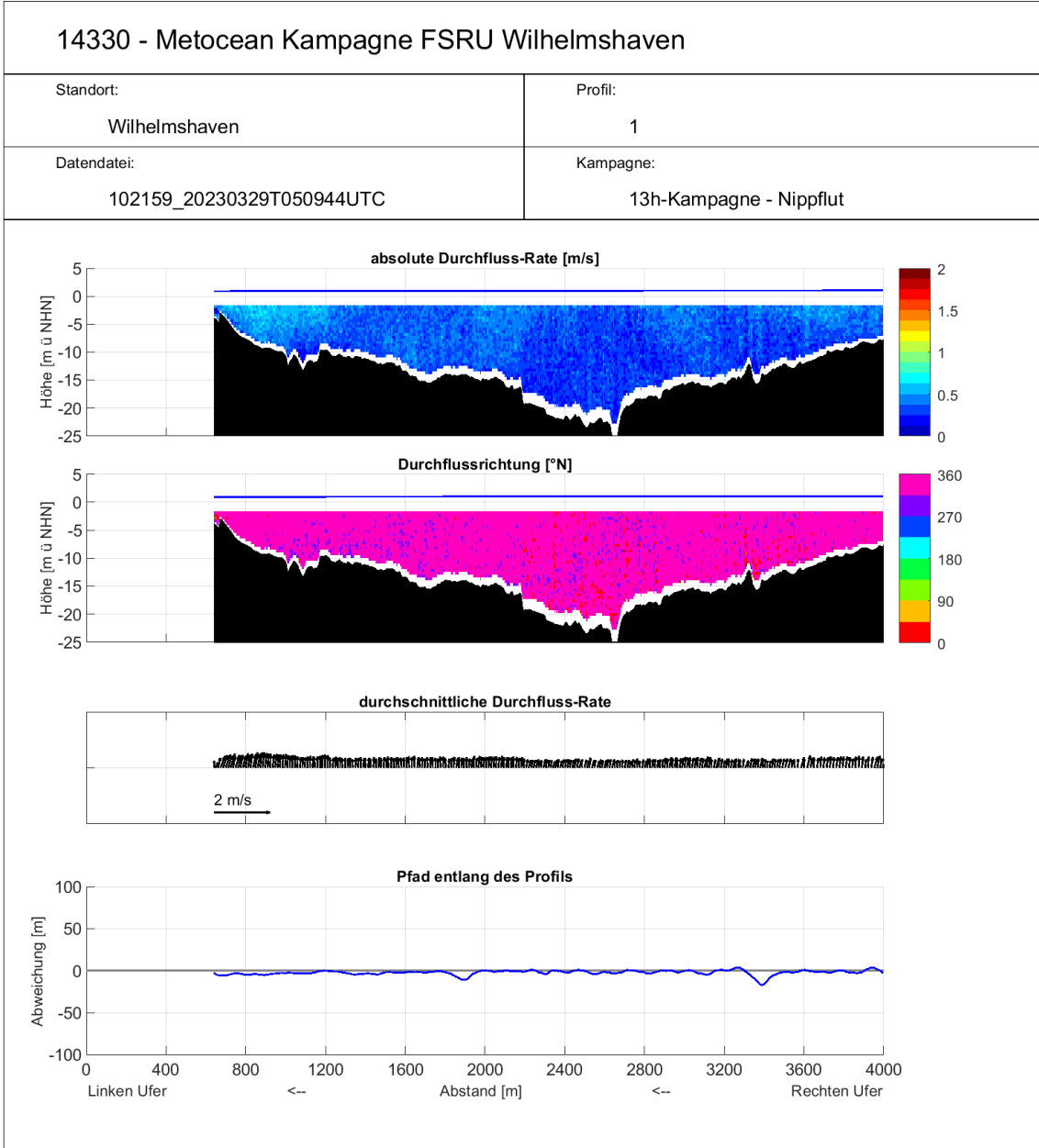
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 83 von 193





Anhang D Mobile Messungen – Daten des ADCP

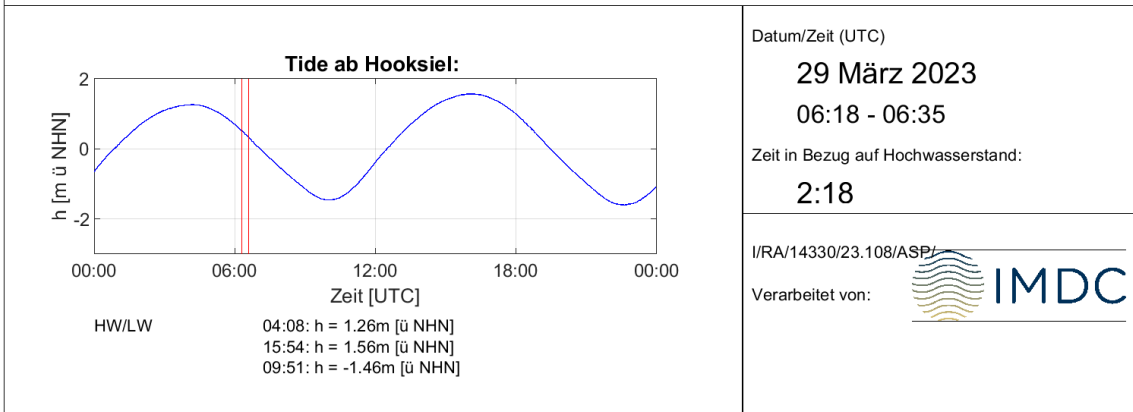
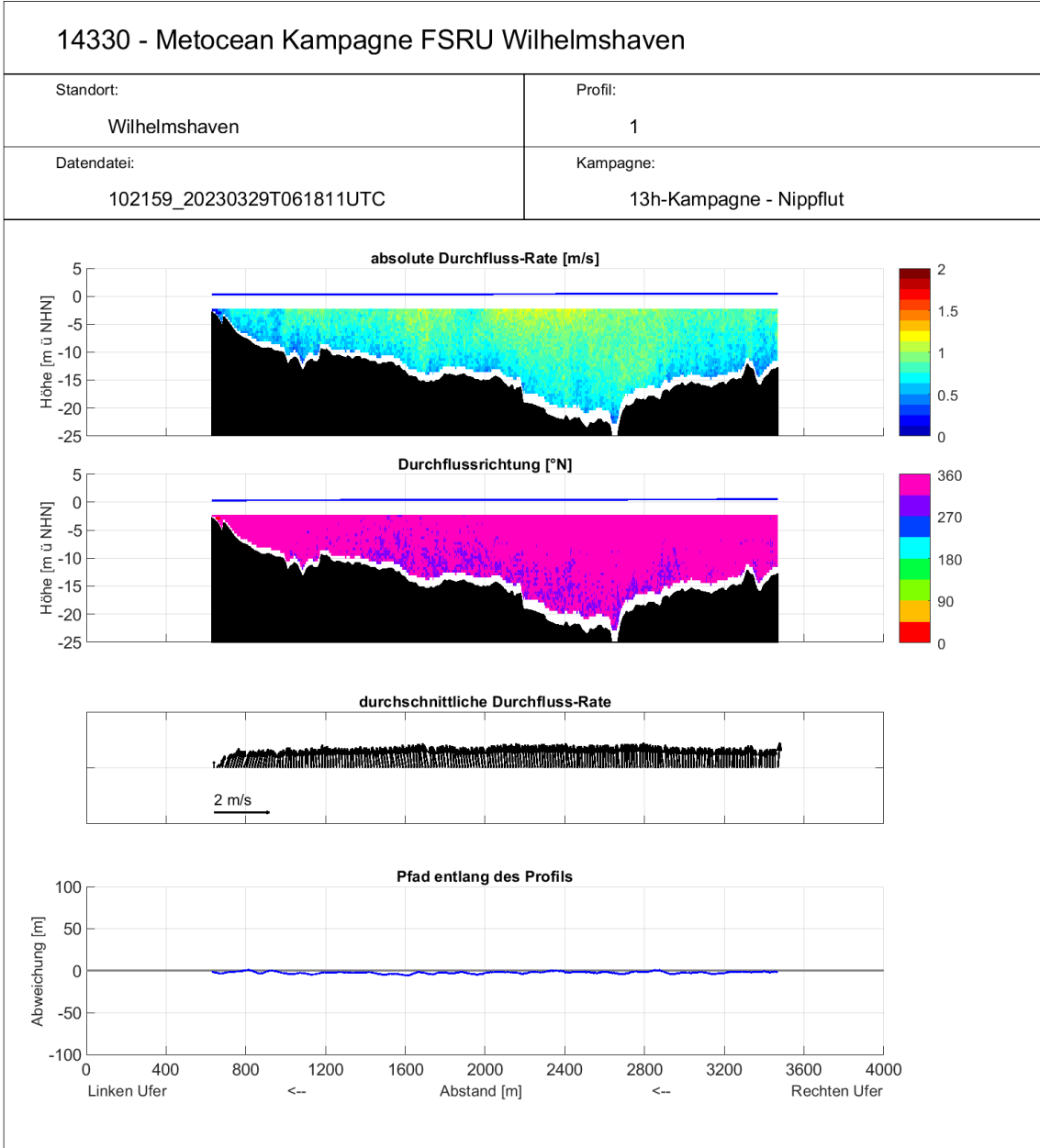
D.1 Transekte – Diagramme Strömungsgeschwindigkeit/-richtung





D.1.1 Kampagne 1: Nipptide

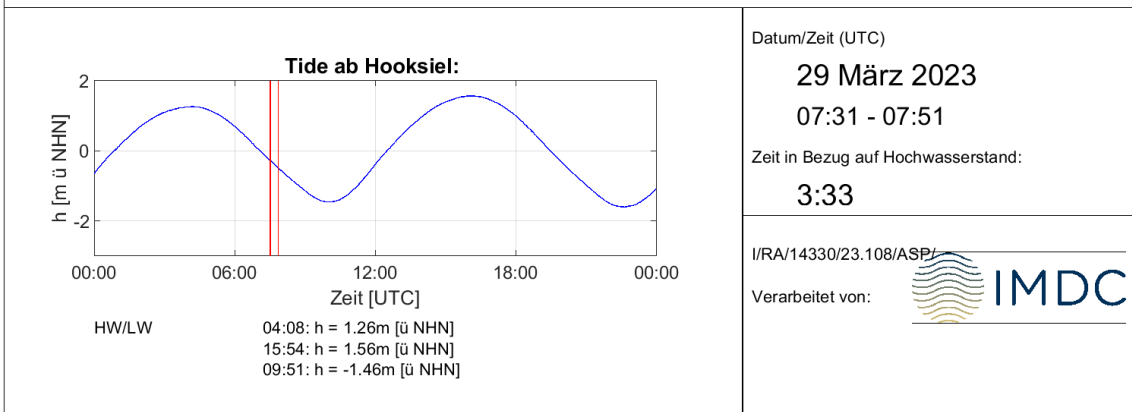
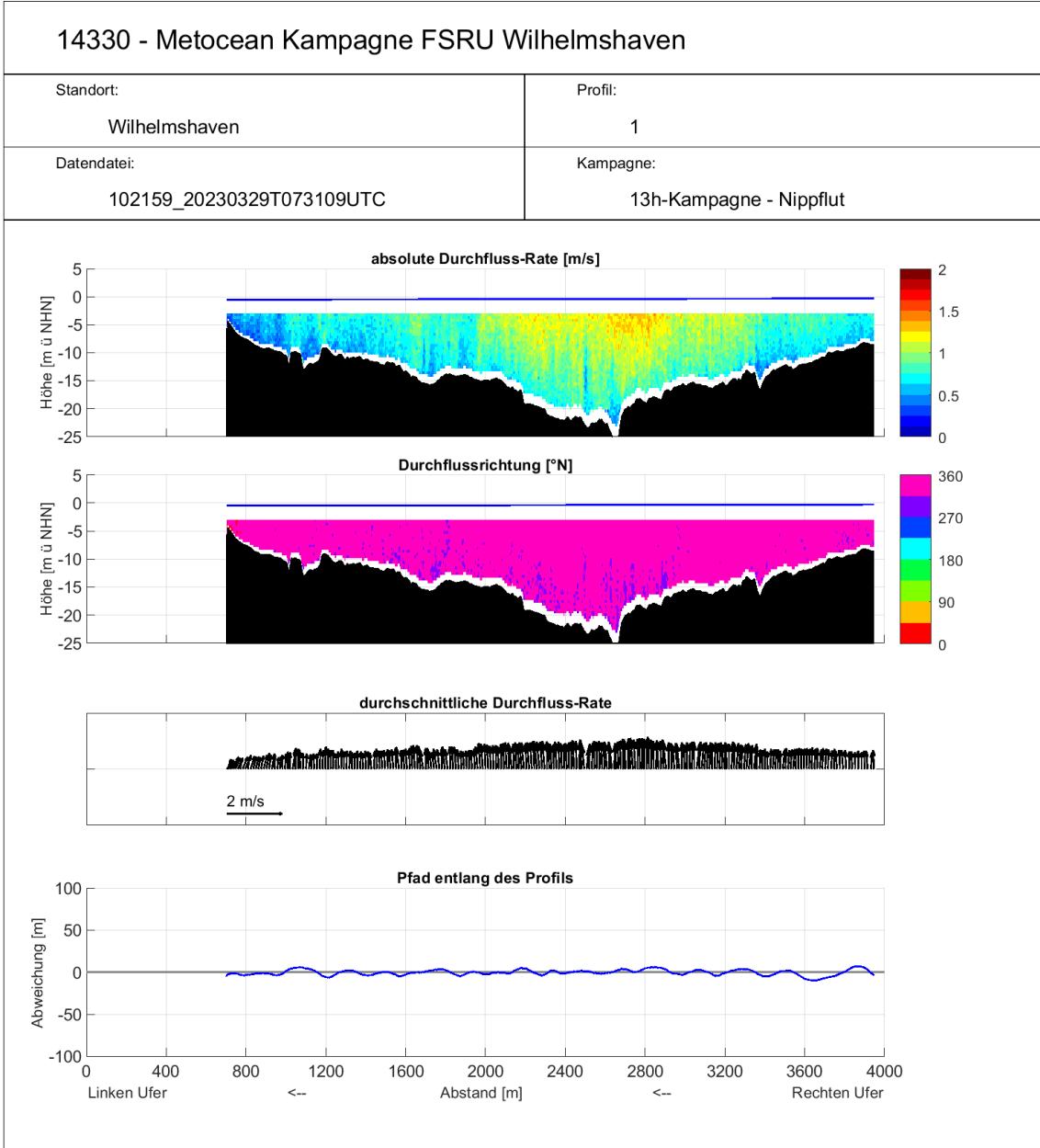
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 84 von 193







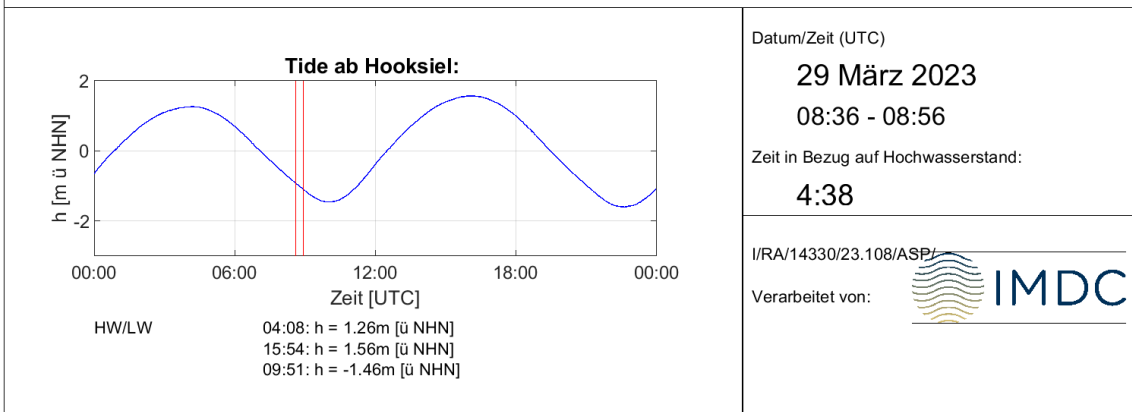
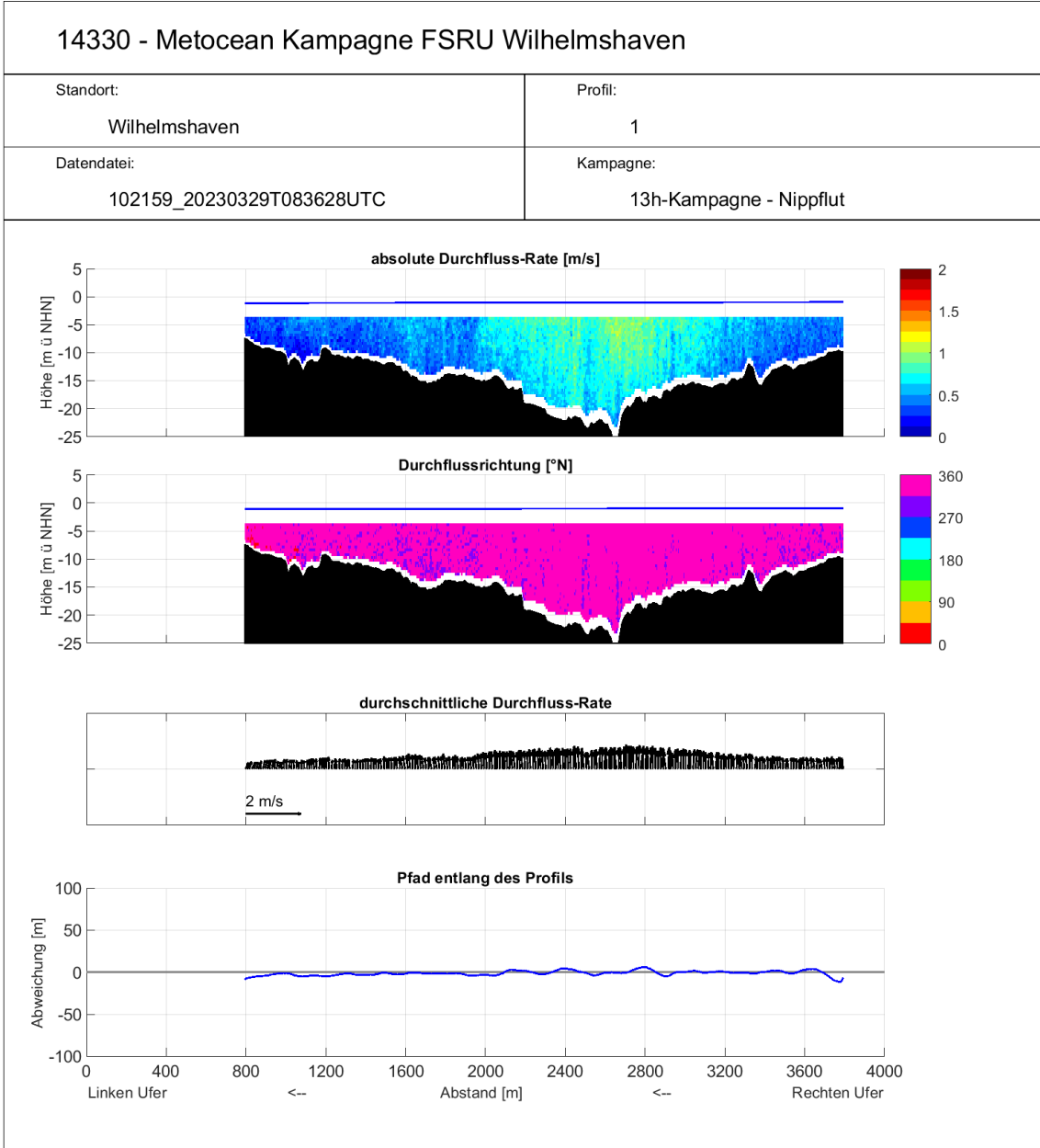
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 85 von 193







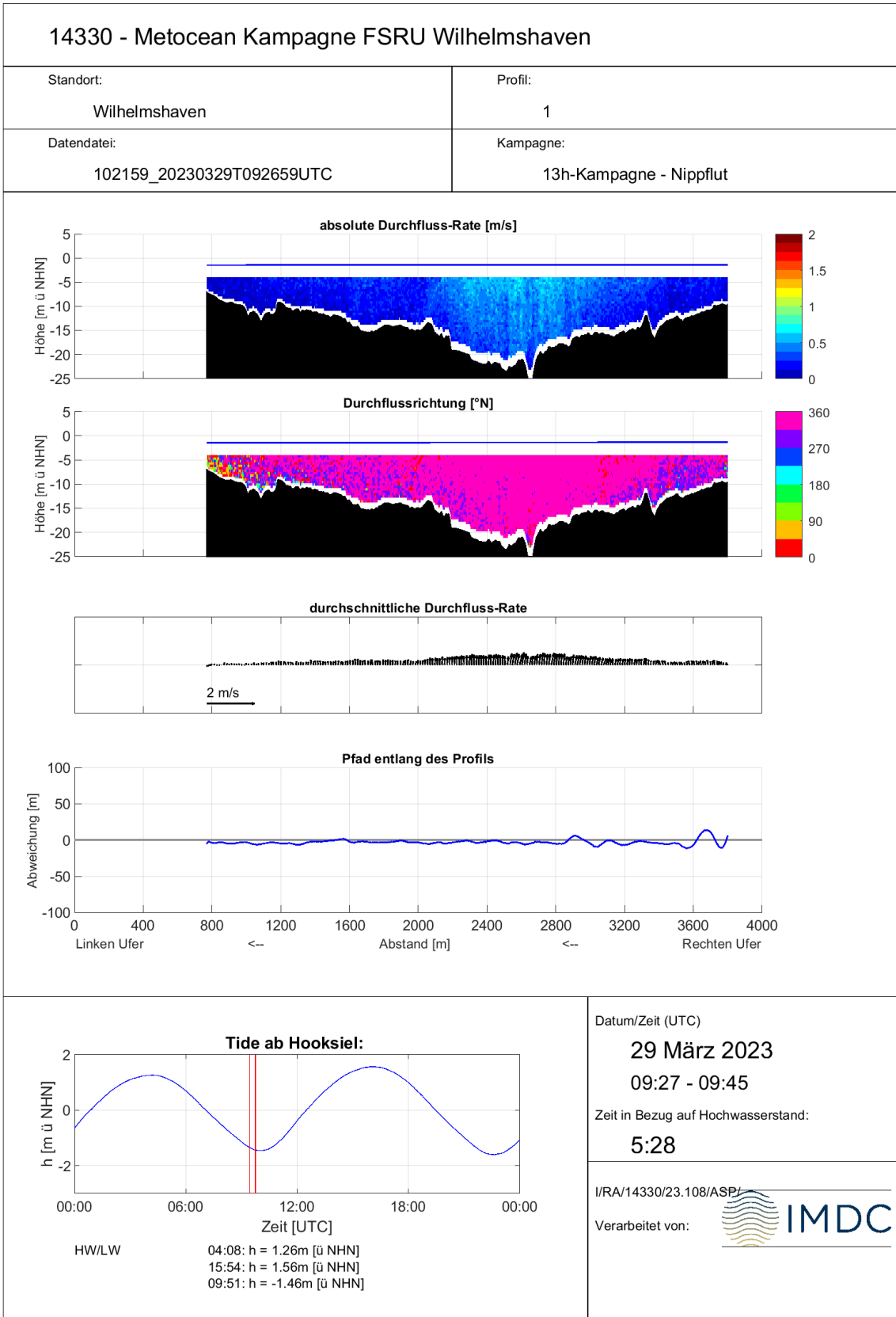
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 86 von 193







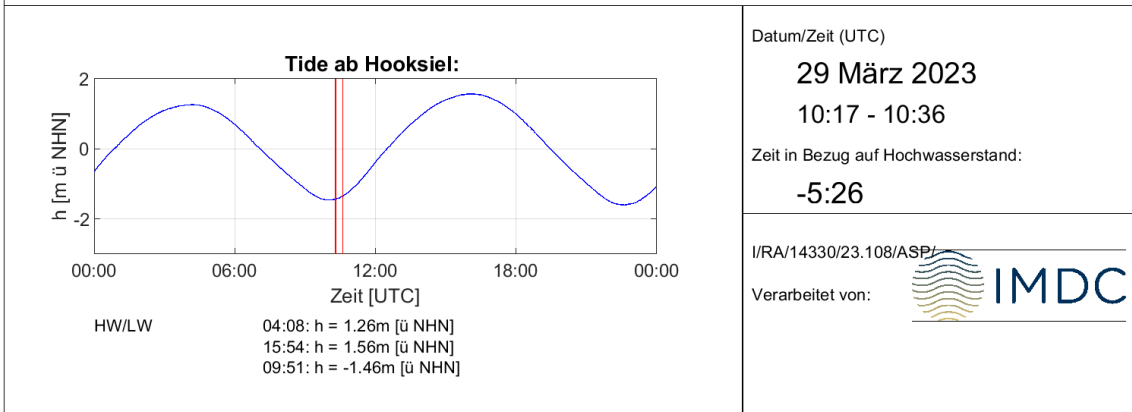
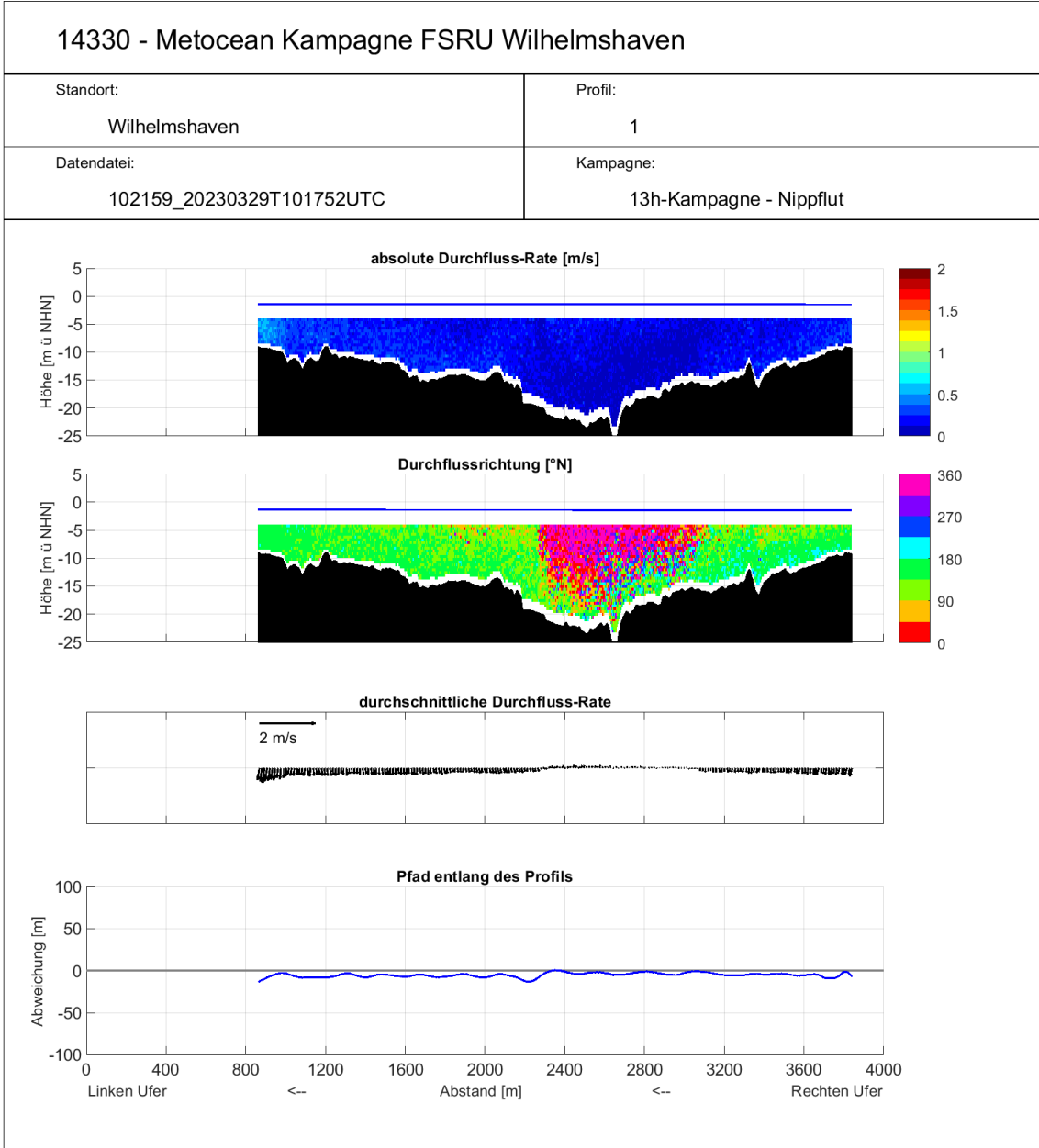
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 87 von 193







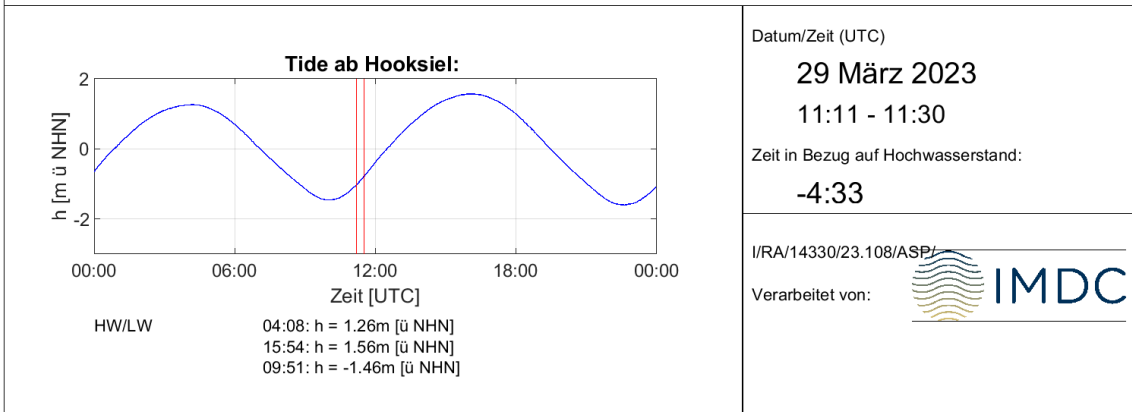
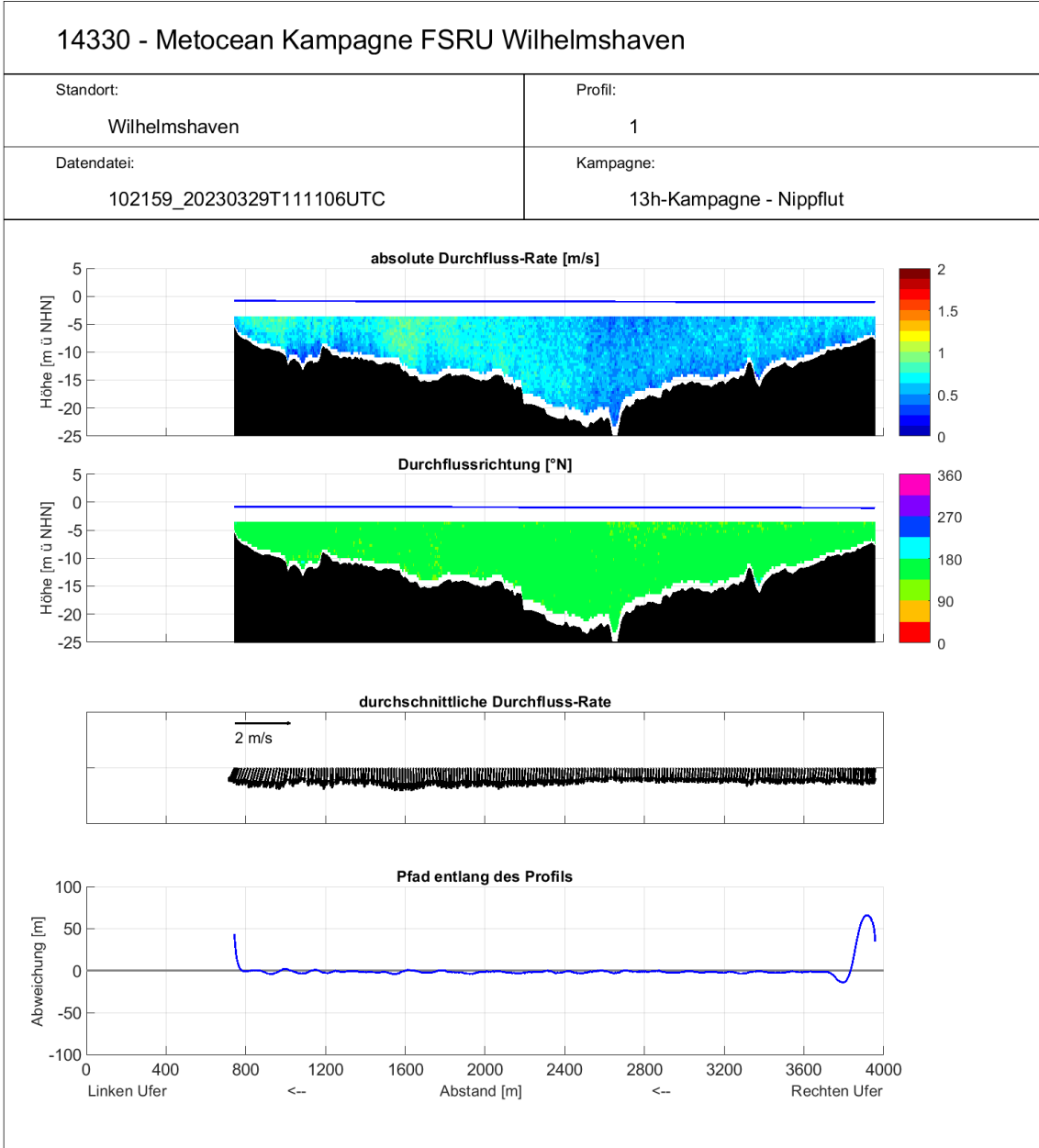
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 88 von 193





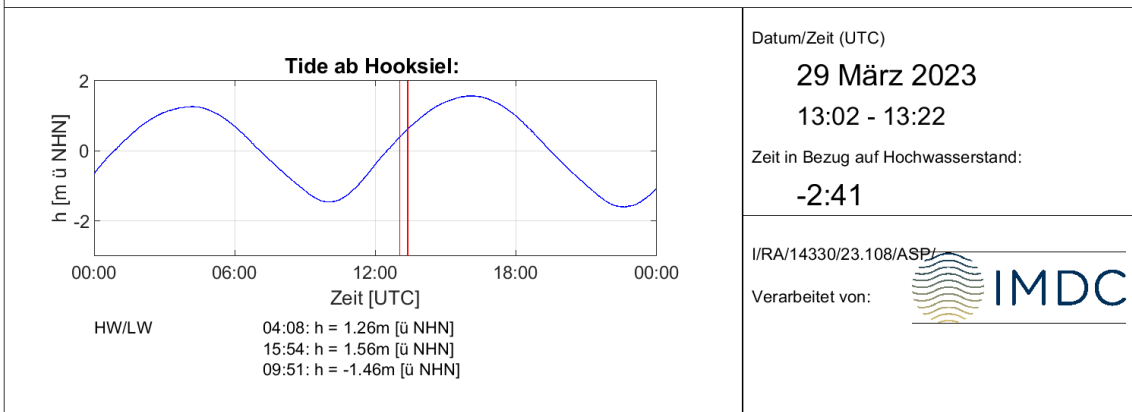
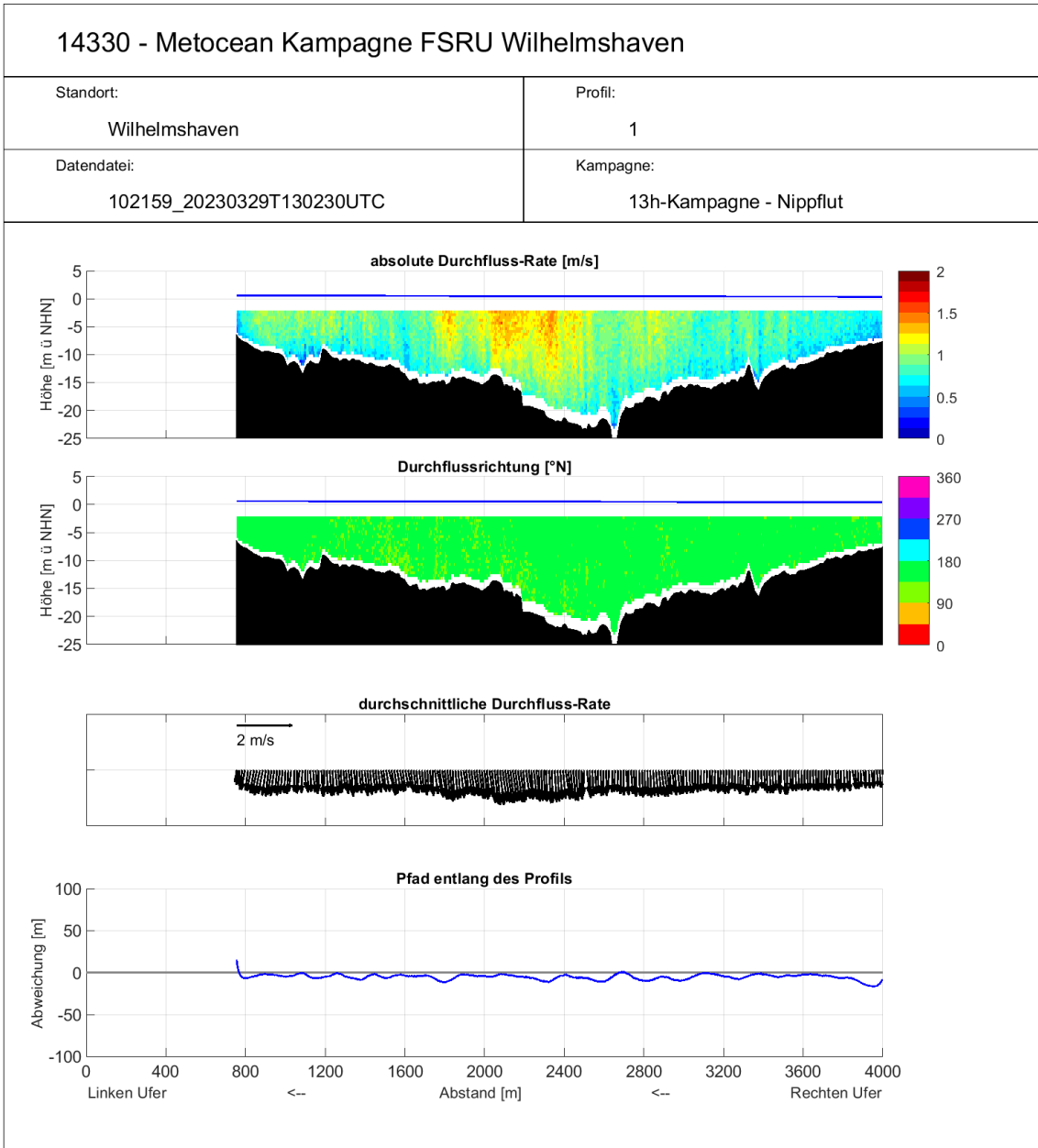
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 89 von 193





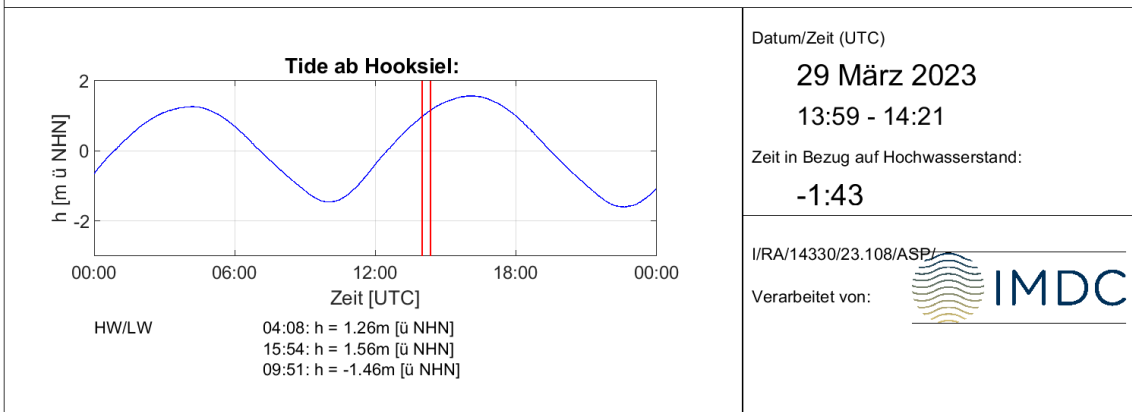
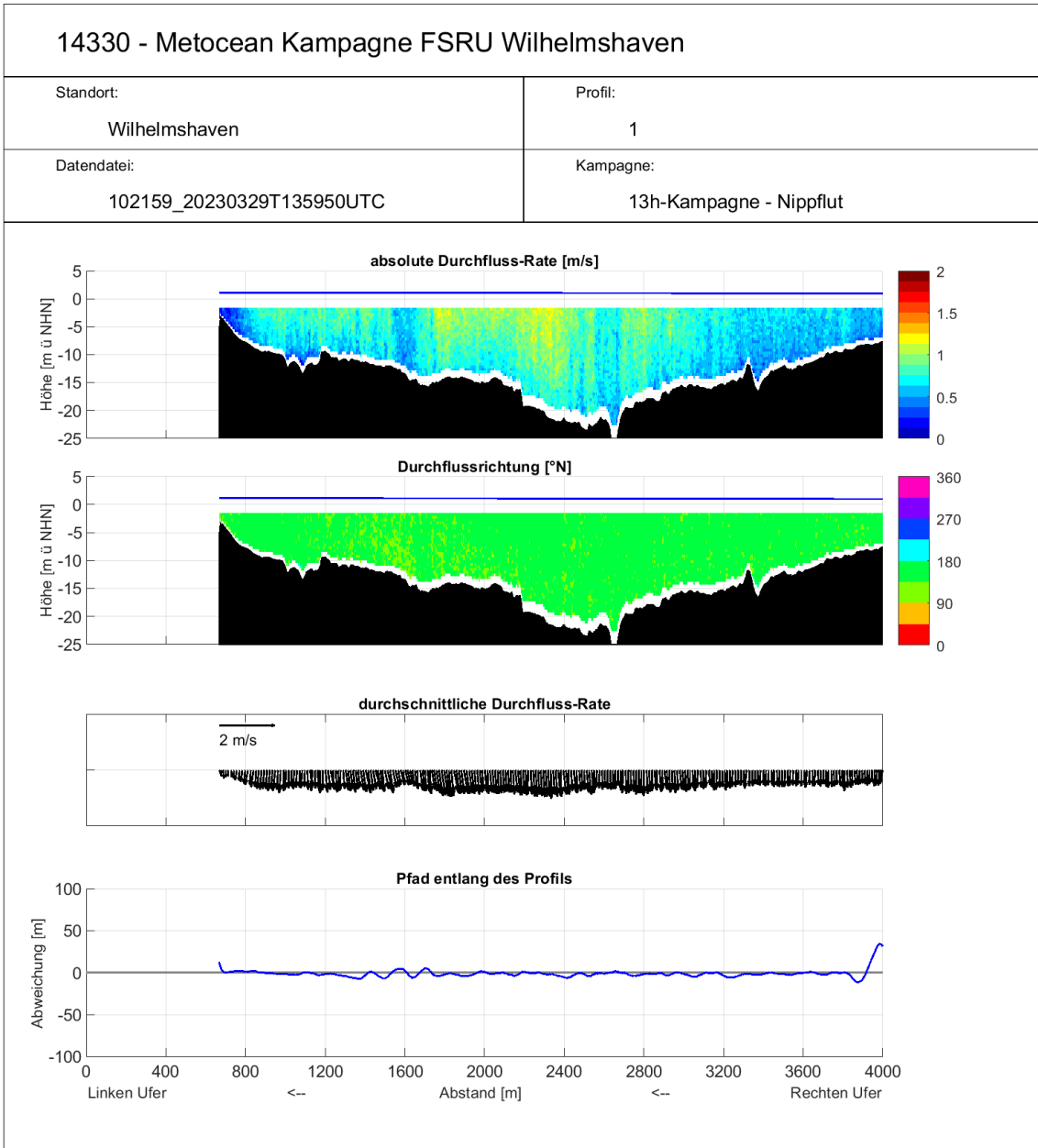
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 90 von 193







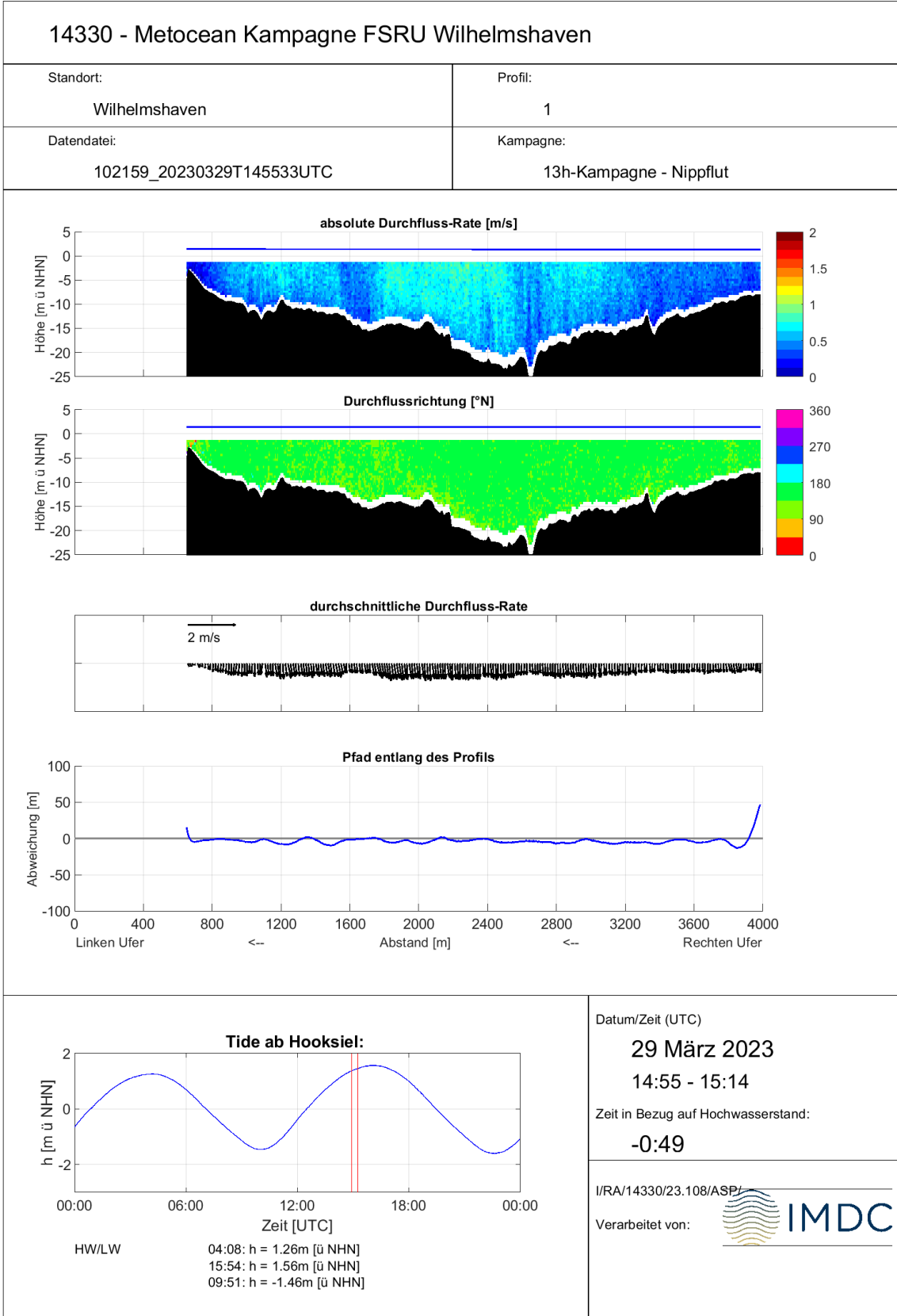
	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 91 von 193







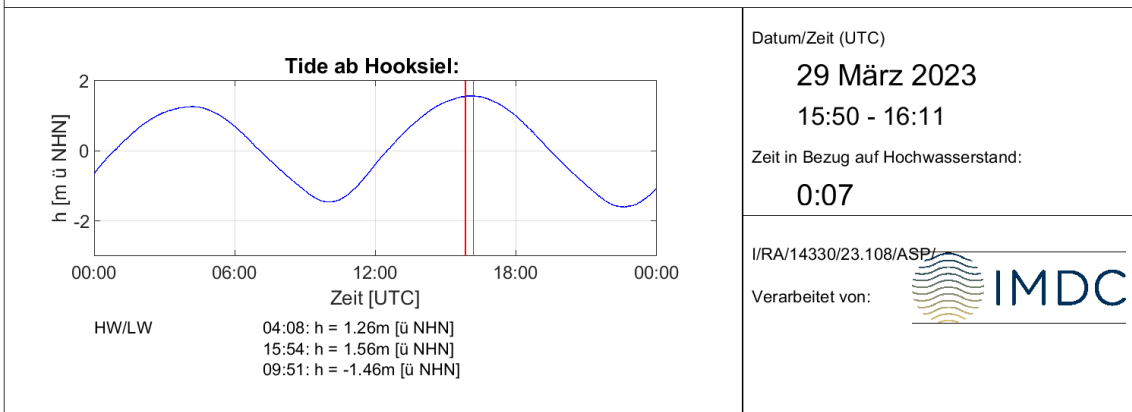
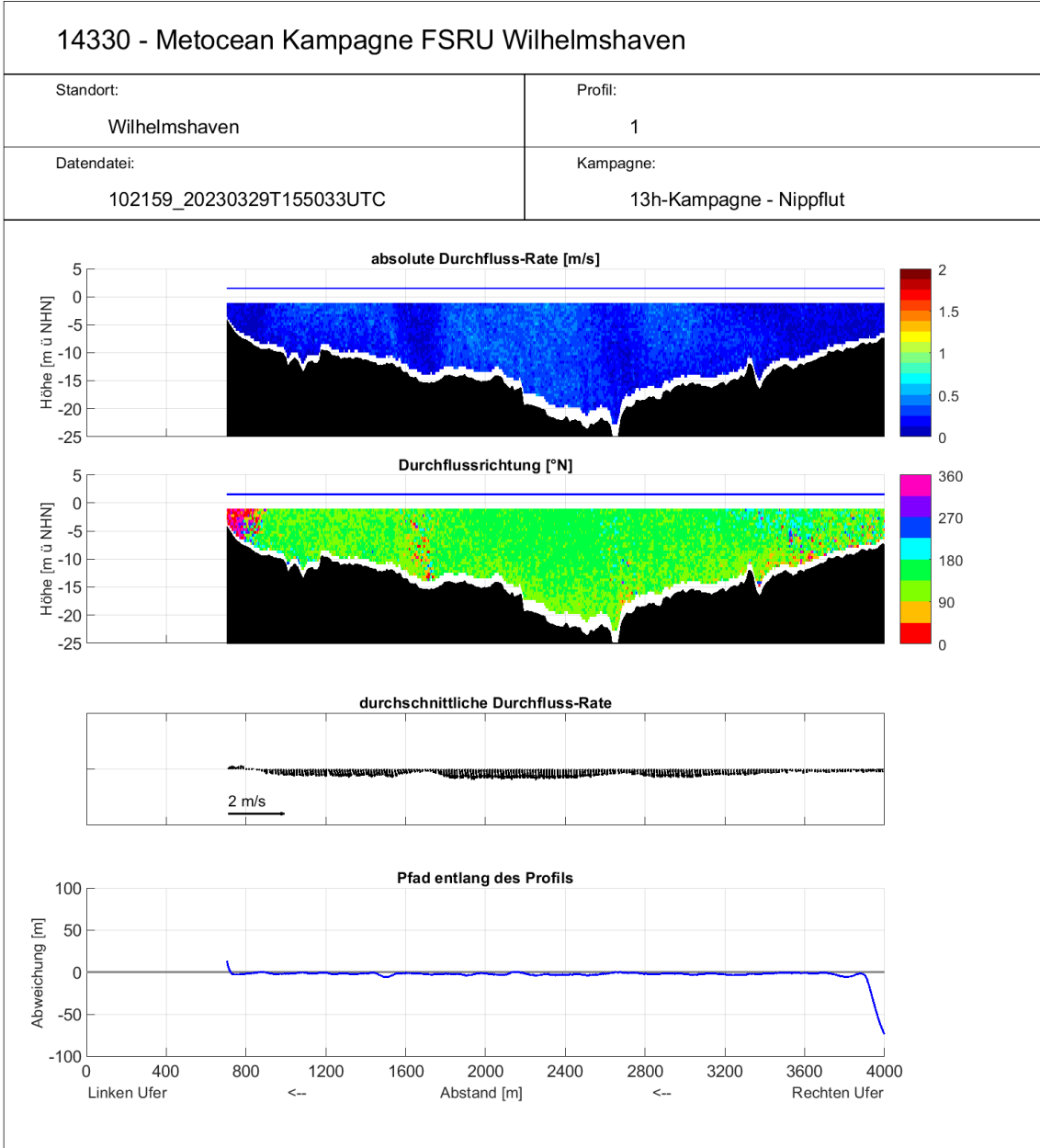
	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 92 von 193







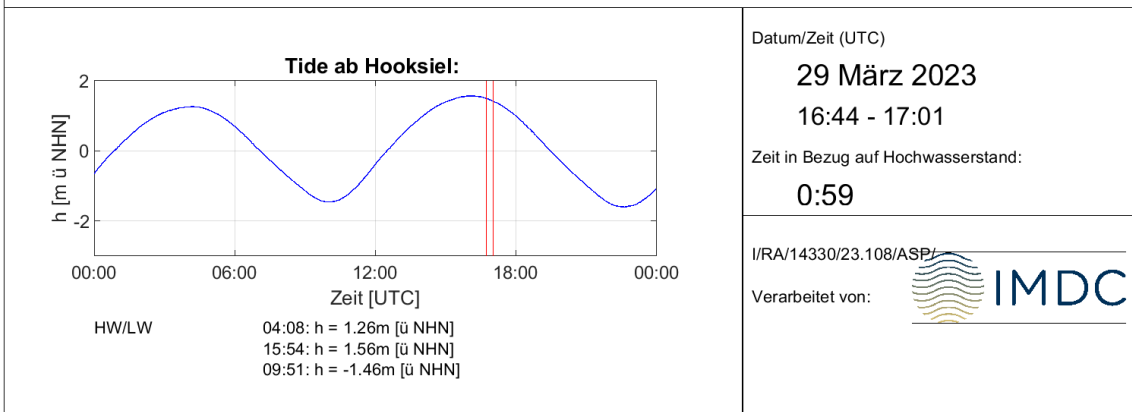
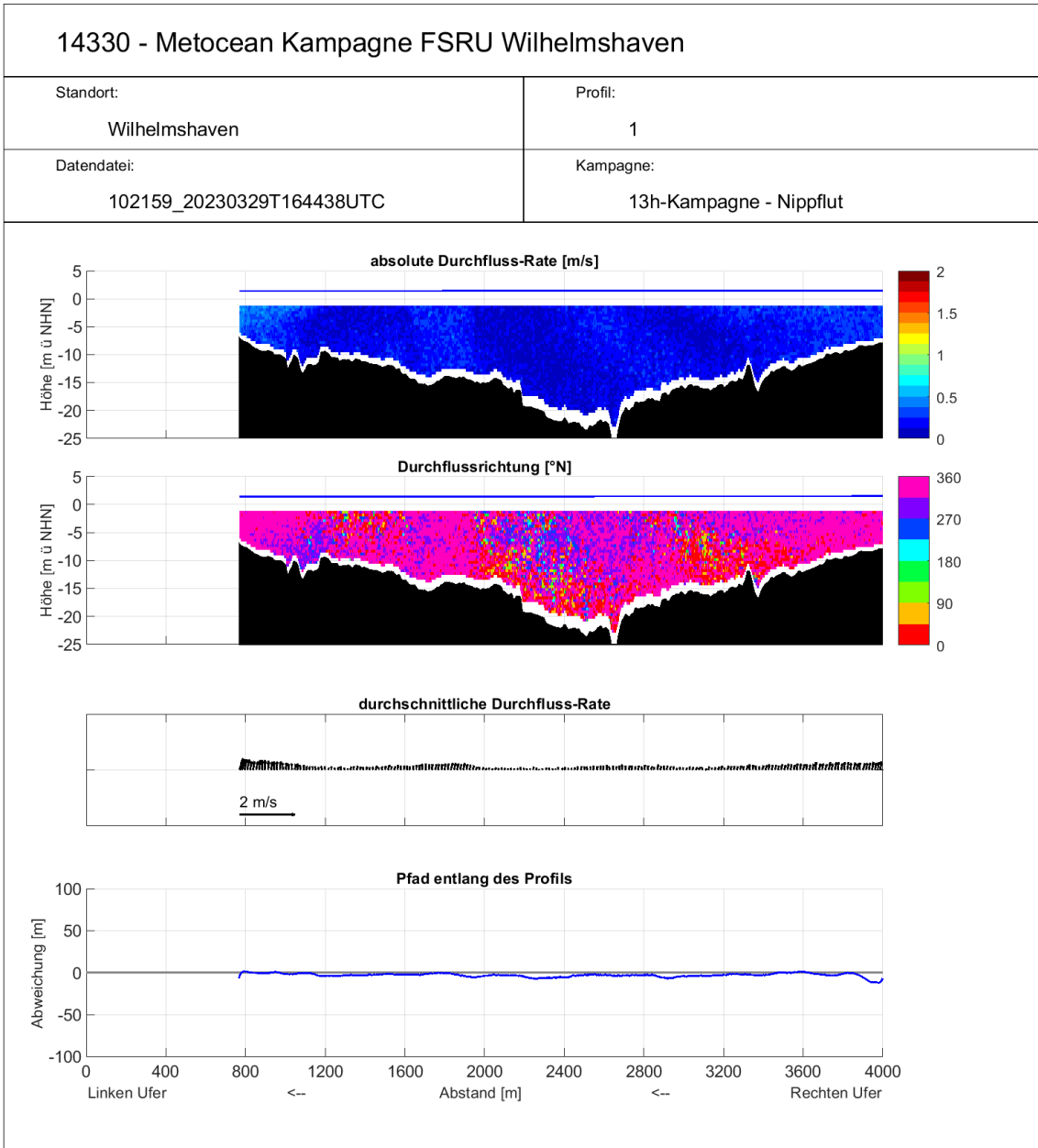
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 93 von 193







  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 94 von 193







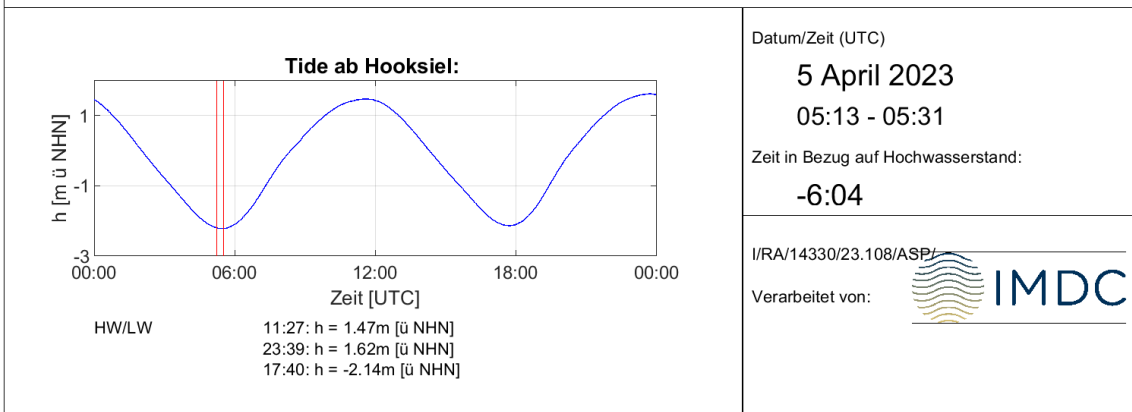
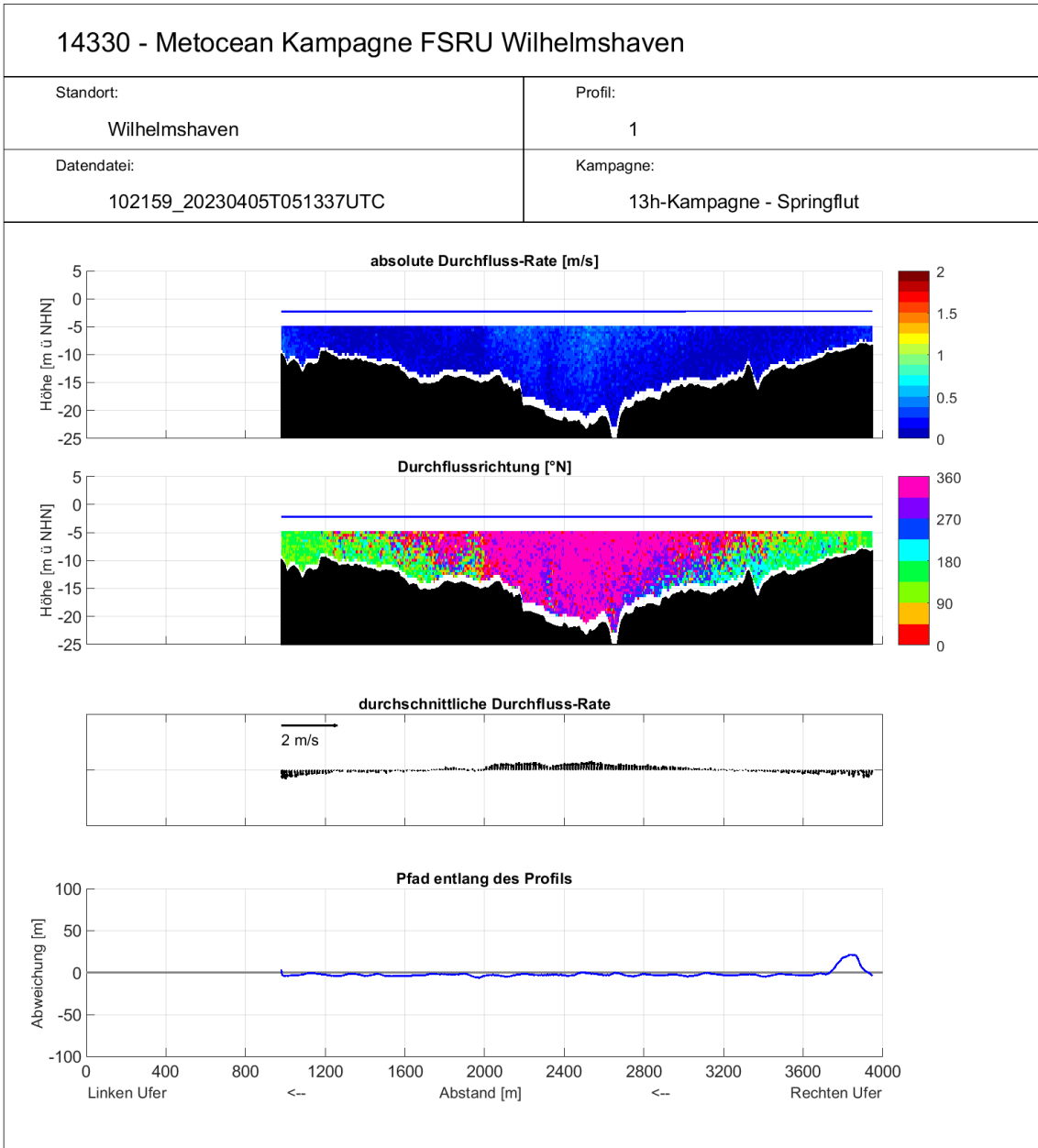
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 95 von 193







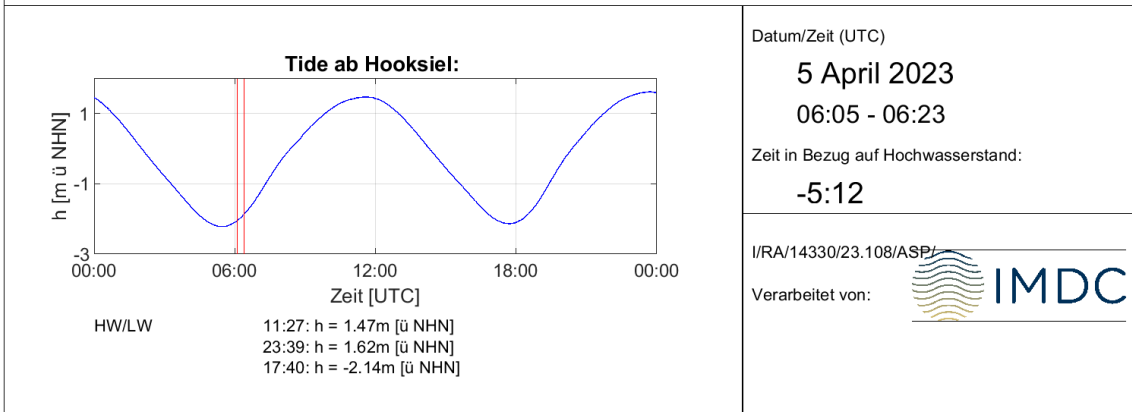
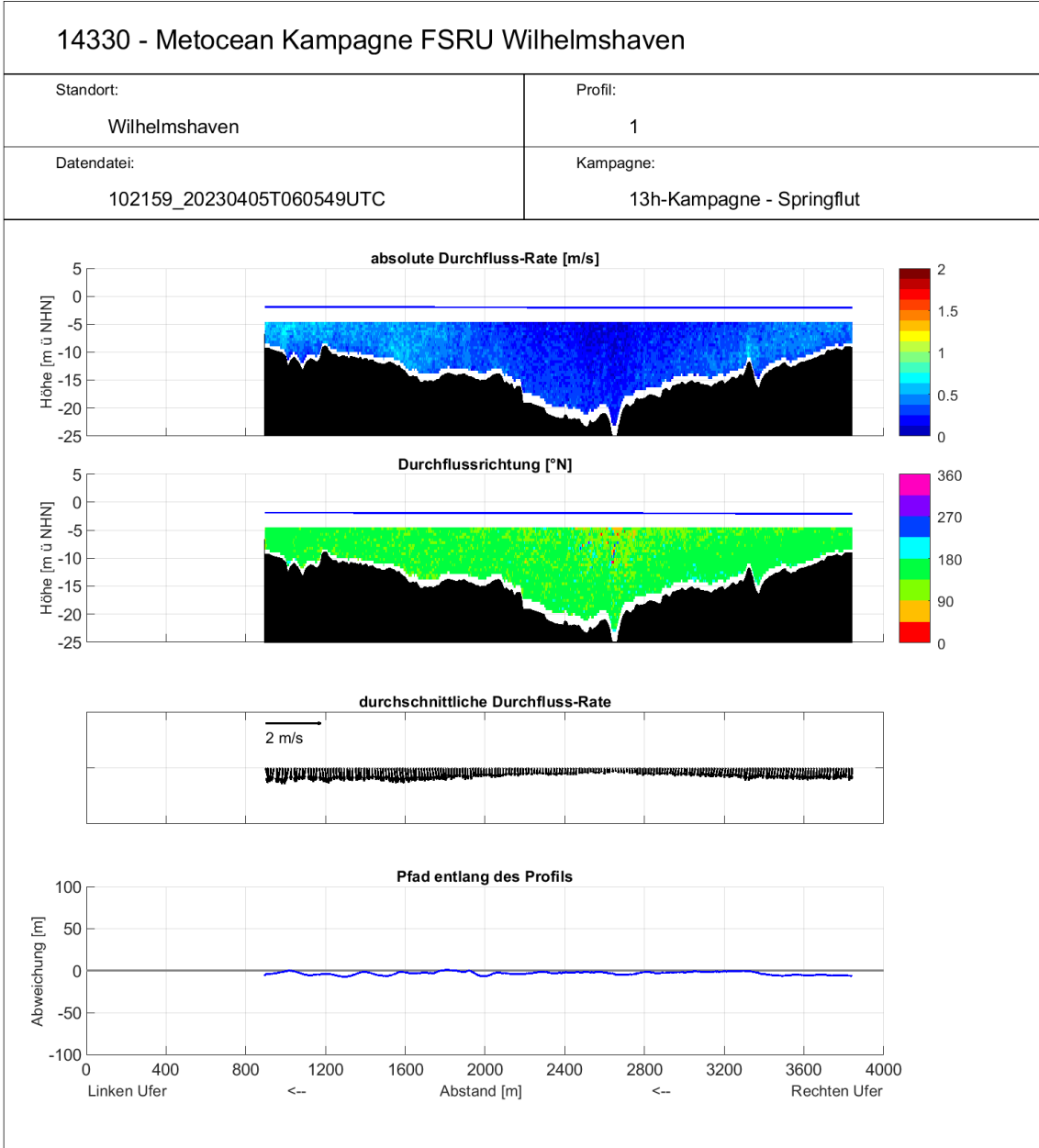
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 96 von 193





D.1.2 Kampagne 2: Springtide

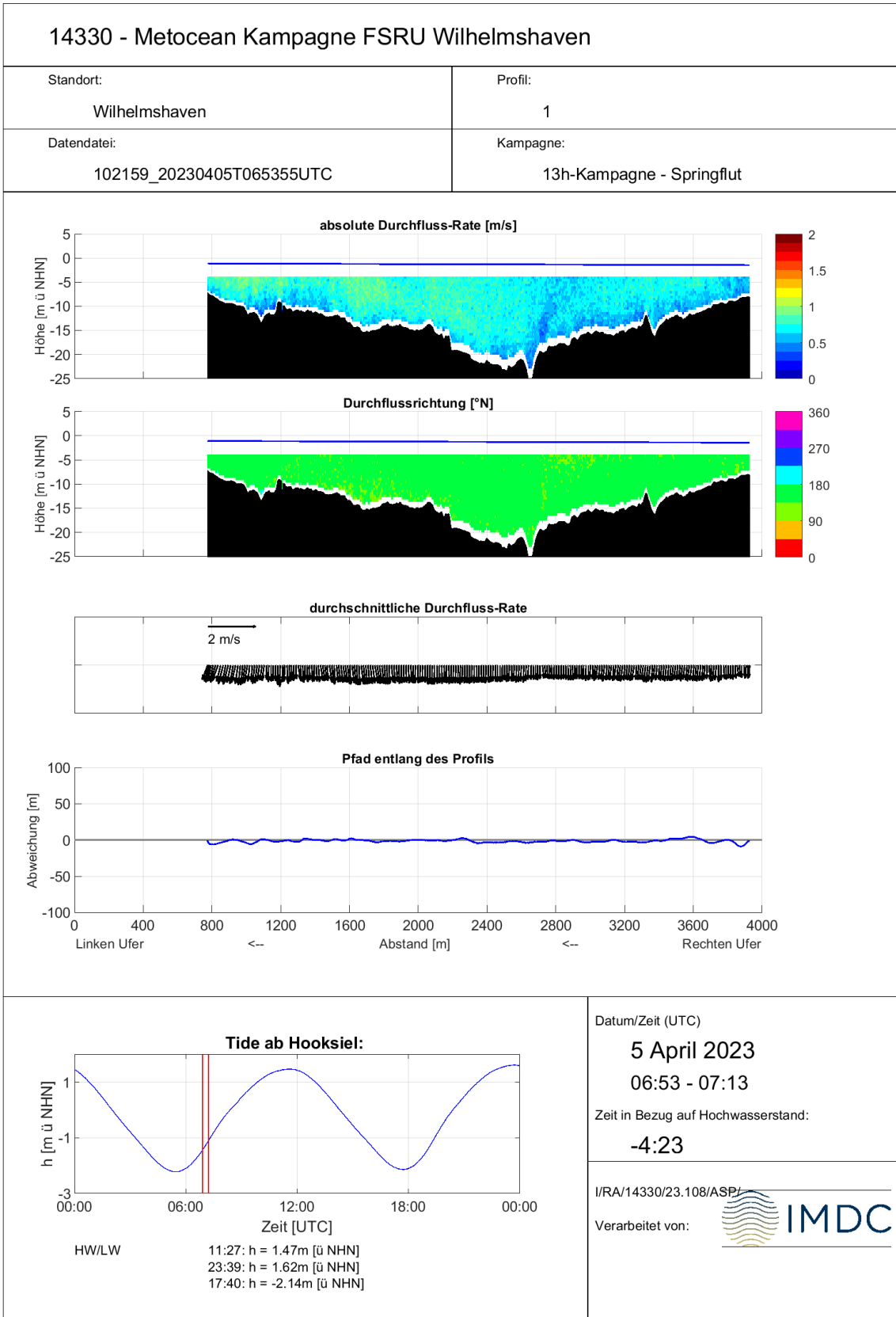
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 97 von 193







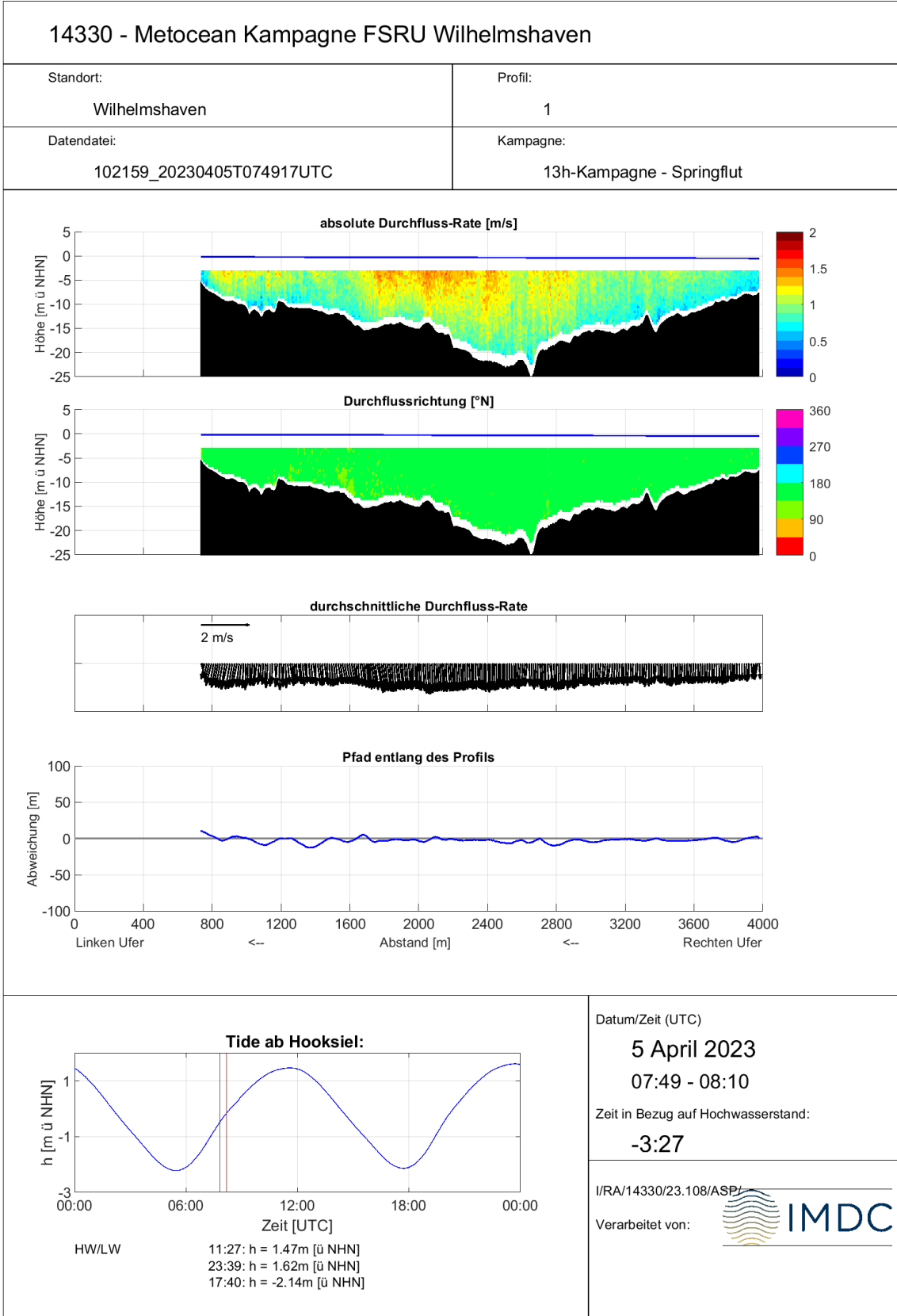
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 98 von 193







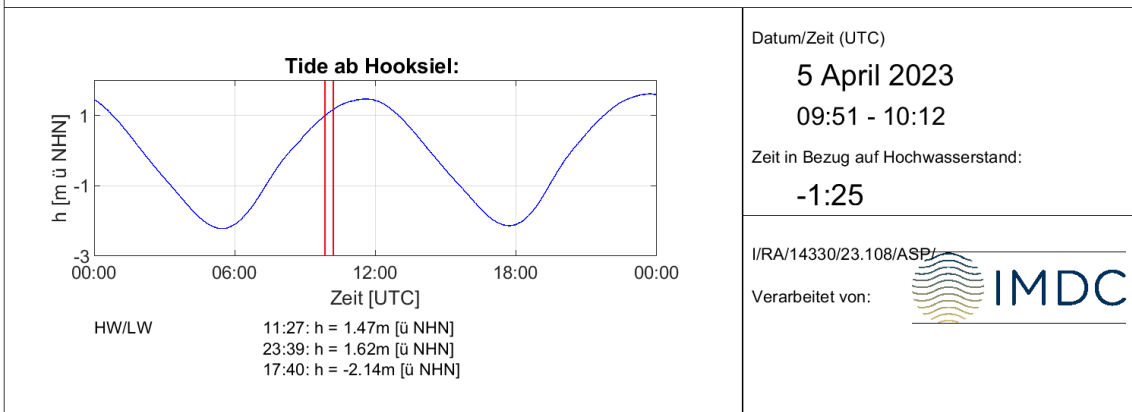
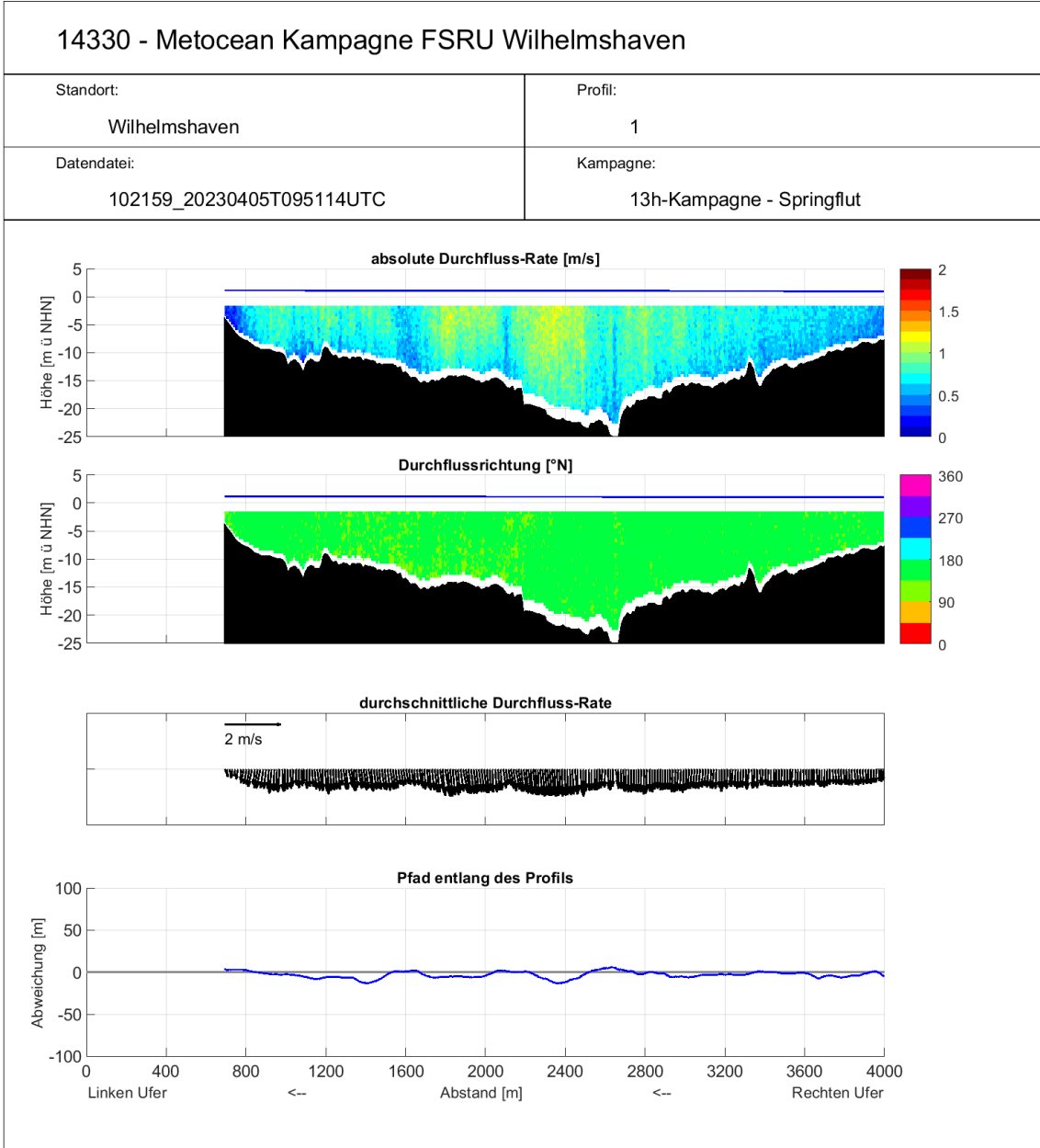
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 99 von 193







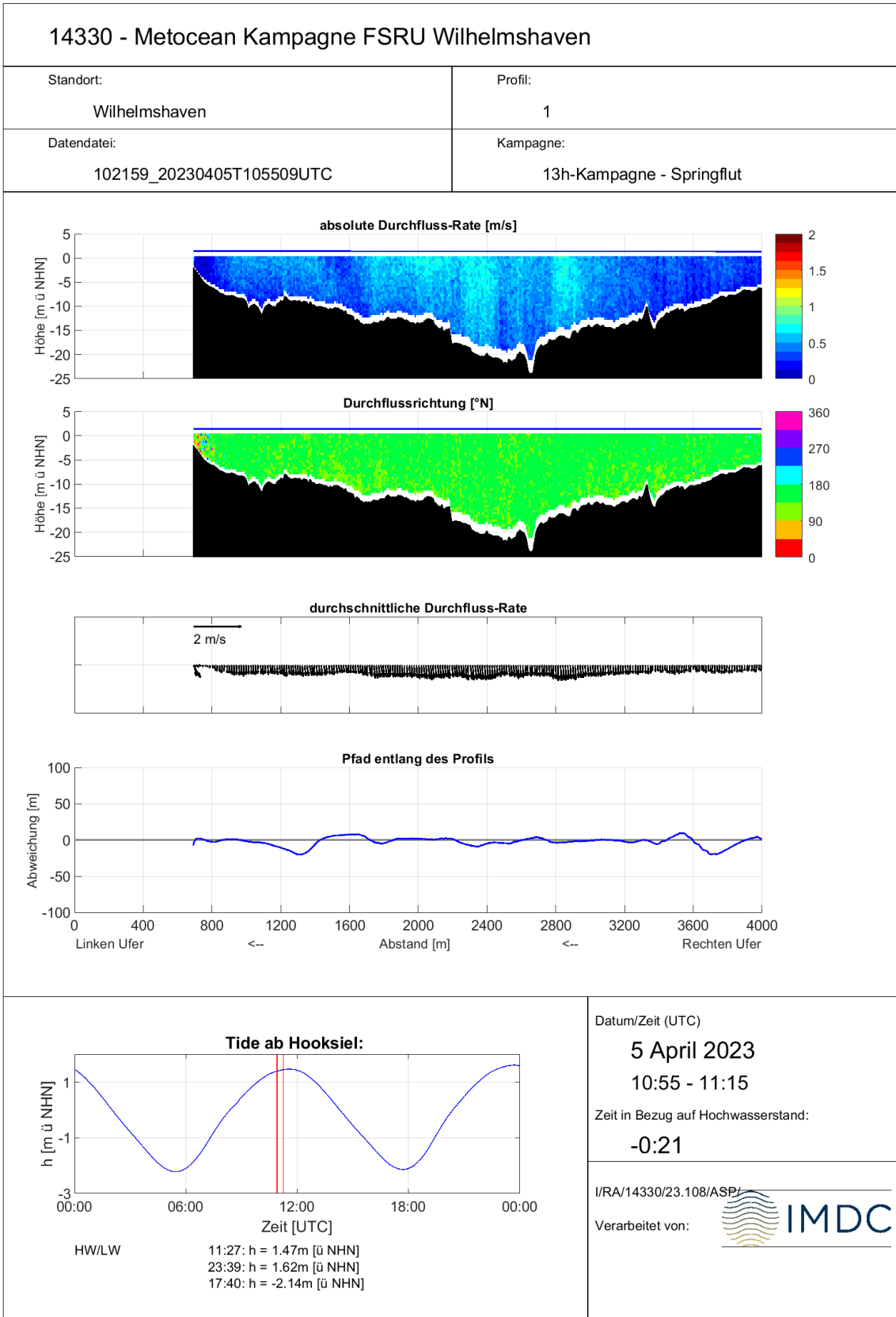
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 100 von 193







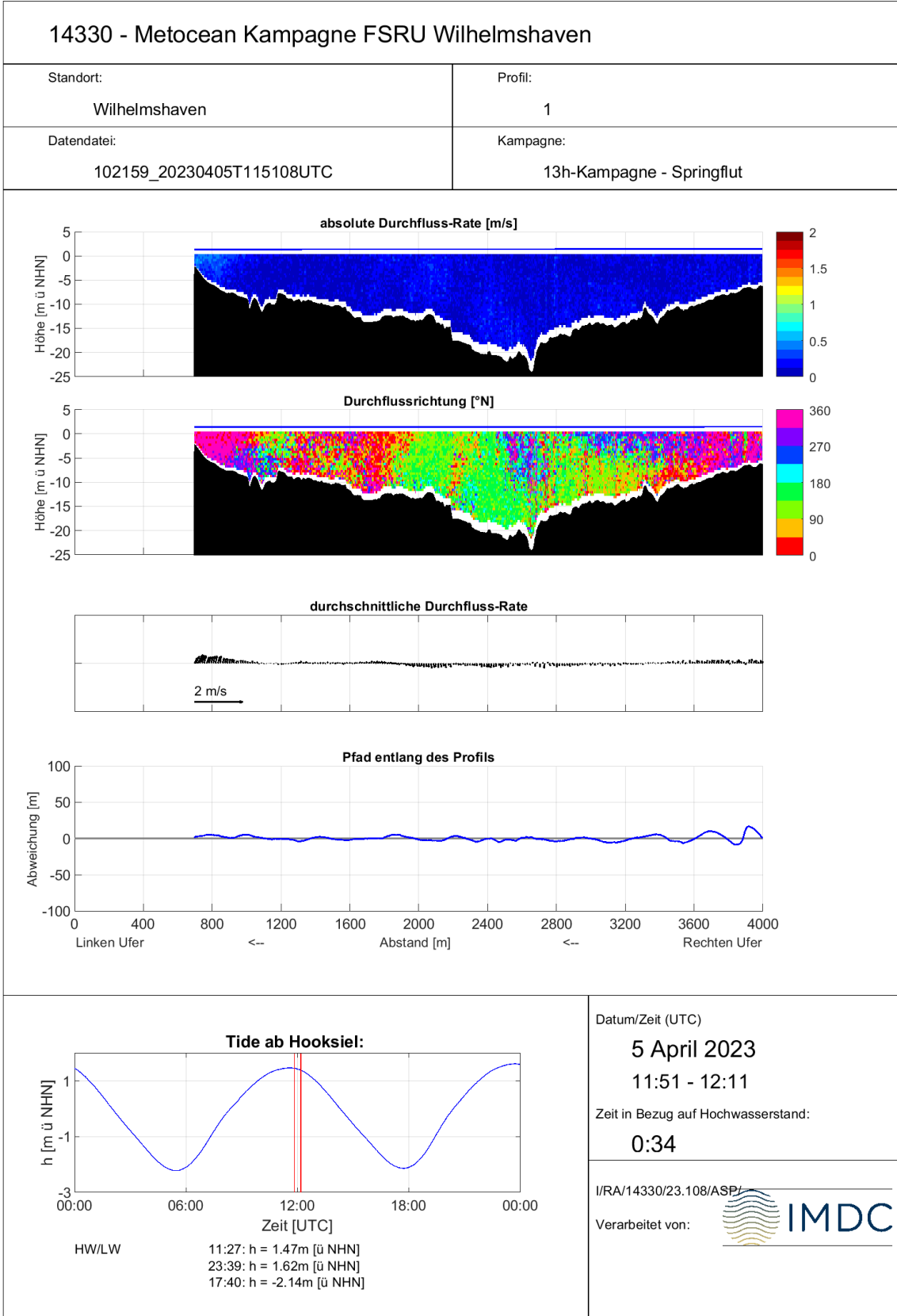
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 102 von 193





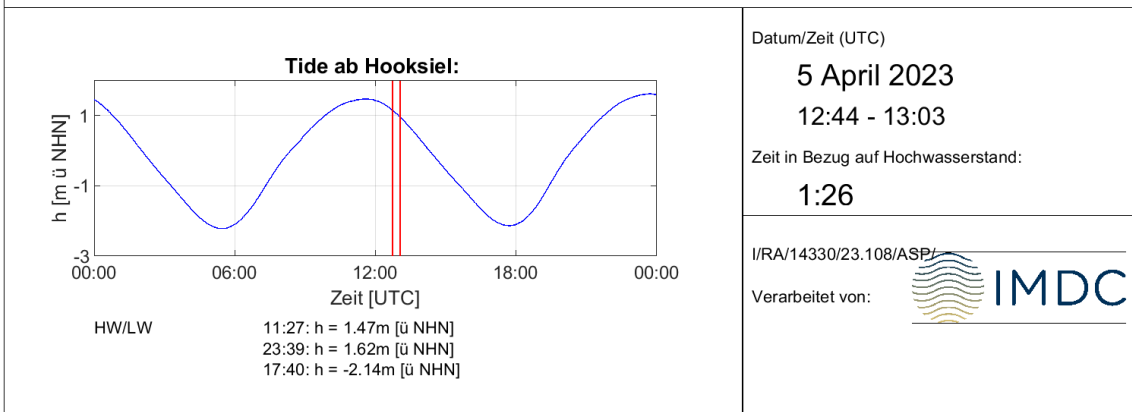
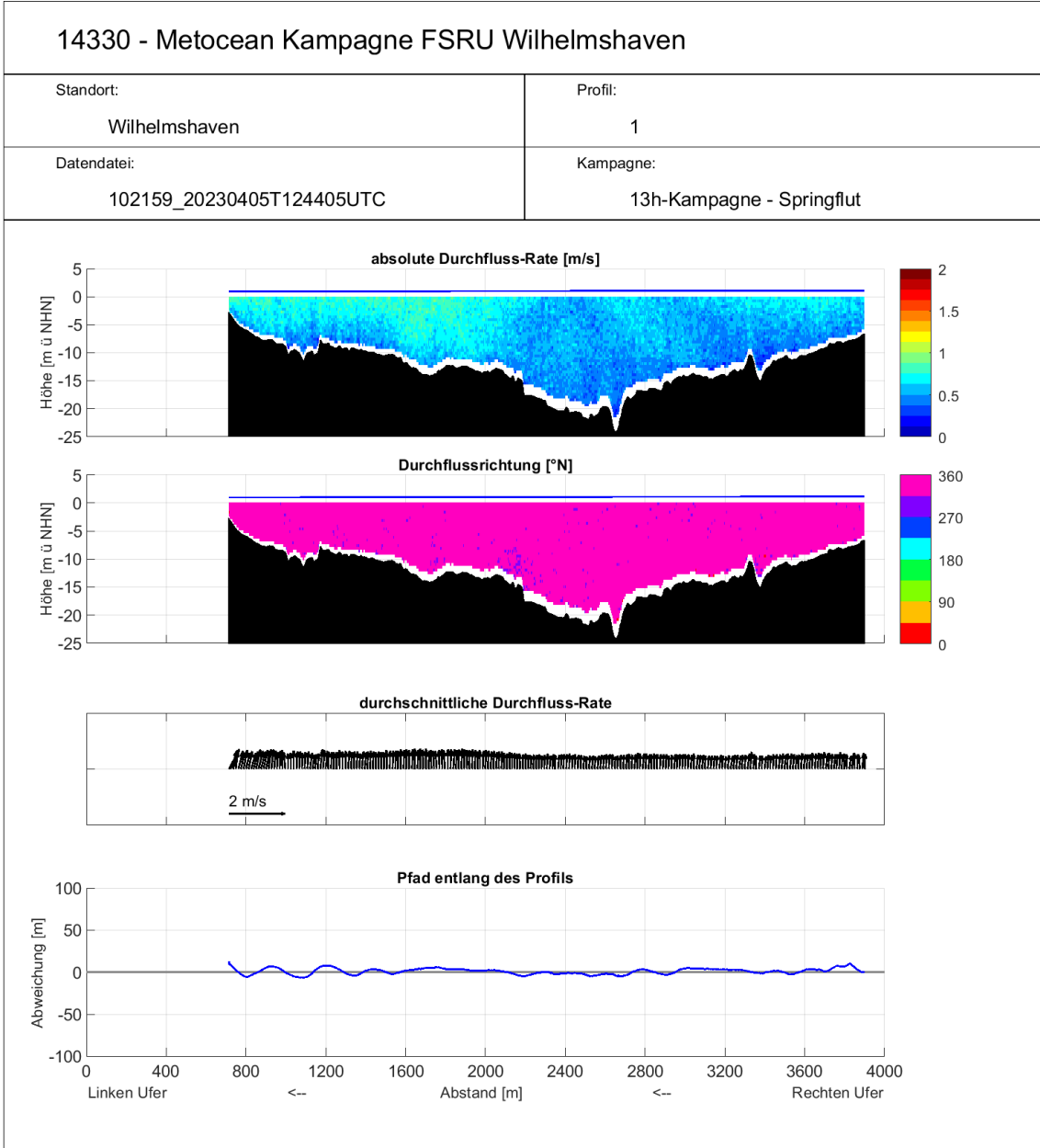
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 103 von 193







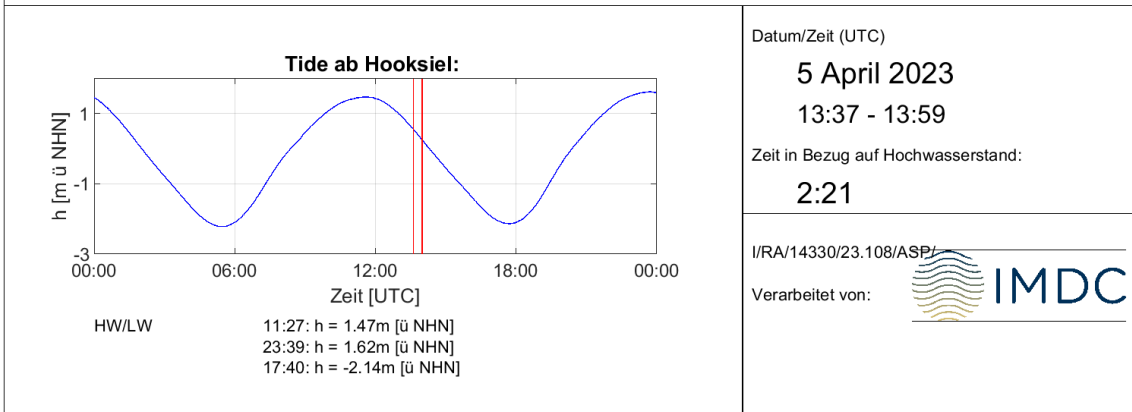
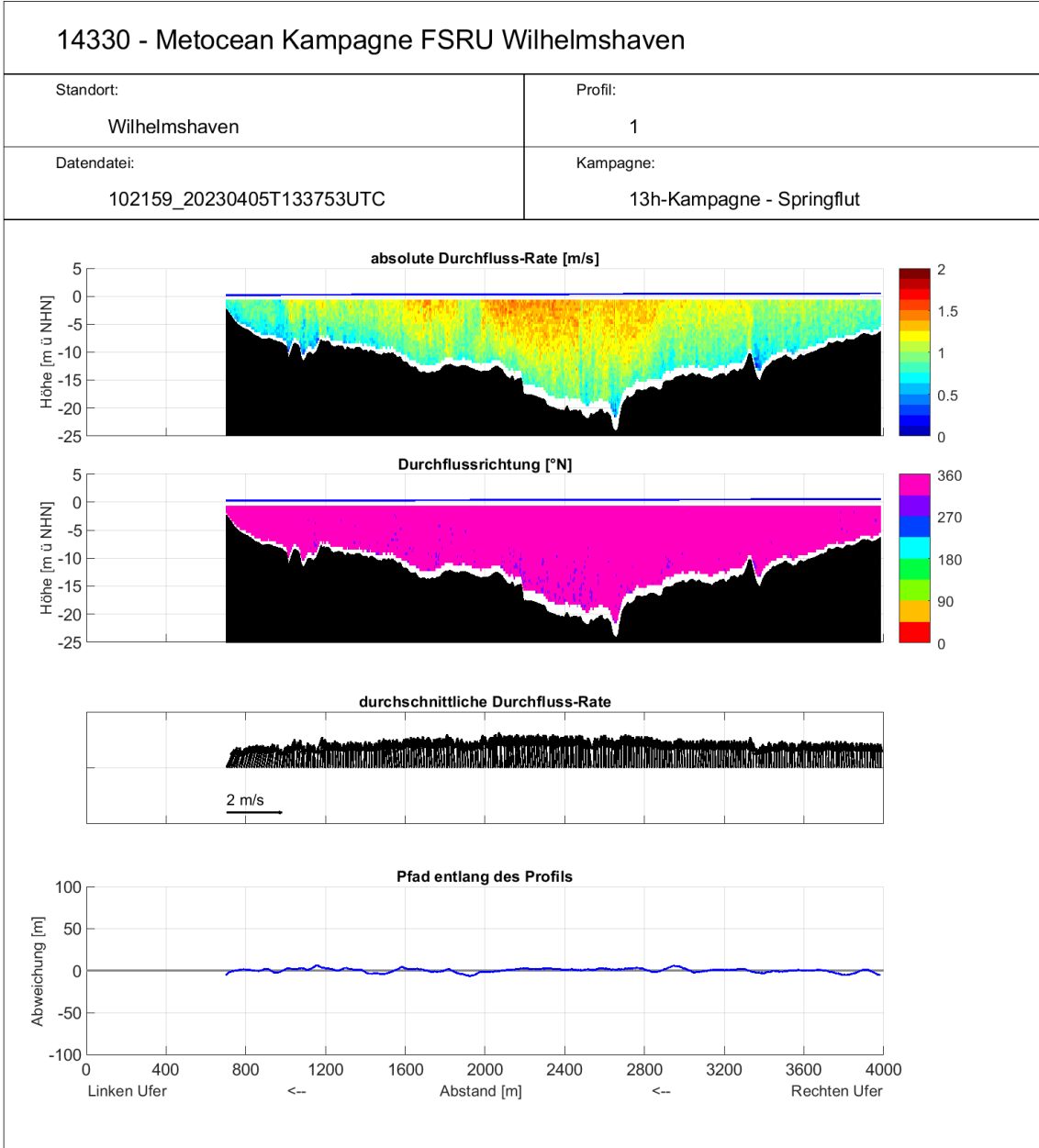
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 104 von 193







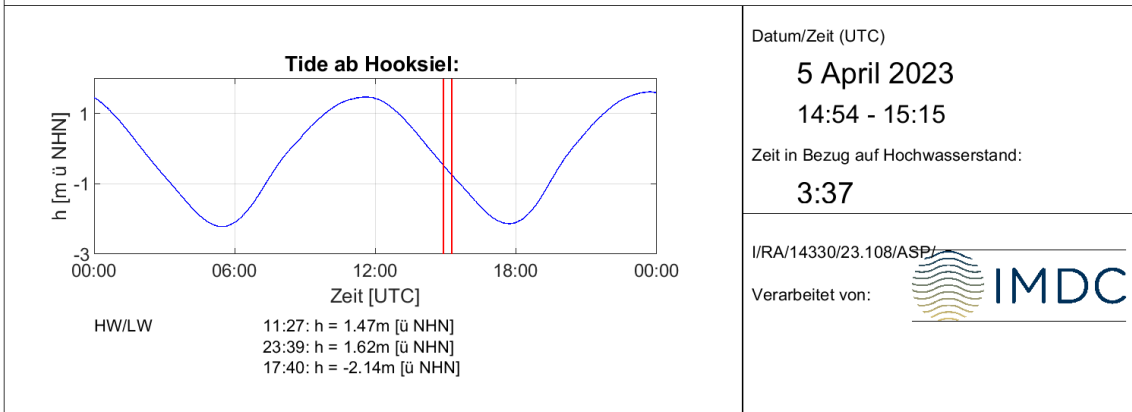
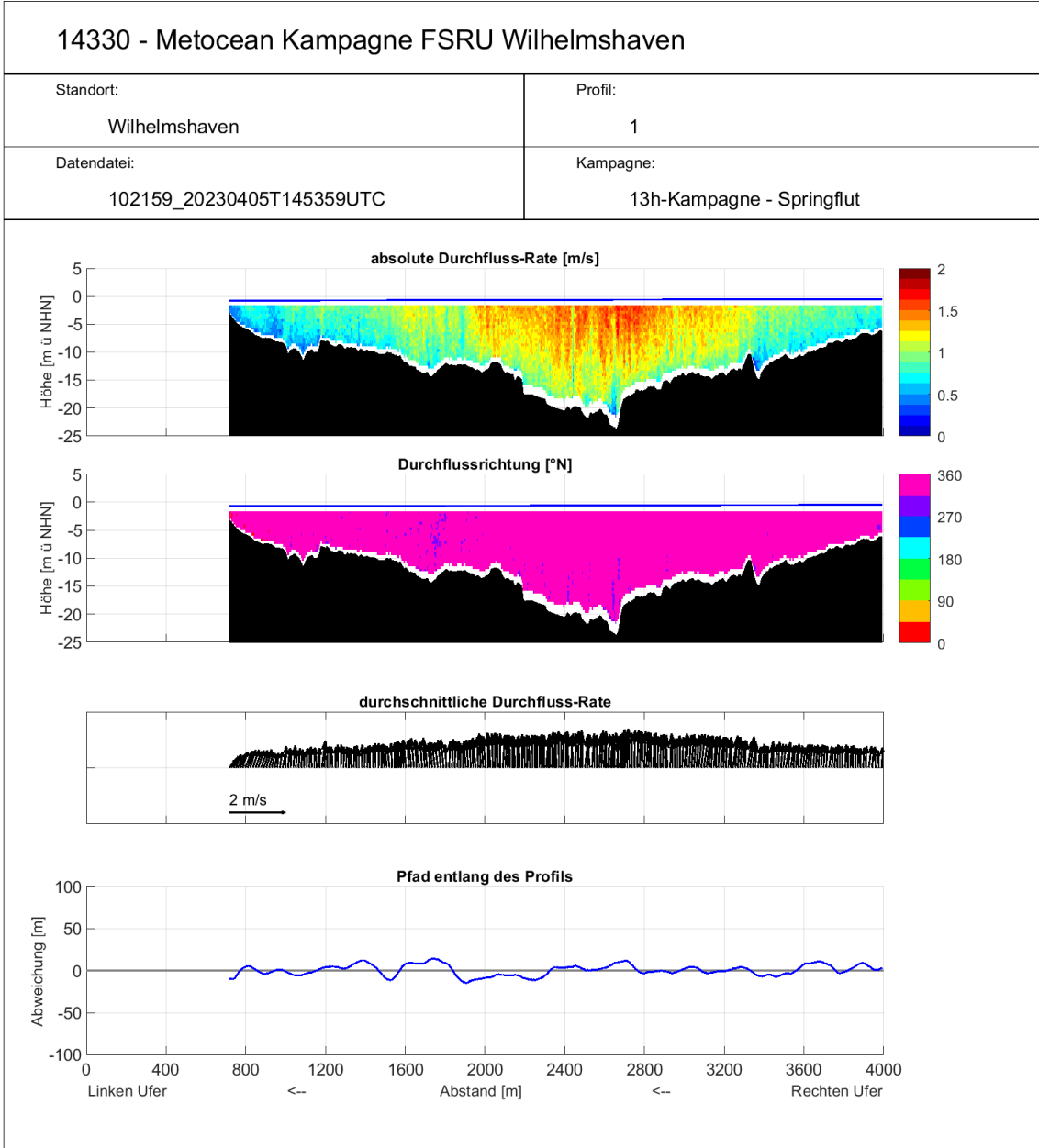
	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 105 von 193







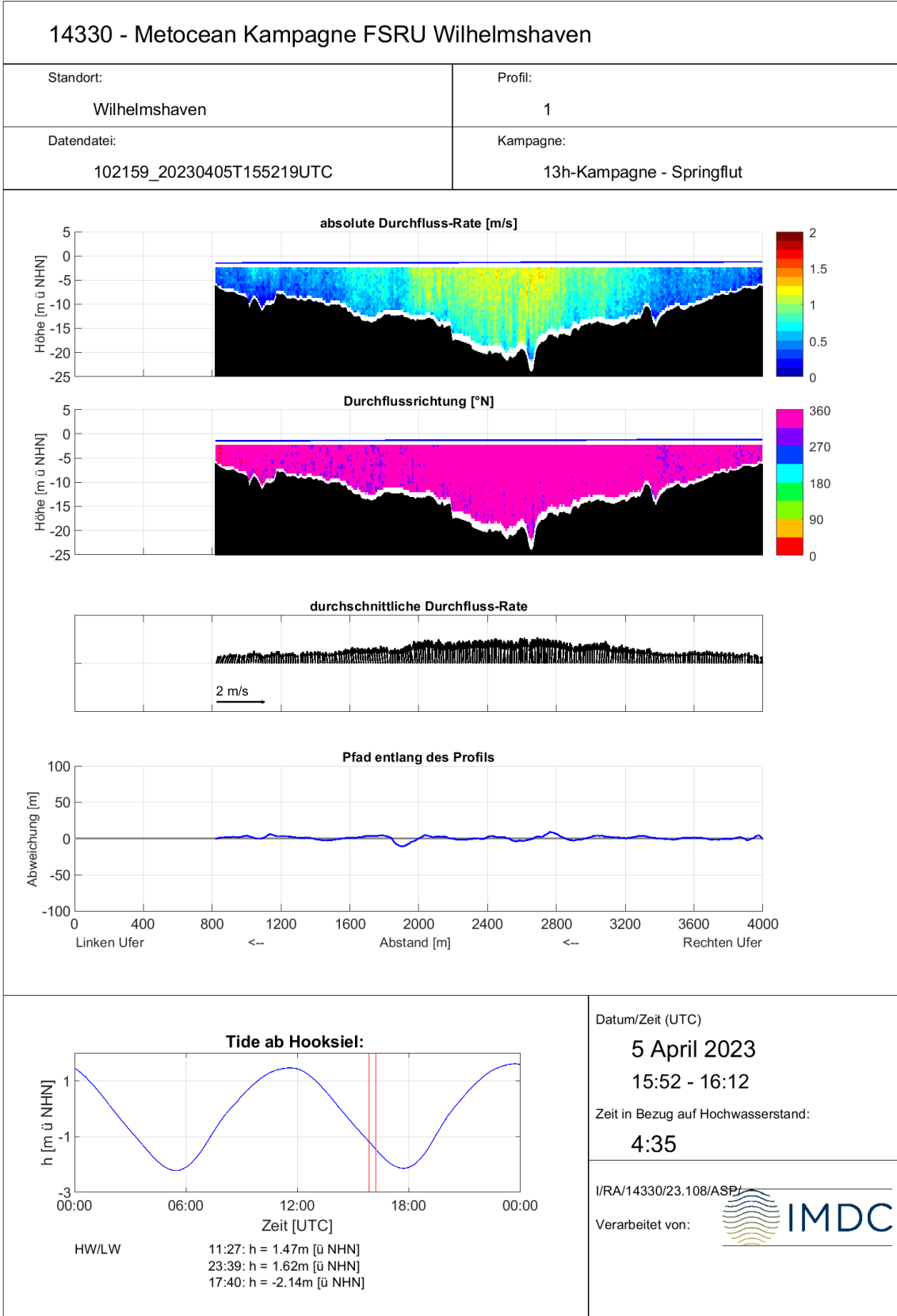
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 106 von 193







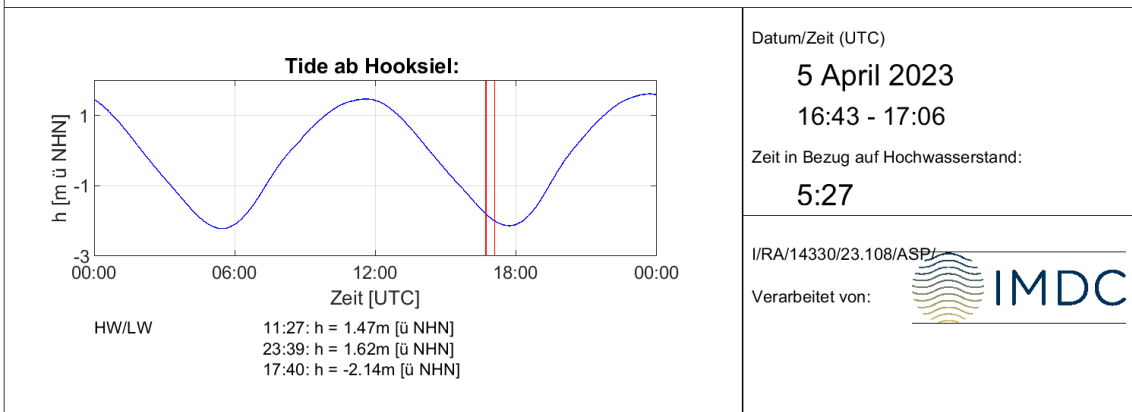
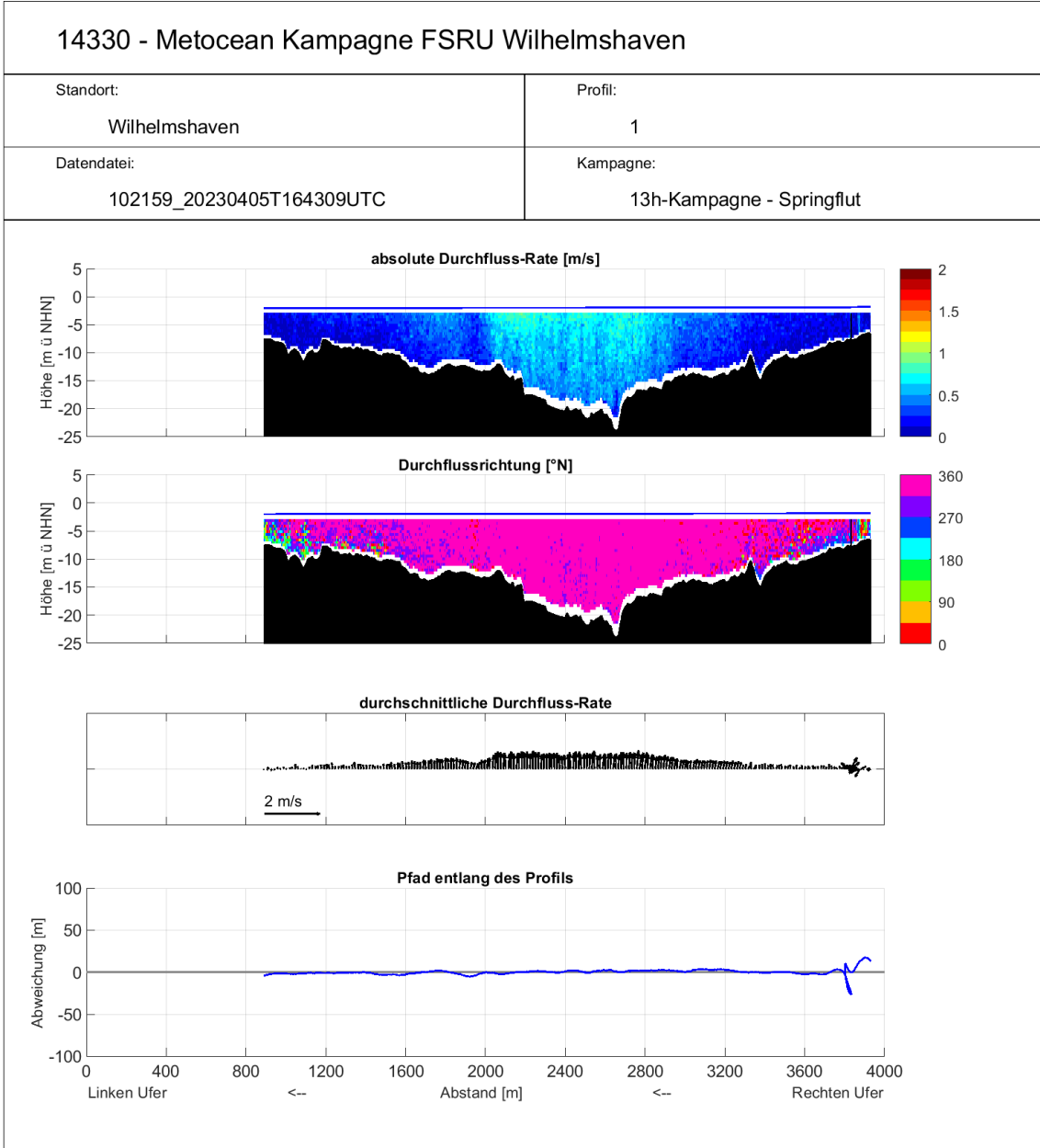
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 107 von 193







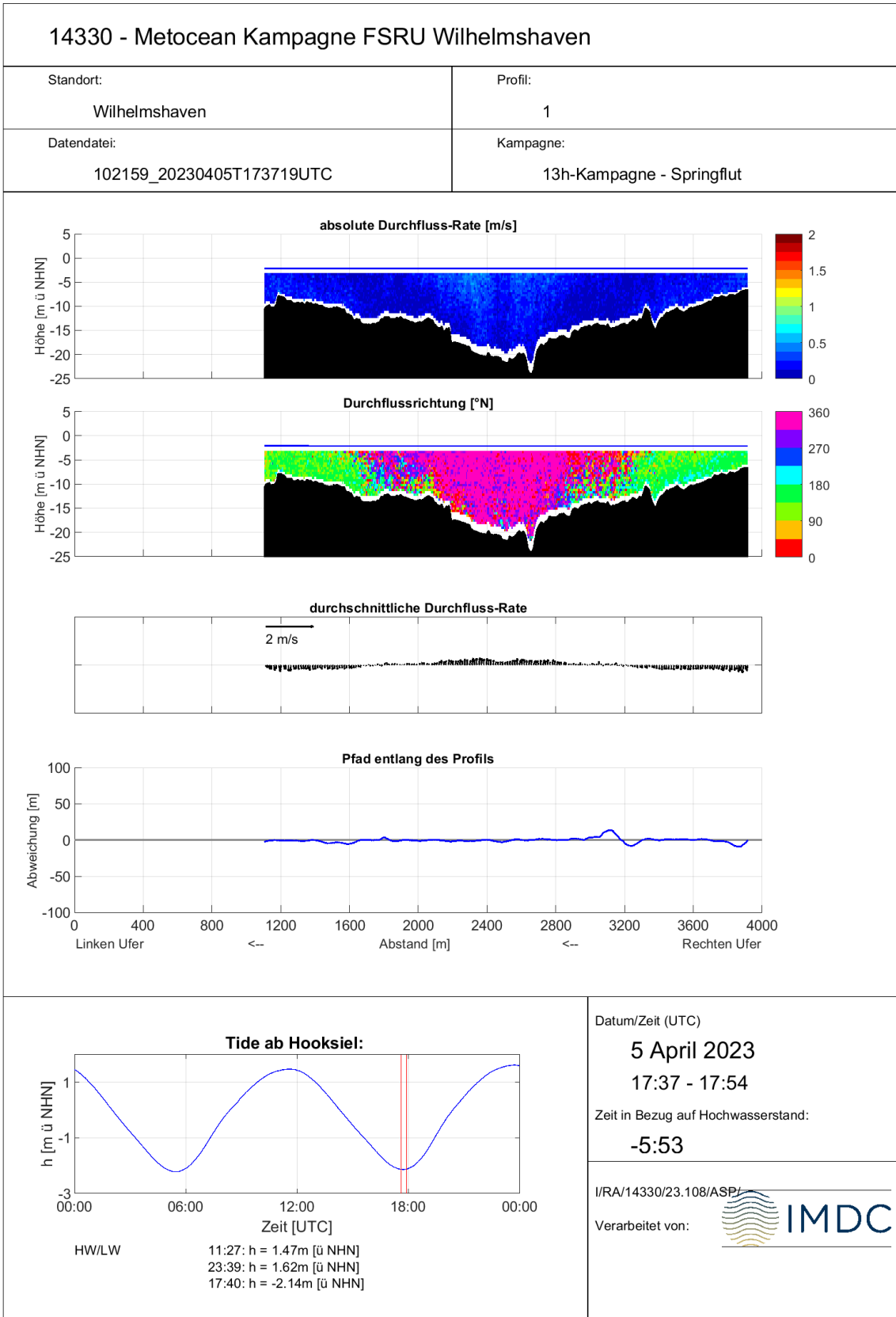
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 108 von 193







  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 109 von 193







  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 110 von 193

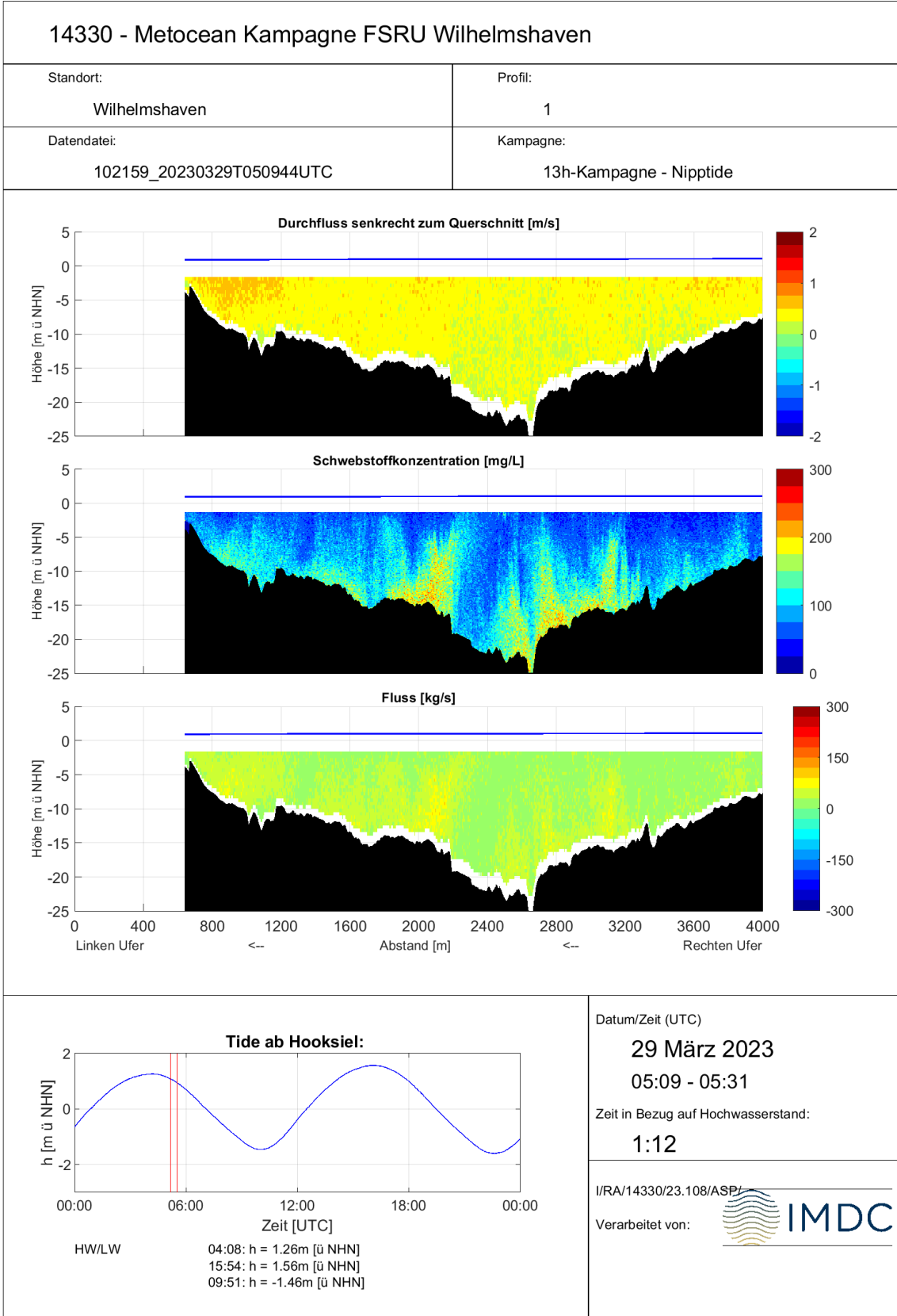




  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 111 von 193

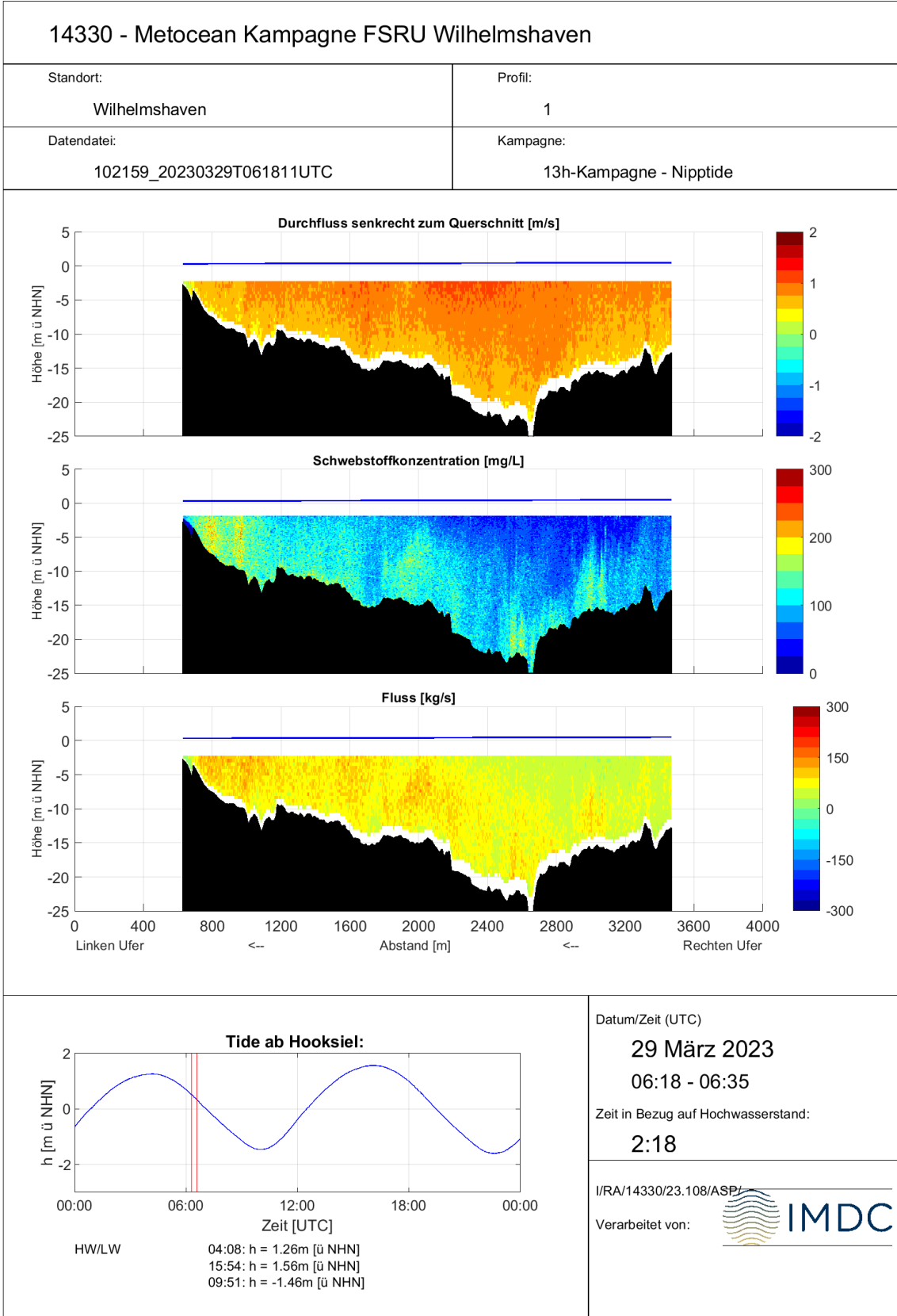
D.2 Transekte – Diagramme SSK/Flux





D.2.1 Kampagne 1: Nipptide

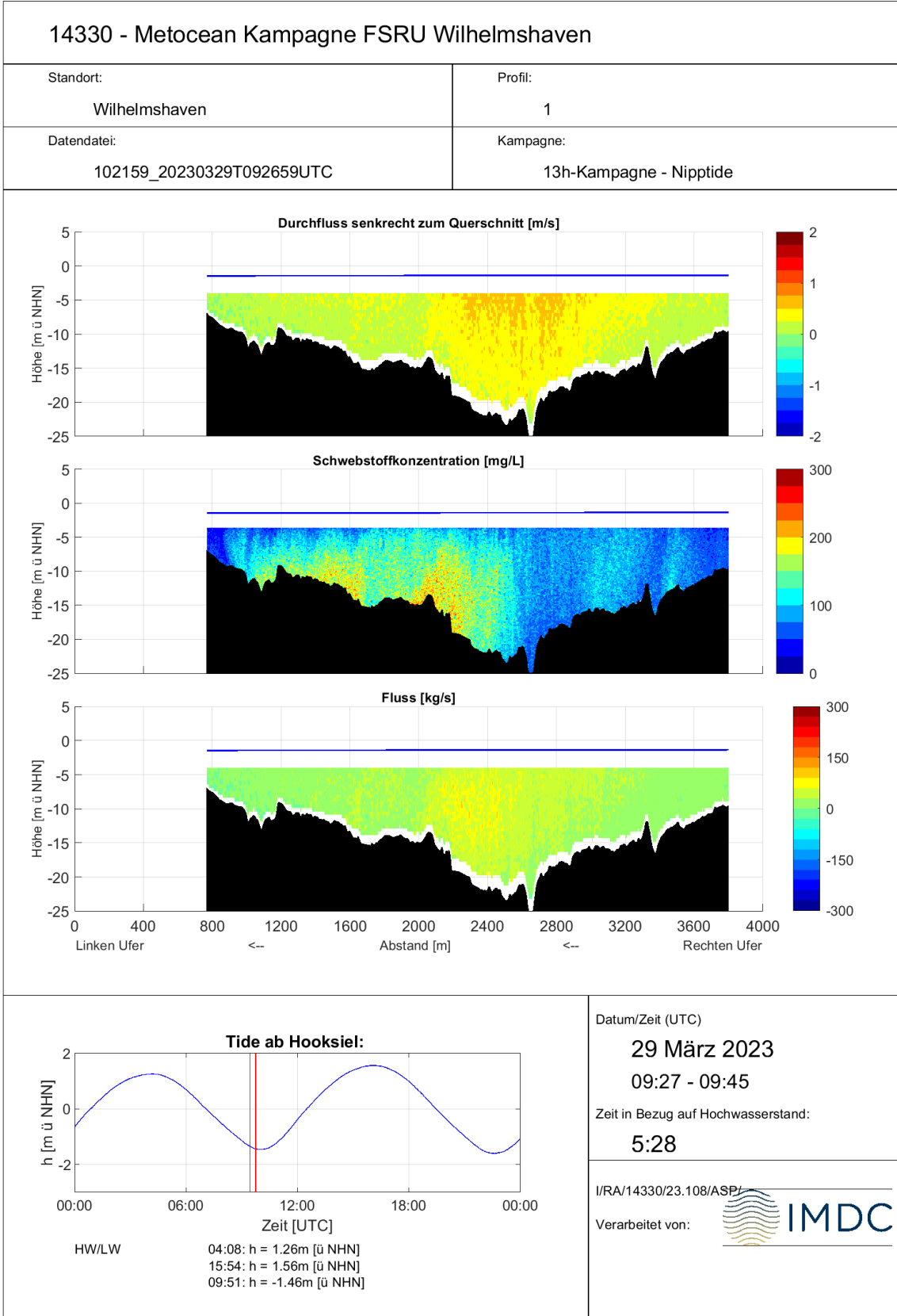
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 112 von 193





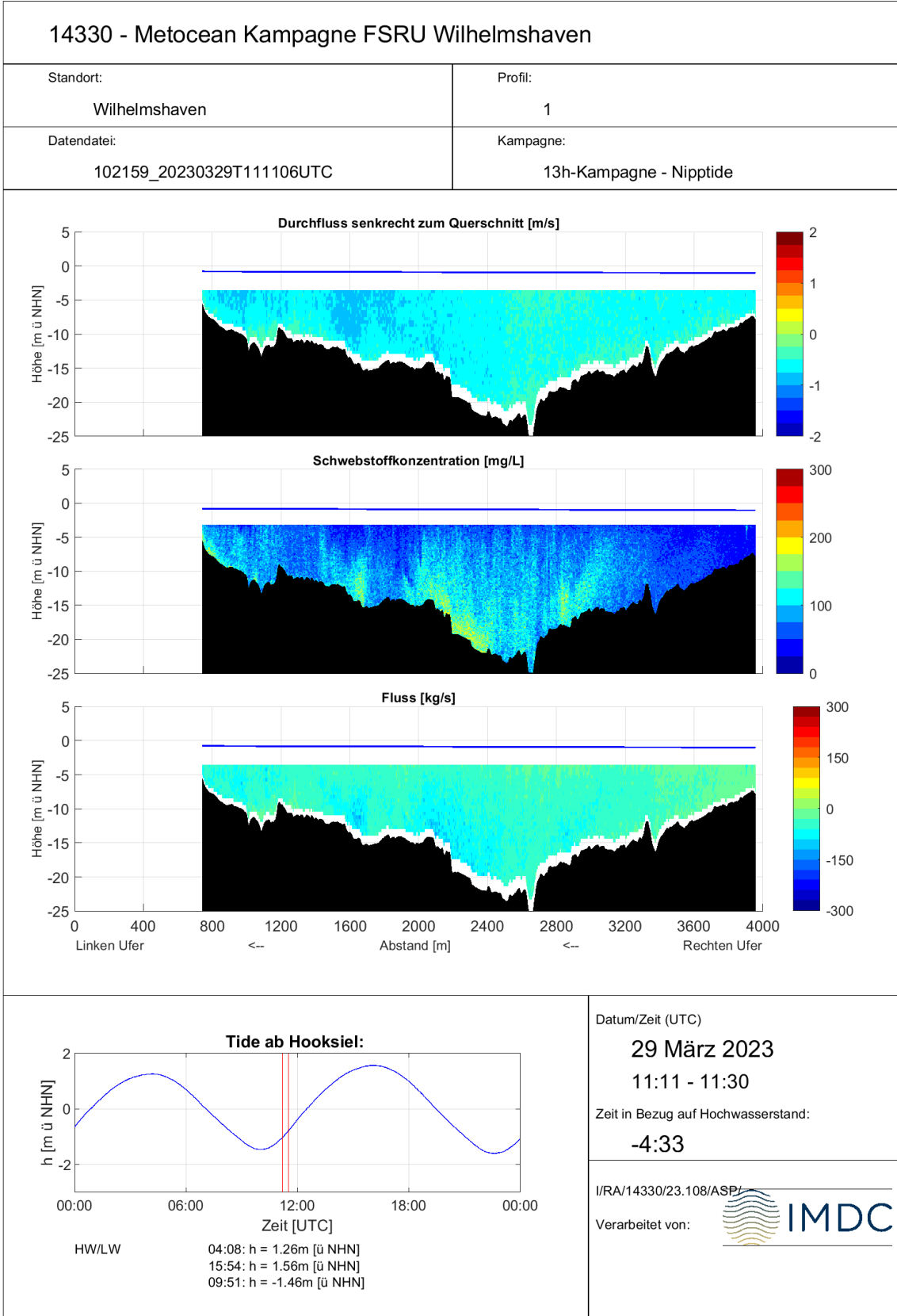
	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 113 von 193







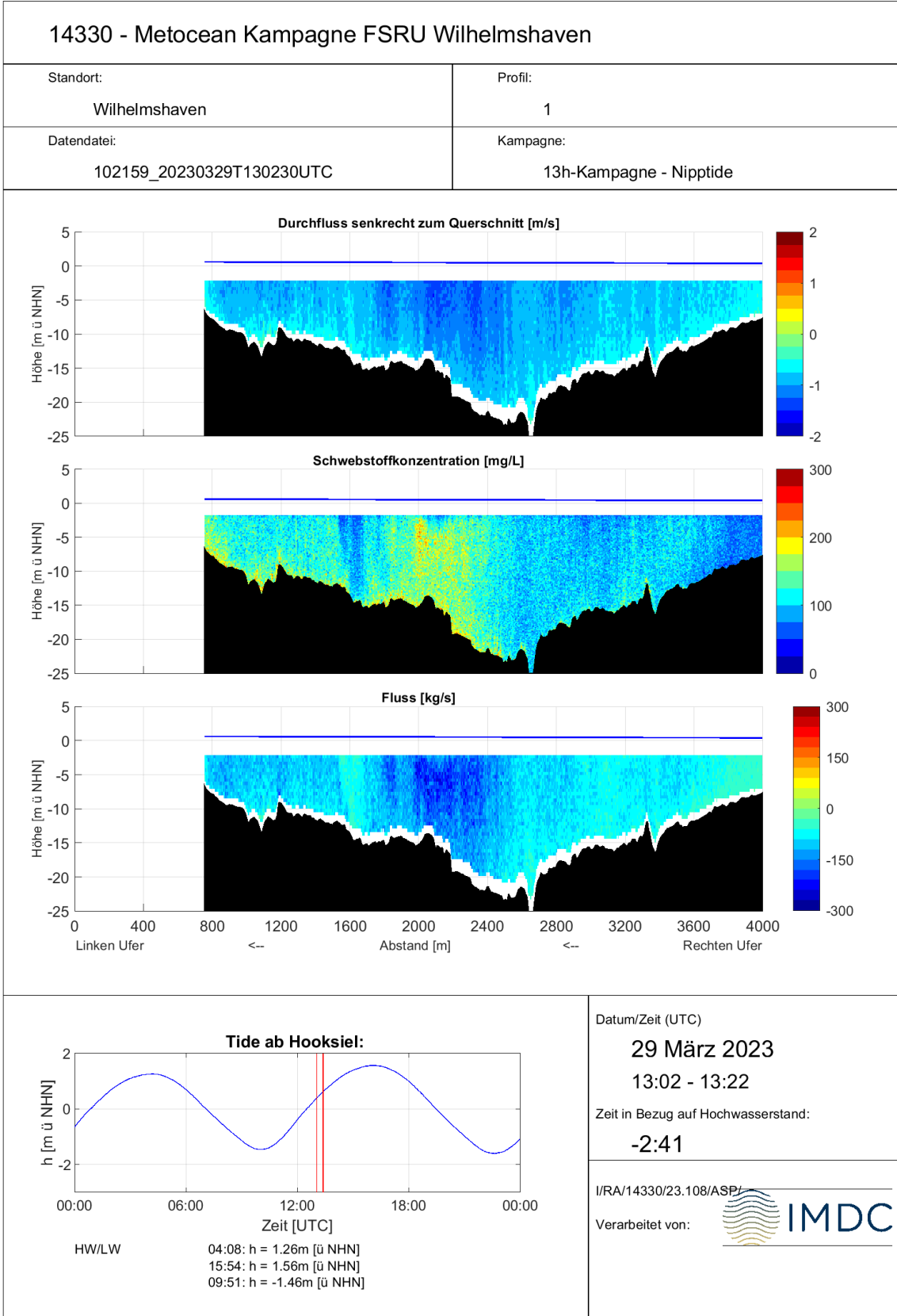
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 116 von 193





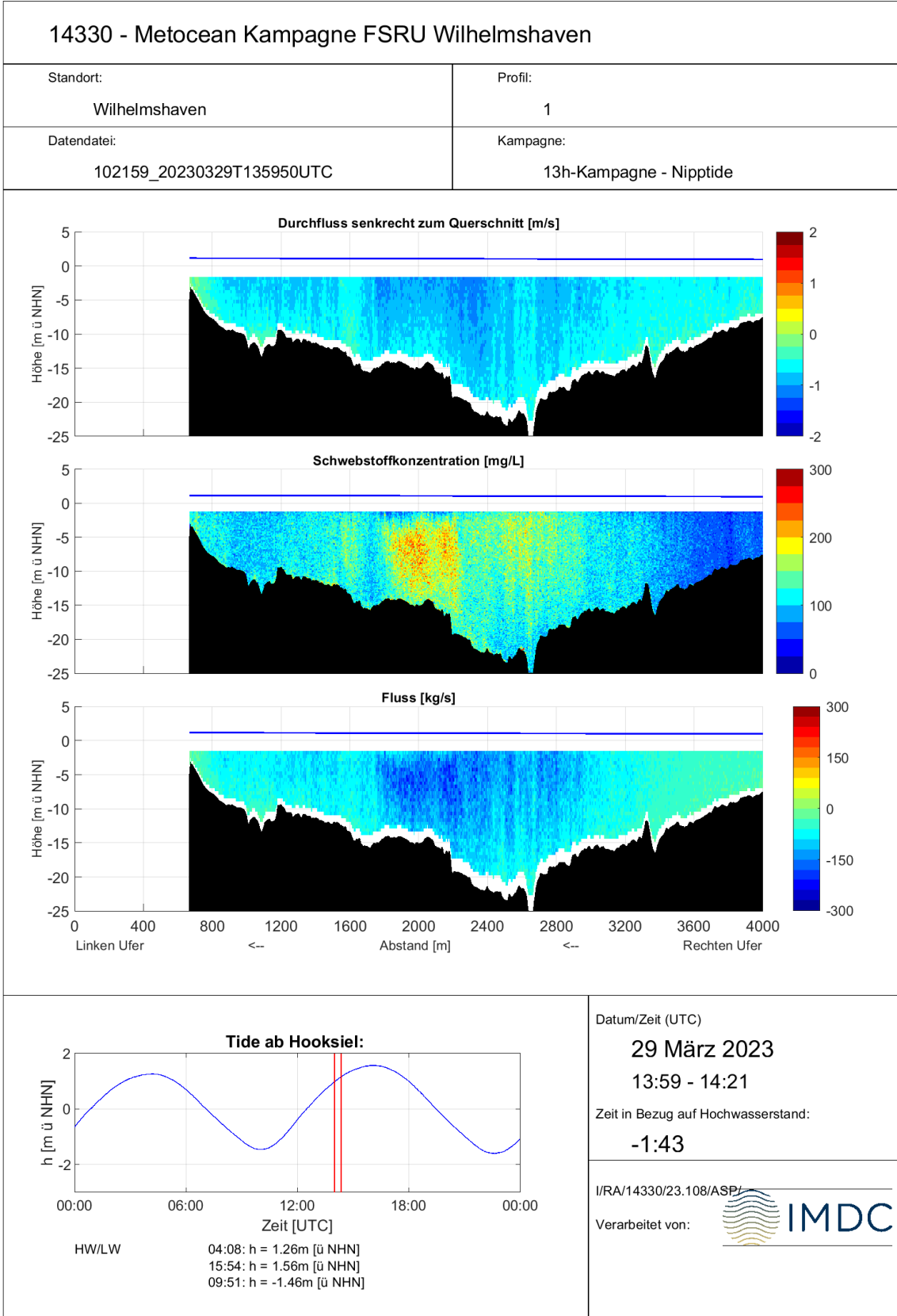
	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 118 von 193







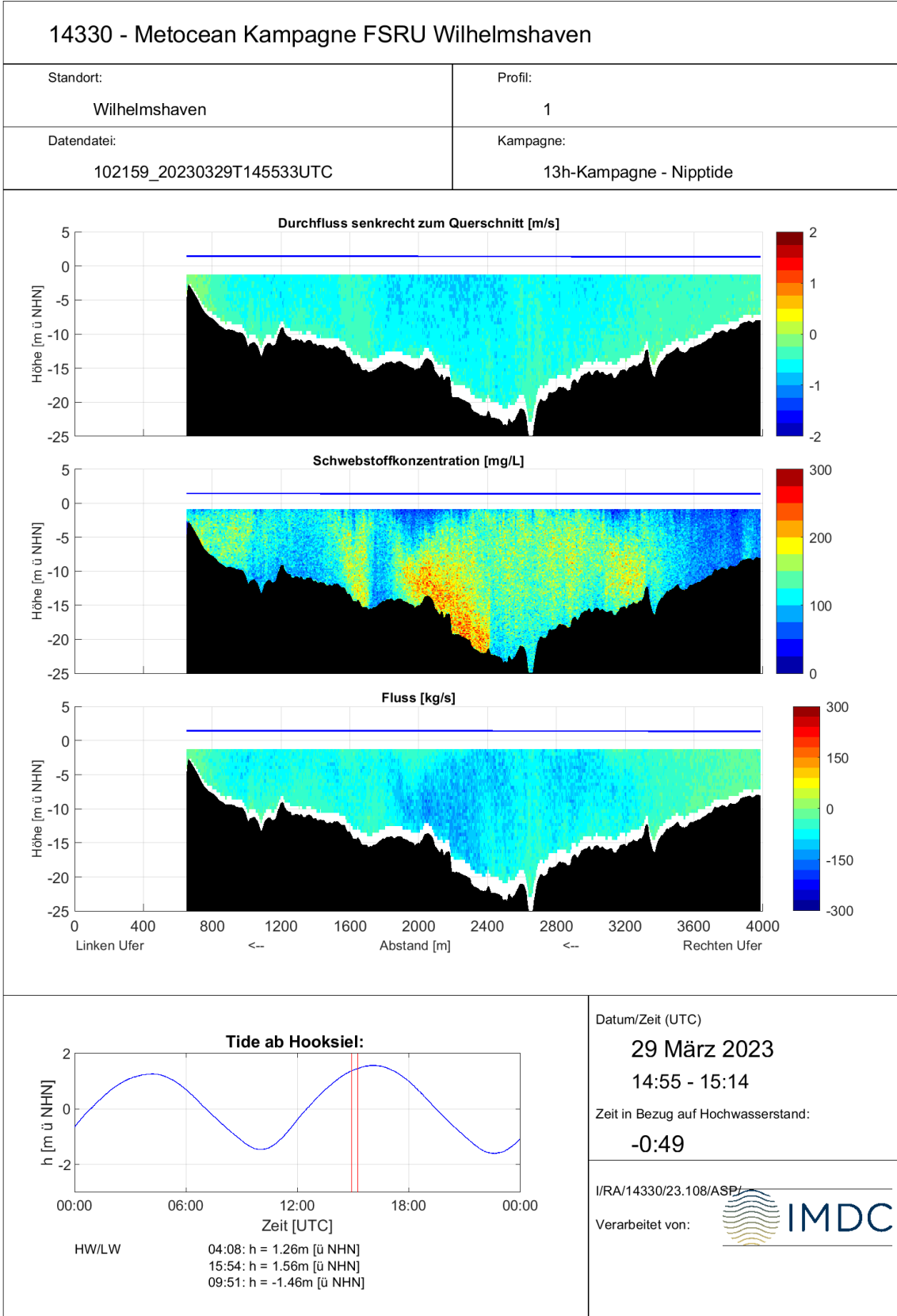
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 119 von 193







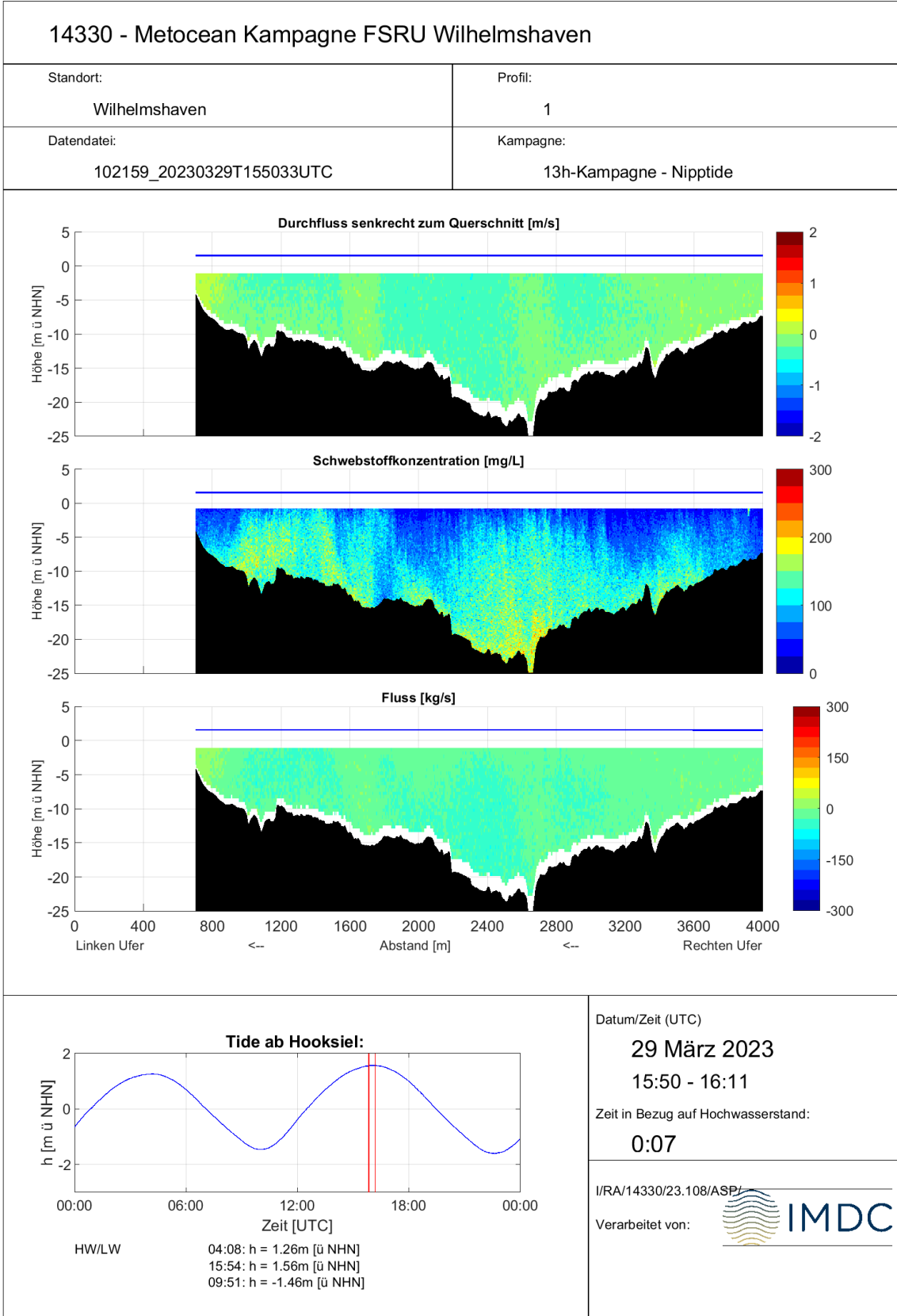
	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 120 von 193





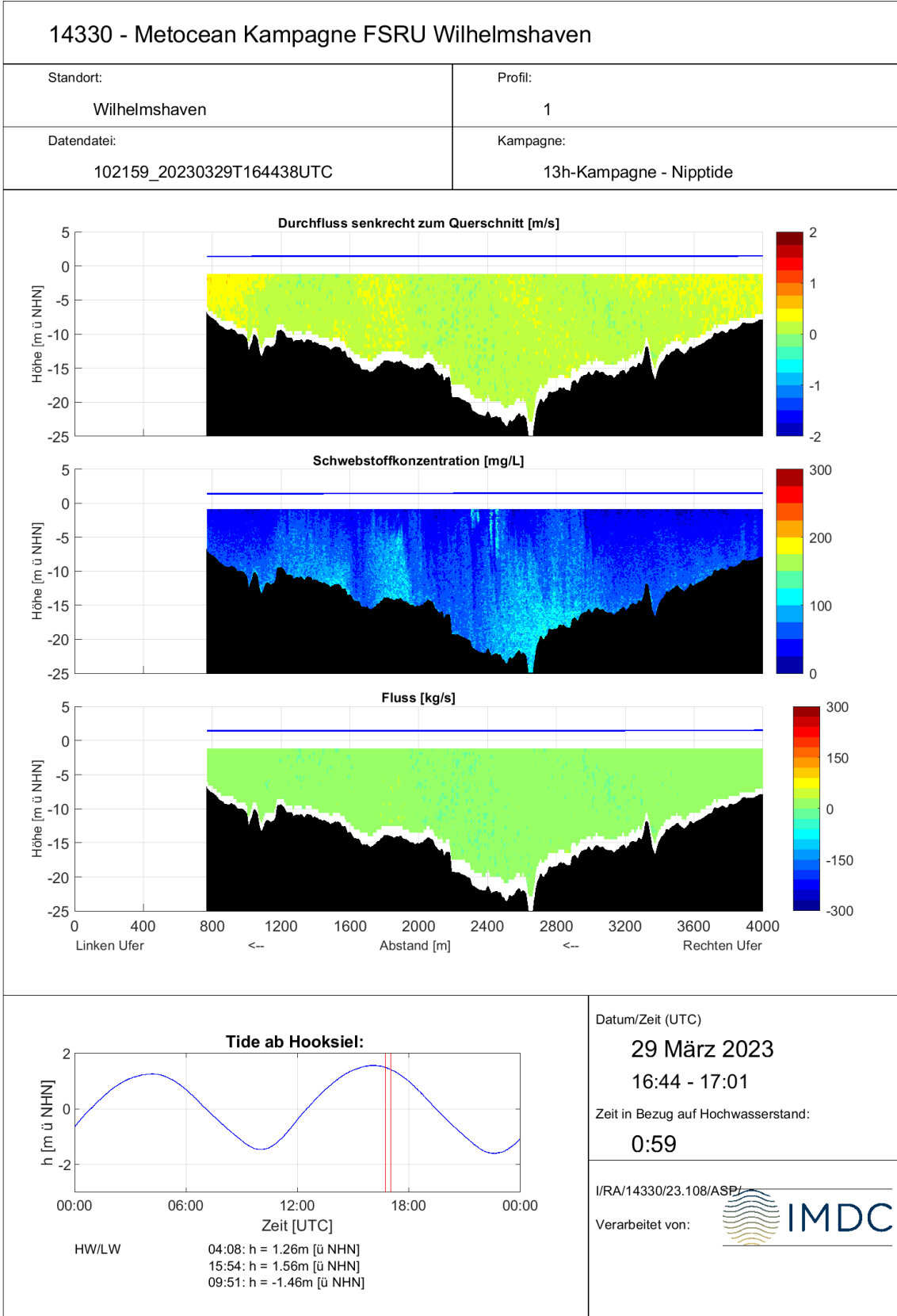
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 121 von 193







  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 122 von 193







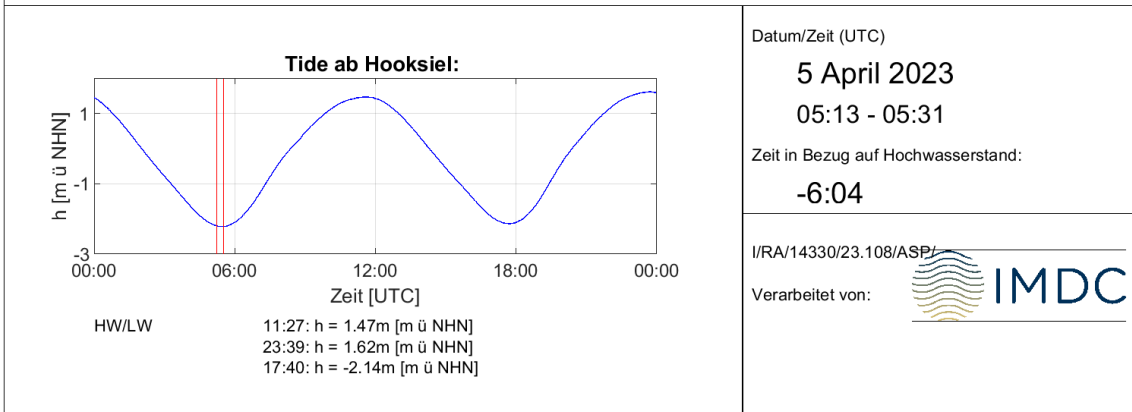
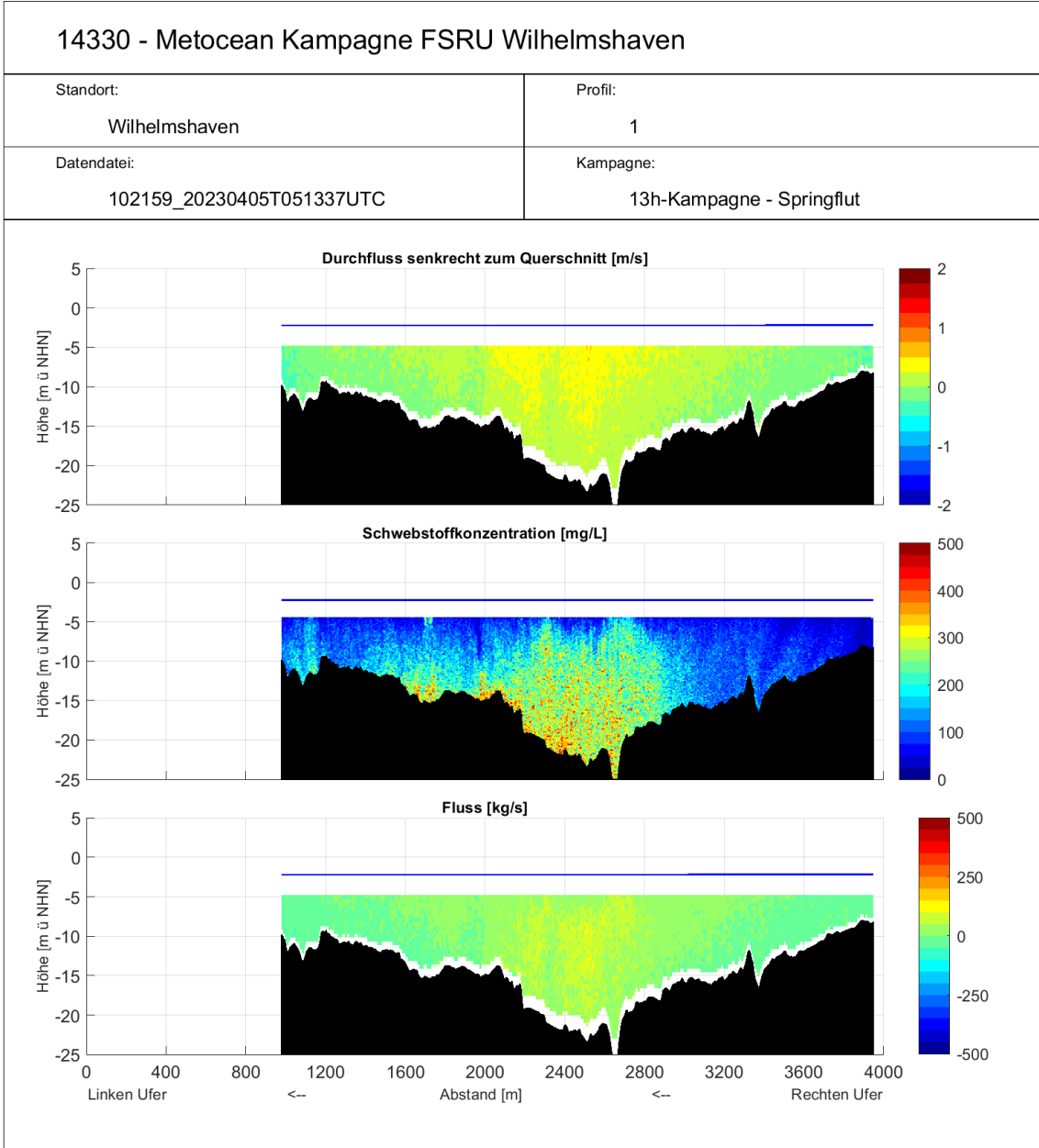
	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 123 von 193







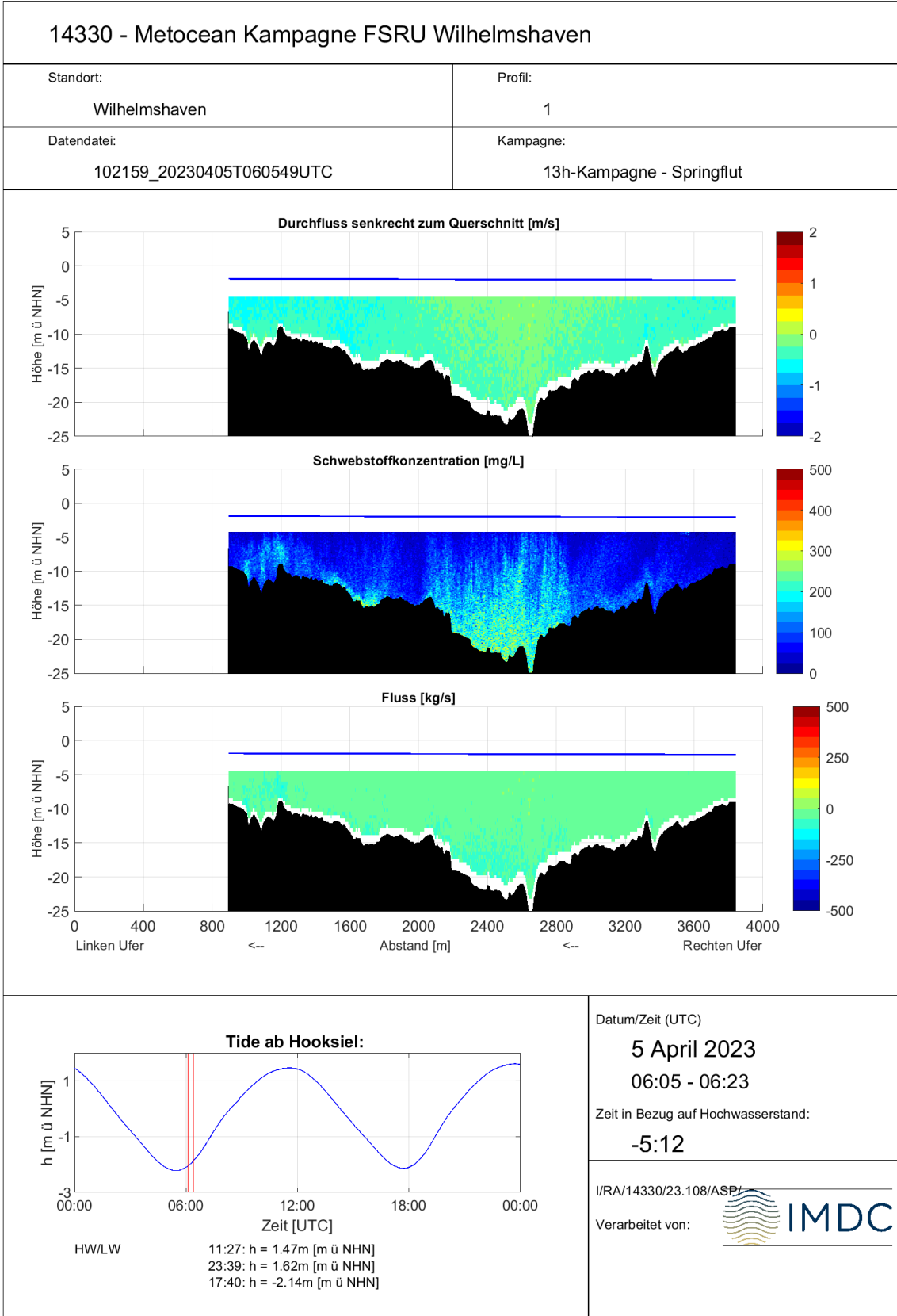
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 124 von 193





D.2.2 Kampagne 2: Springtide

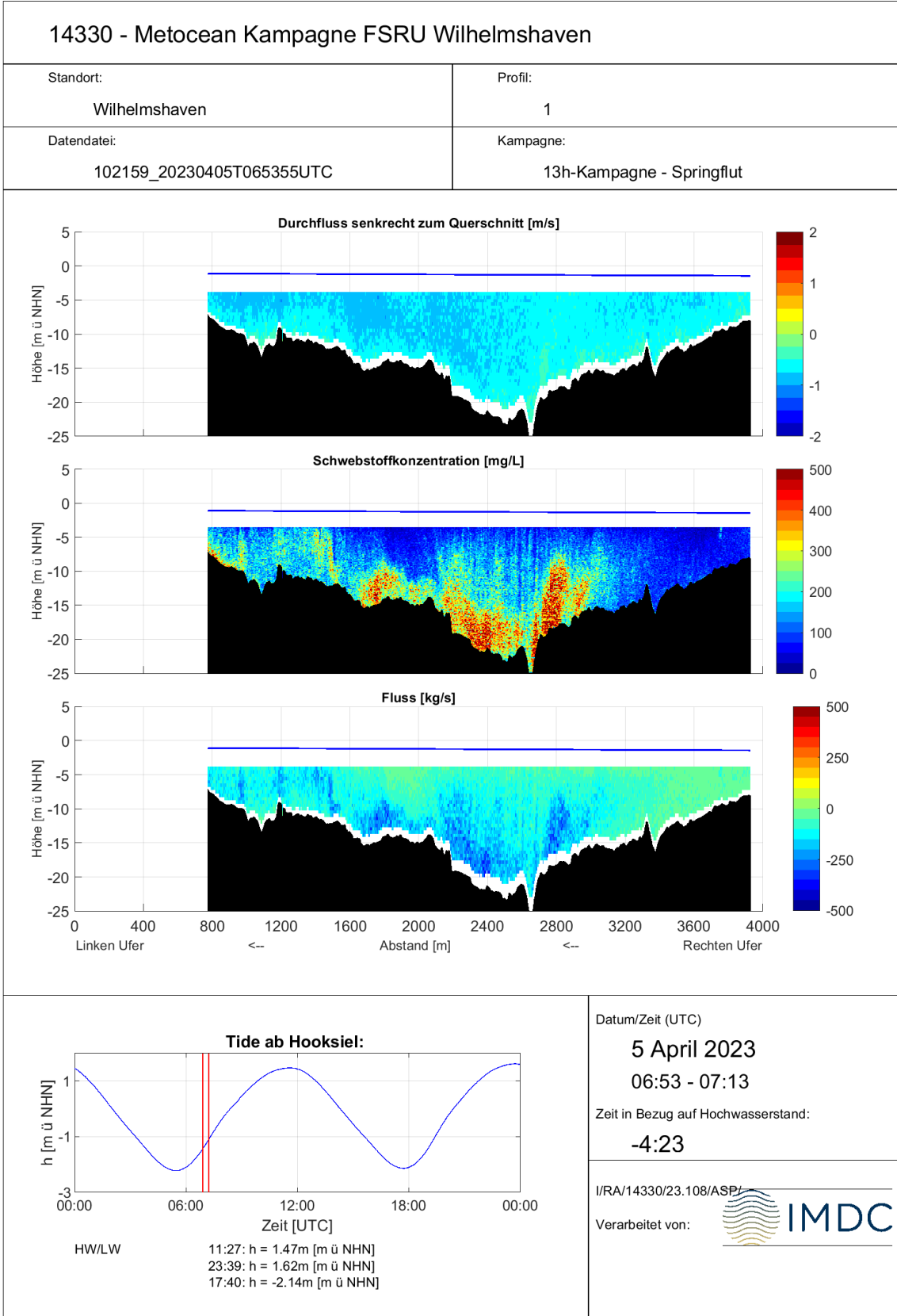
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 125 von 193





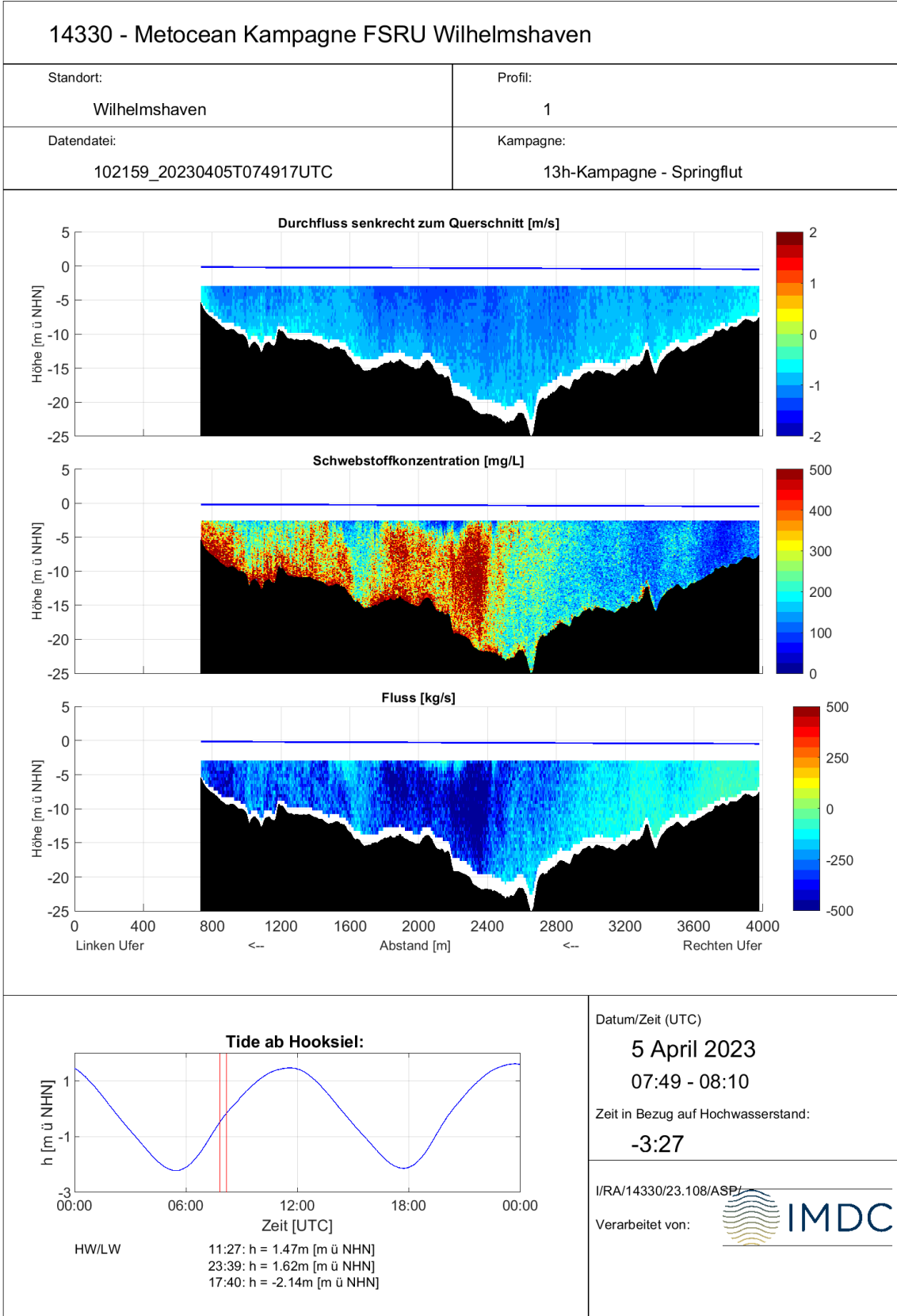
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 126 von 193







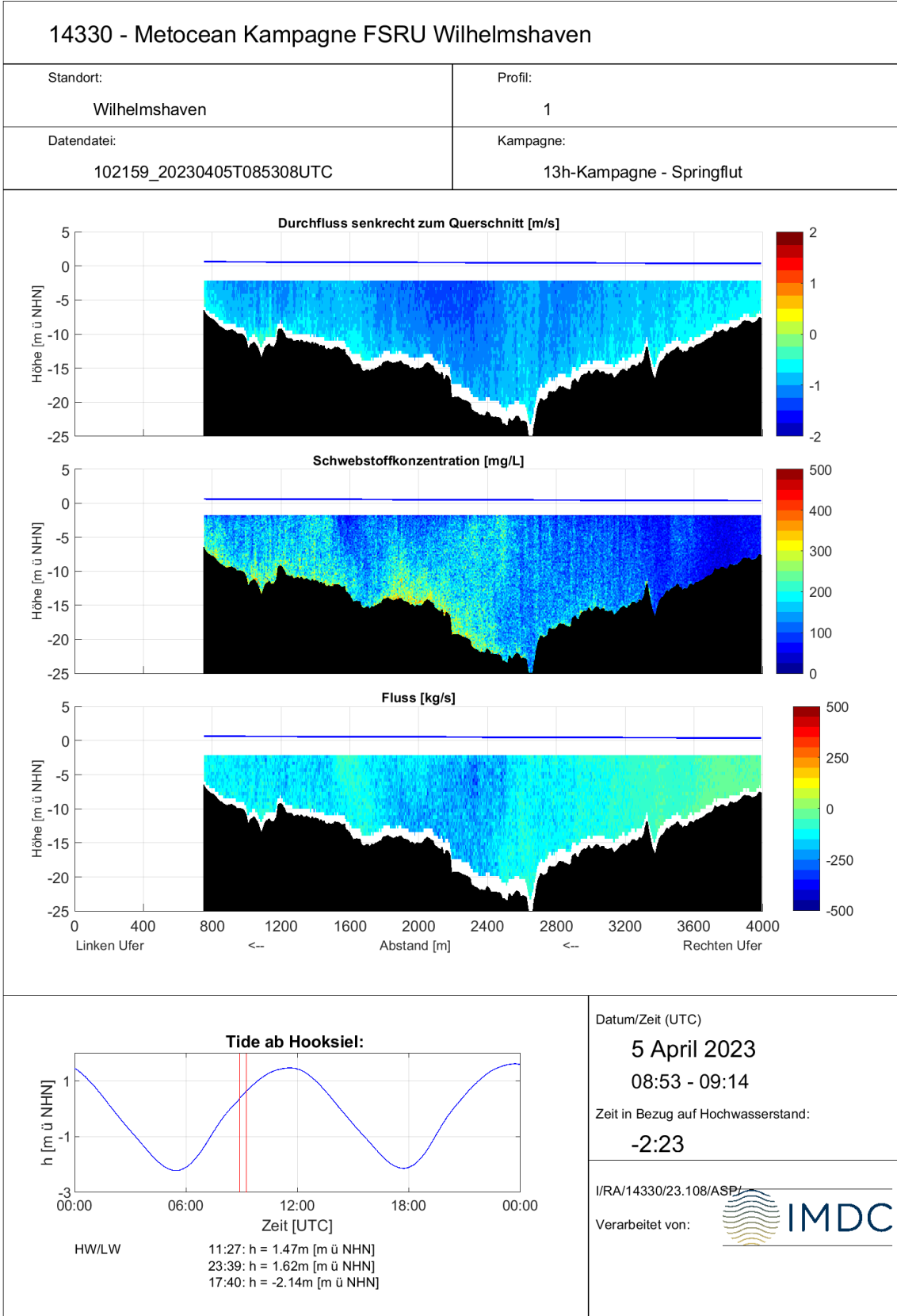
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 127 von 193







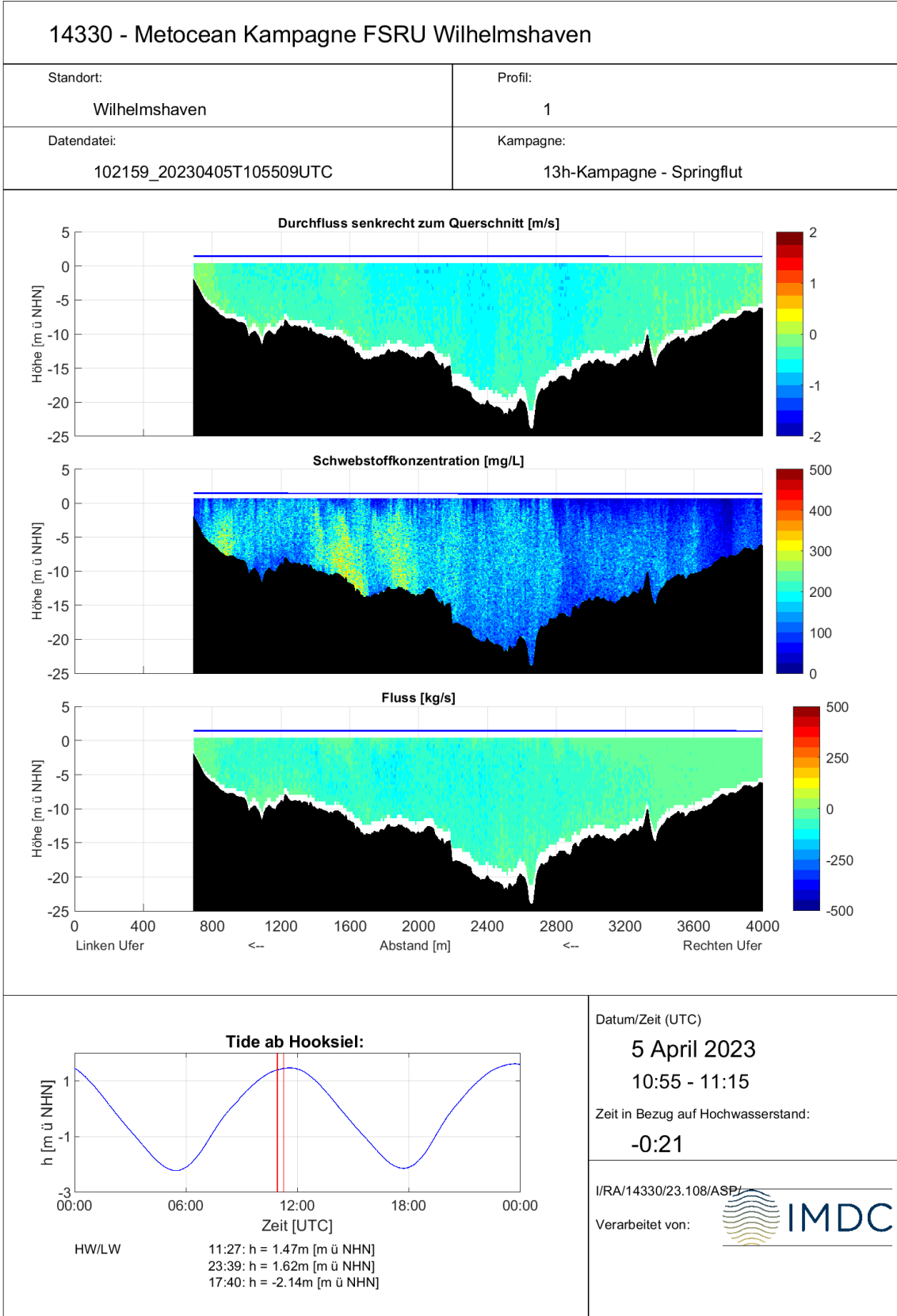
	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 128 von 193







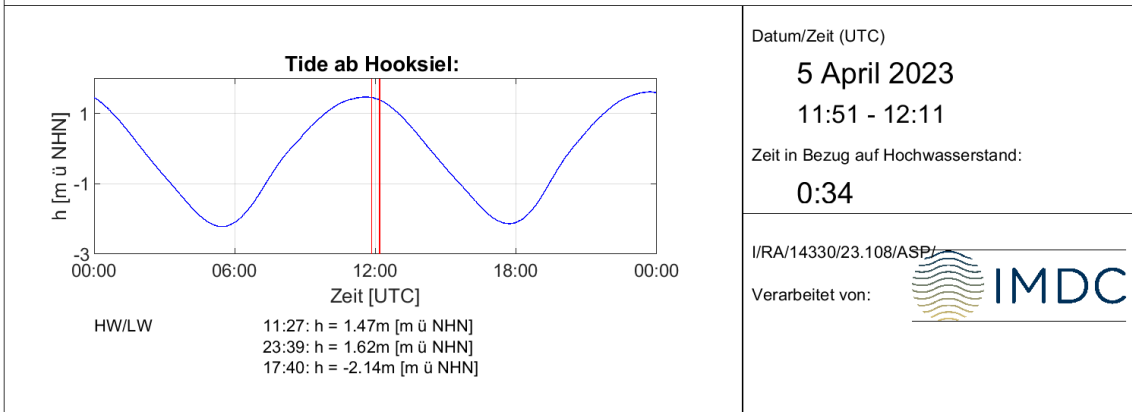
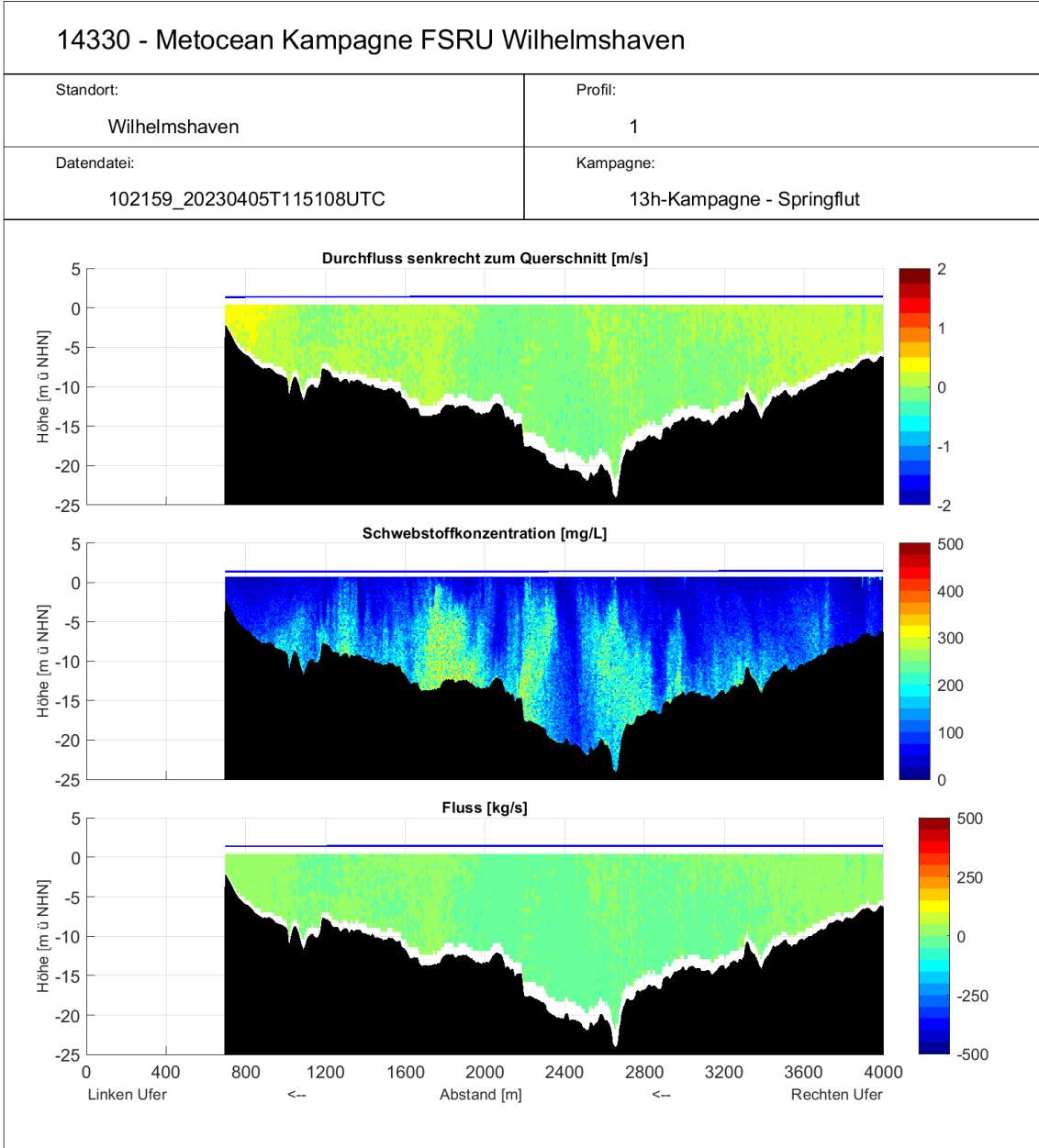
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 129 von 193





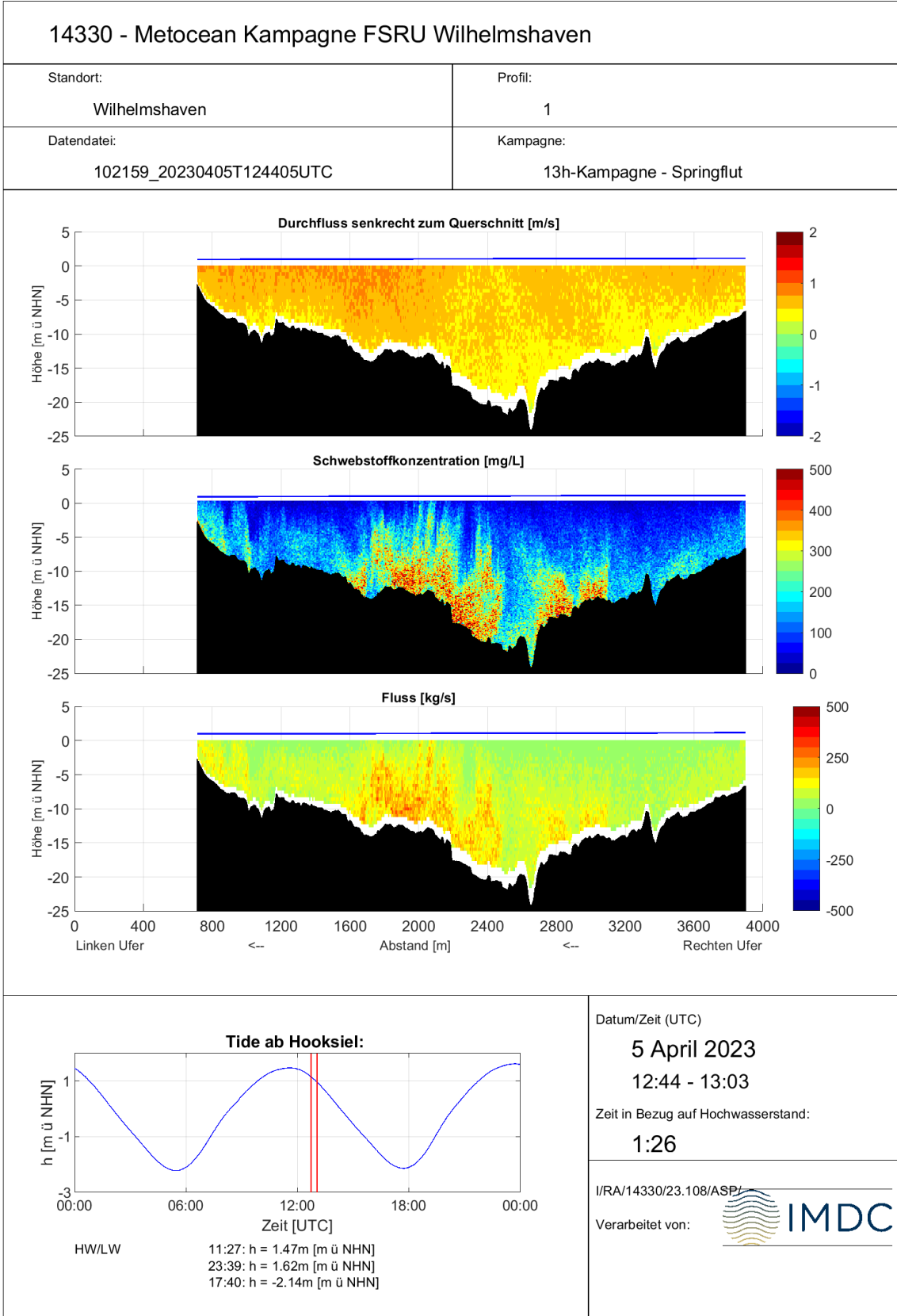
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 131 von 193







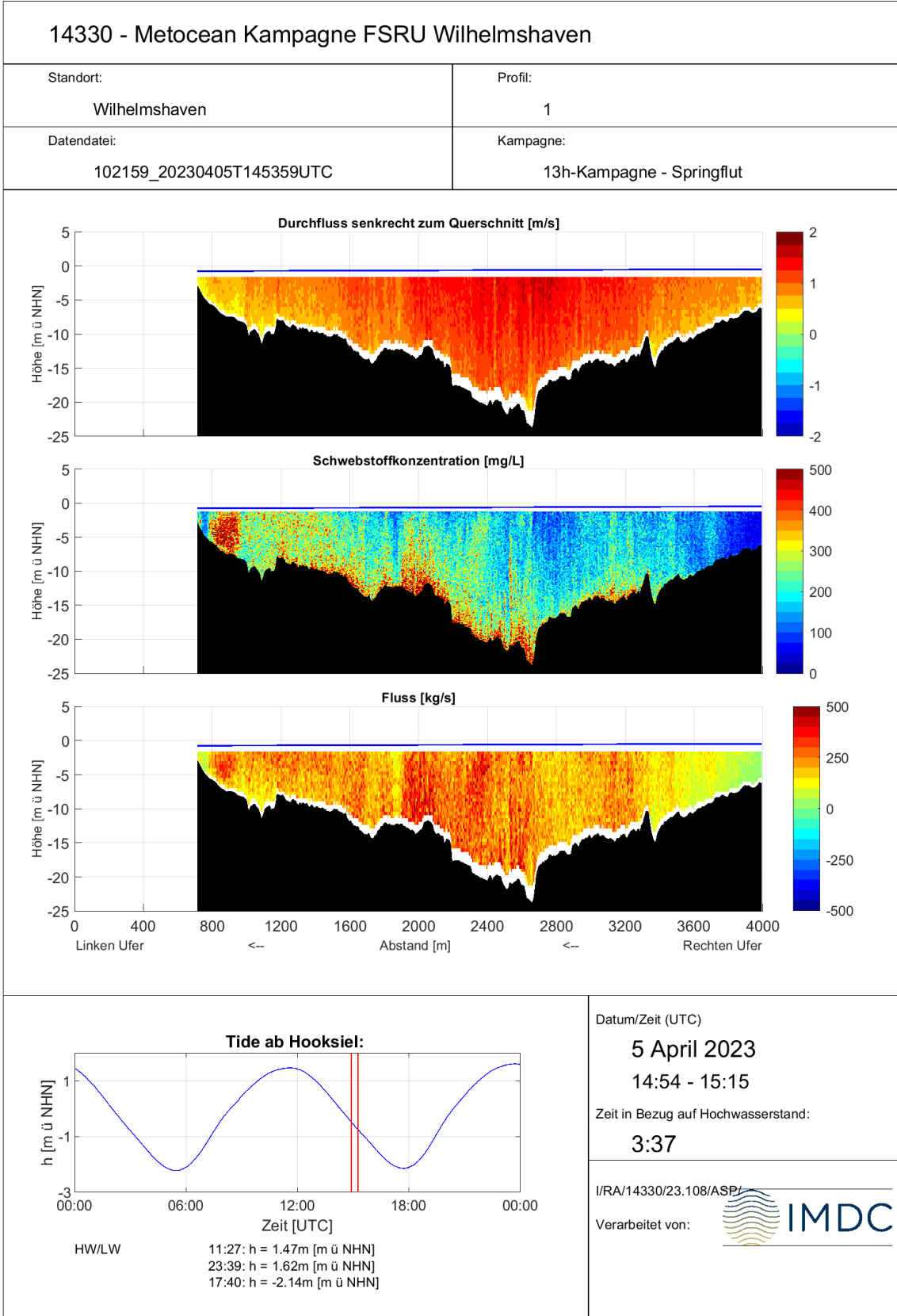
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 132 von 193





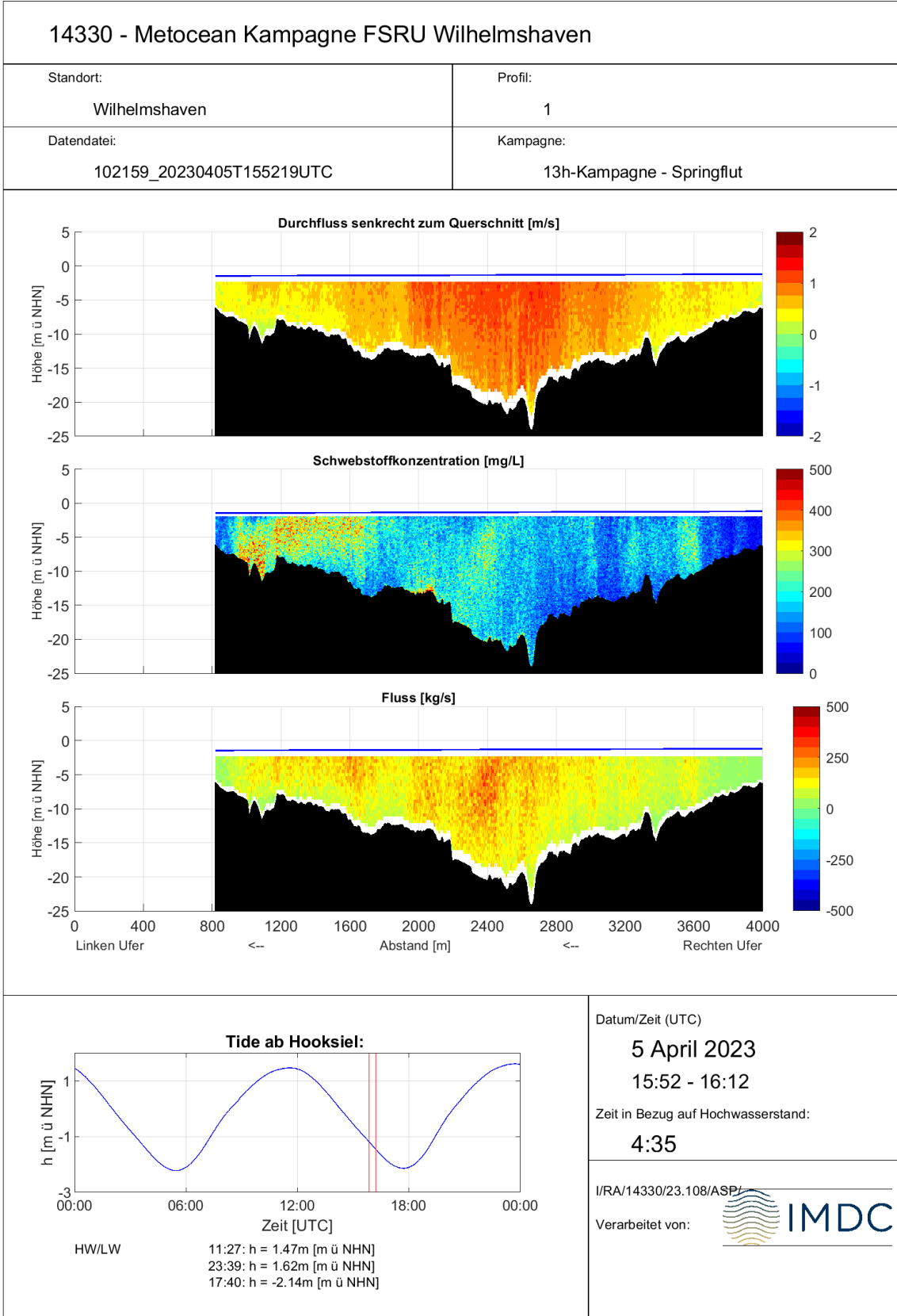
	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 133 von 193





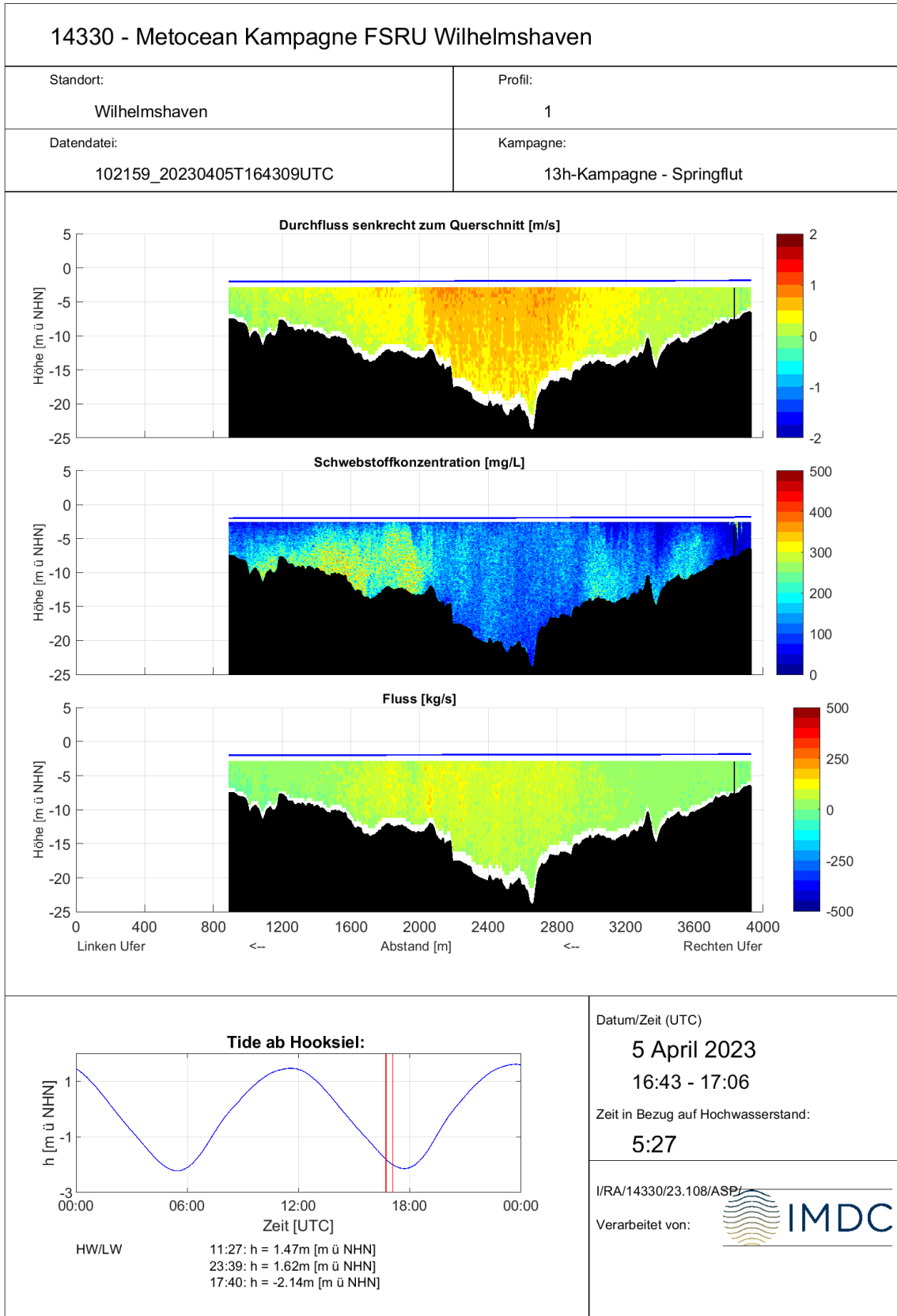
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 135 von 193







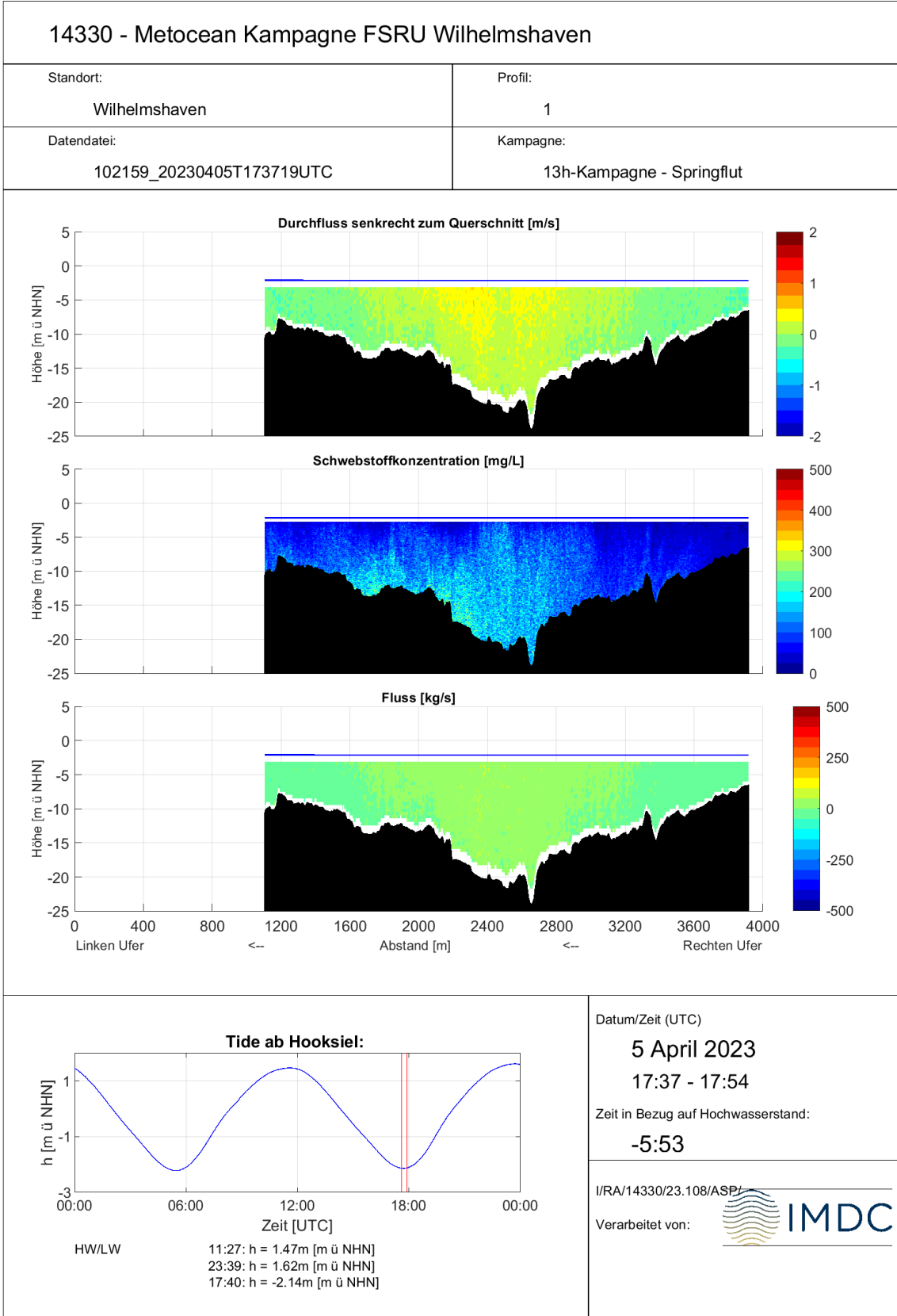
	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 136 von 193







  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 137 von 193



  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 138 von 193





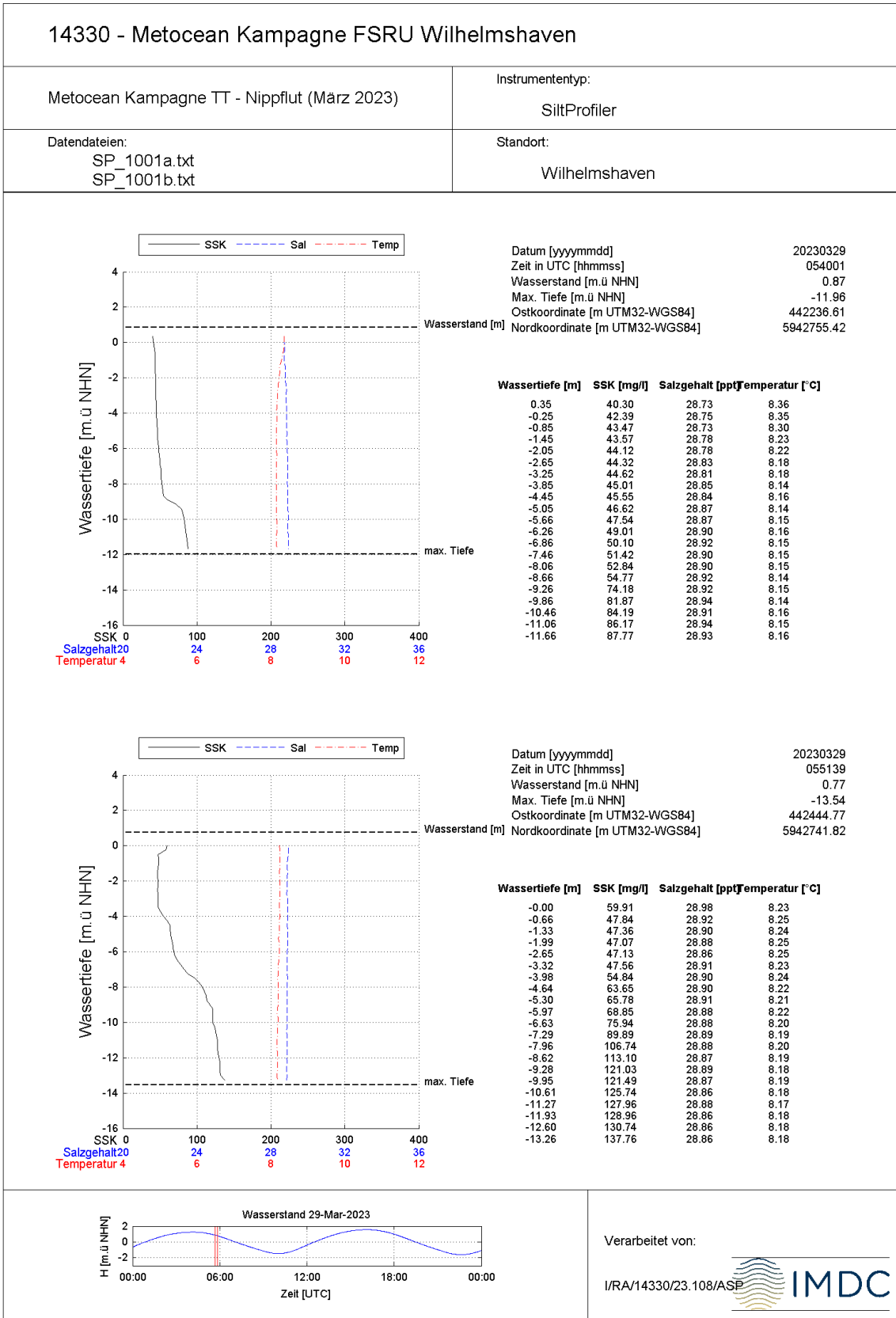
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 139 von 193



Anhang E Mobile Messungen – SSK-Profile

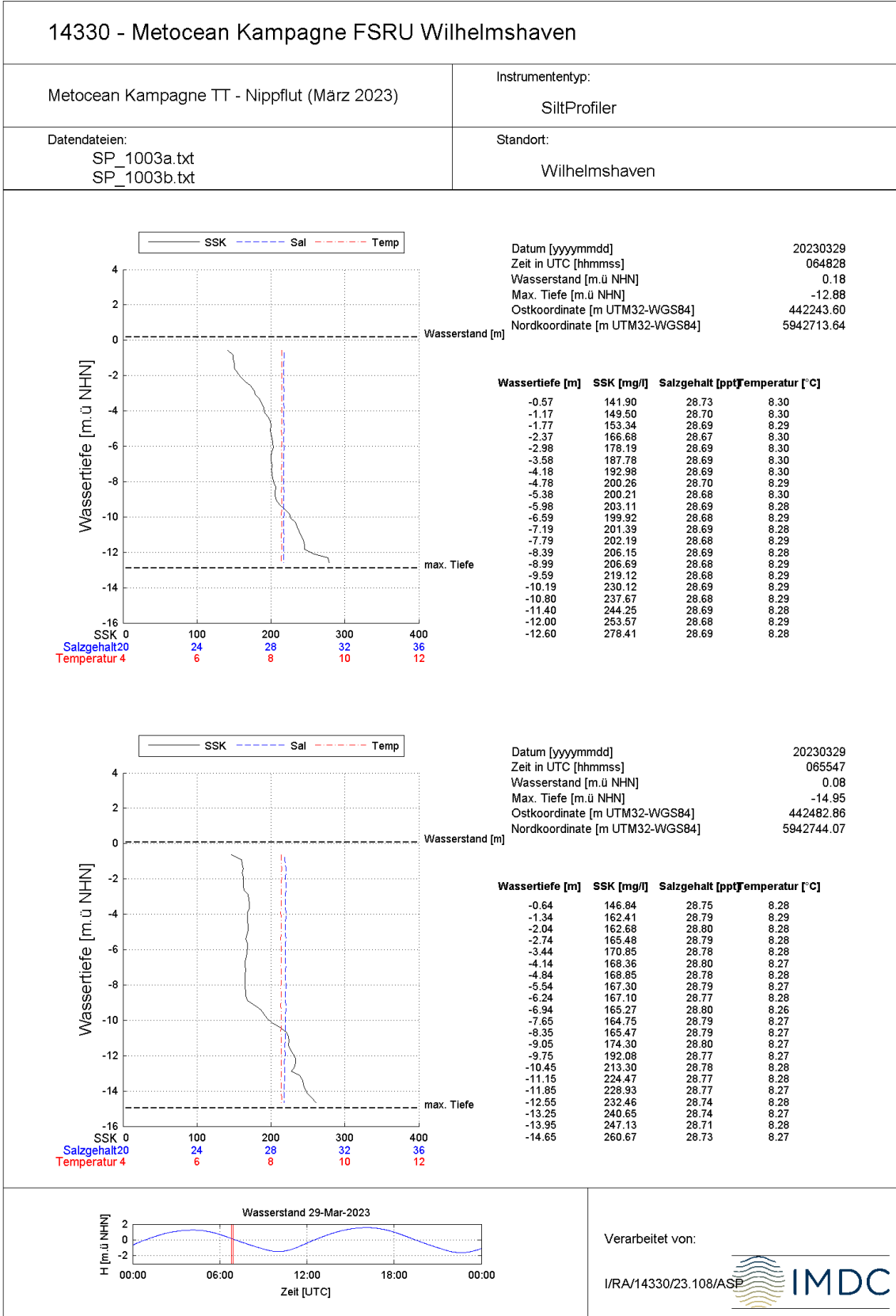
E.1 Vertikale SSK-Profildigramme



E.1.1 Kampagne 1: Nipptide

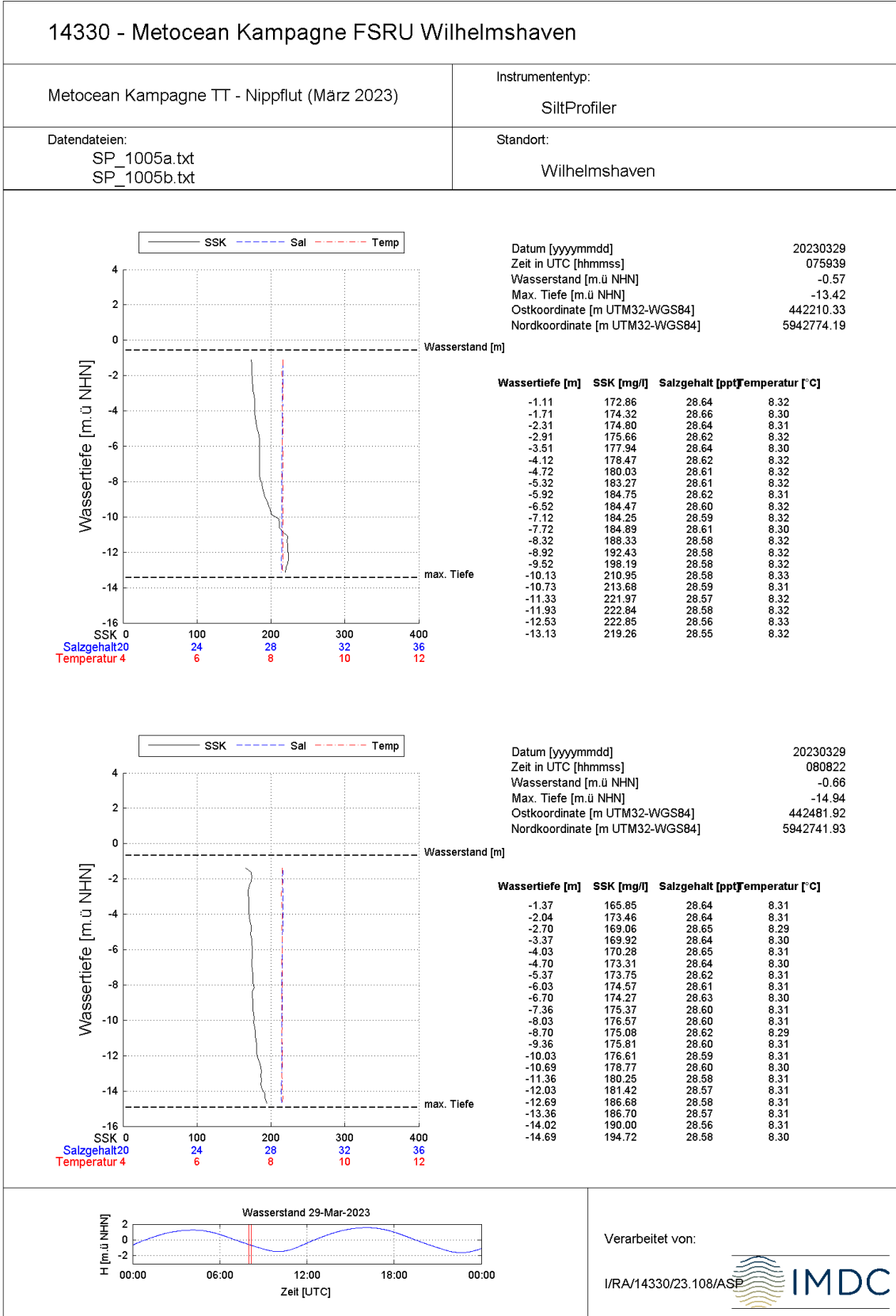
	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 140 von 193





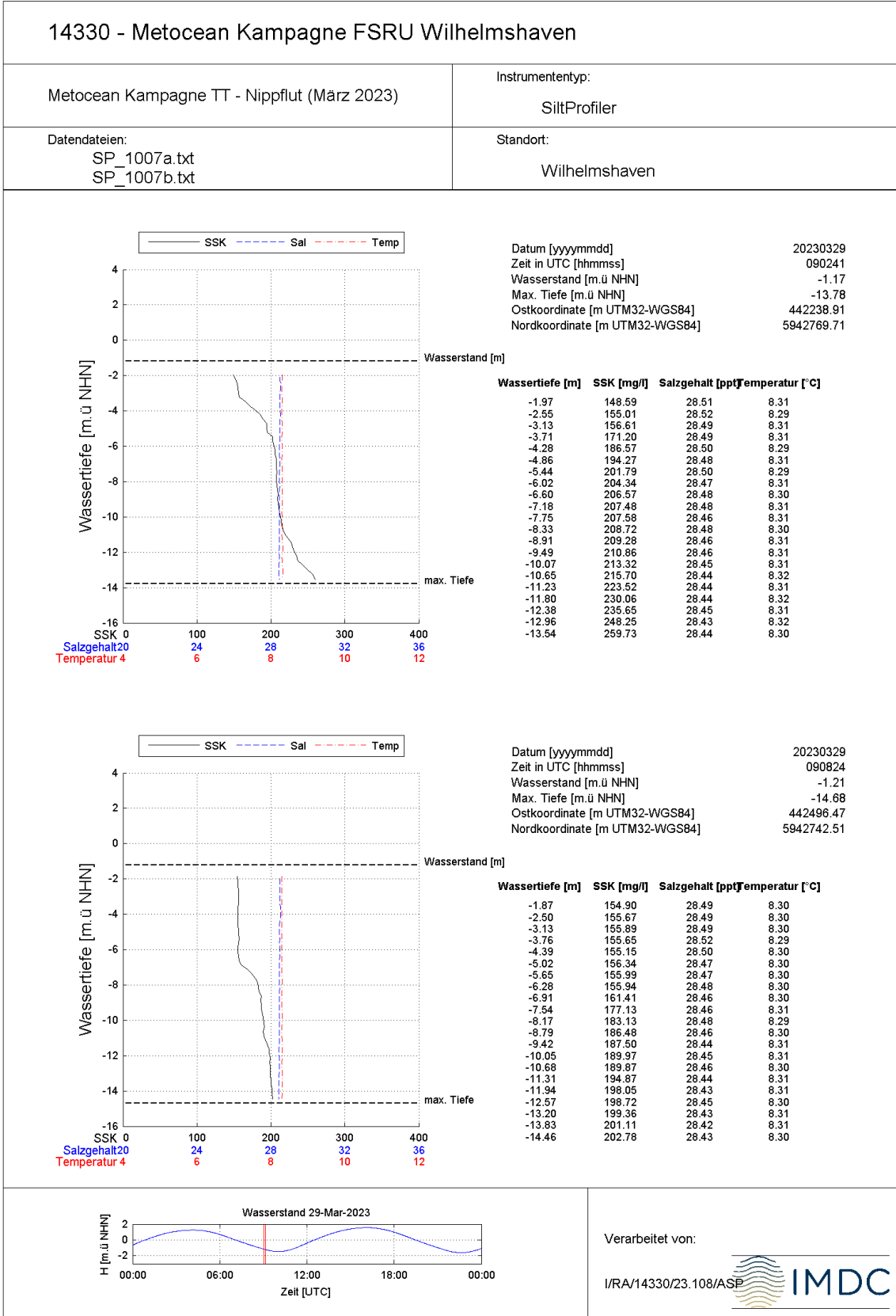
	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 141 von 193





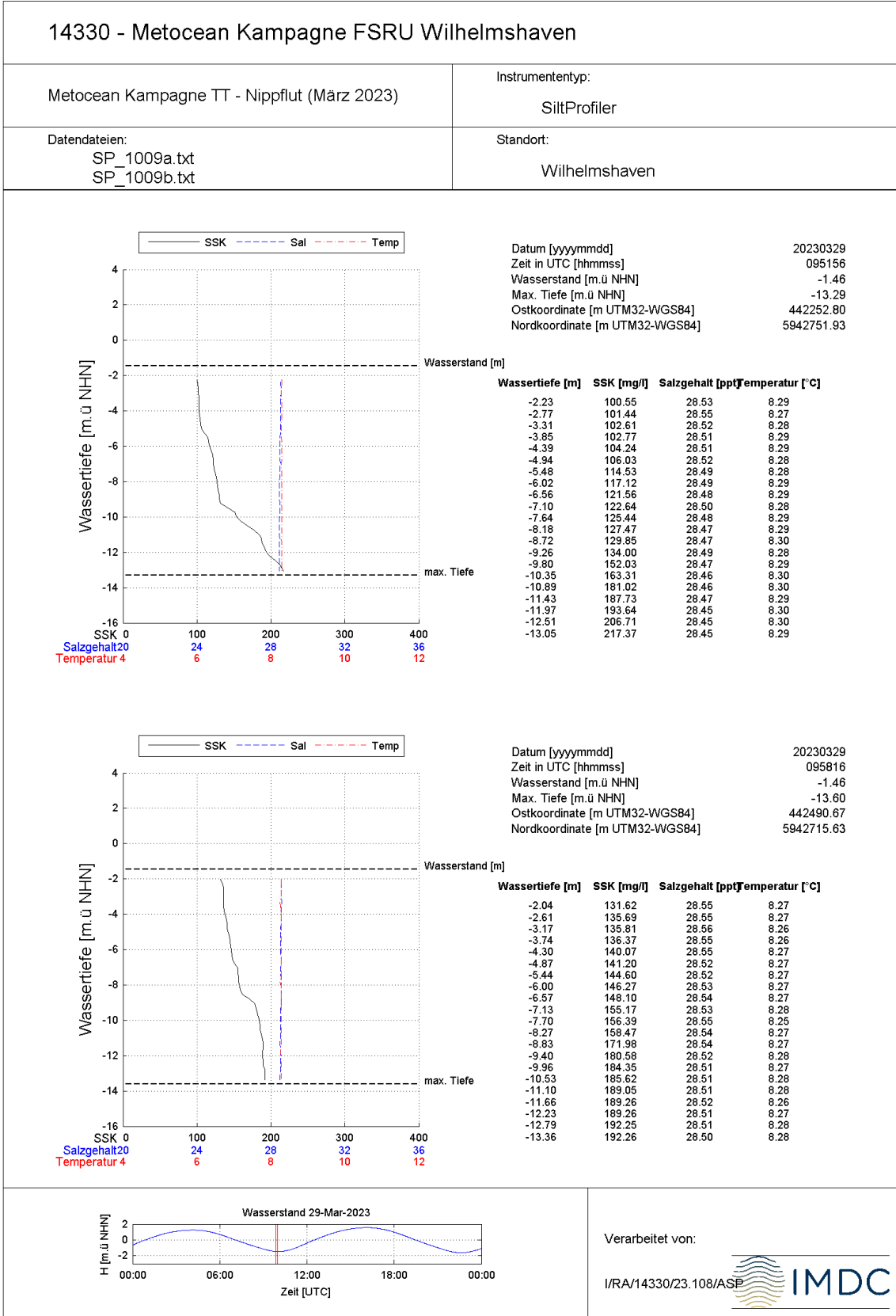
	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 142 von 193





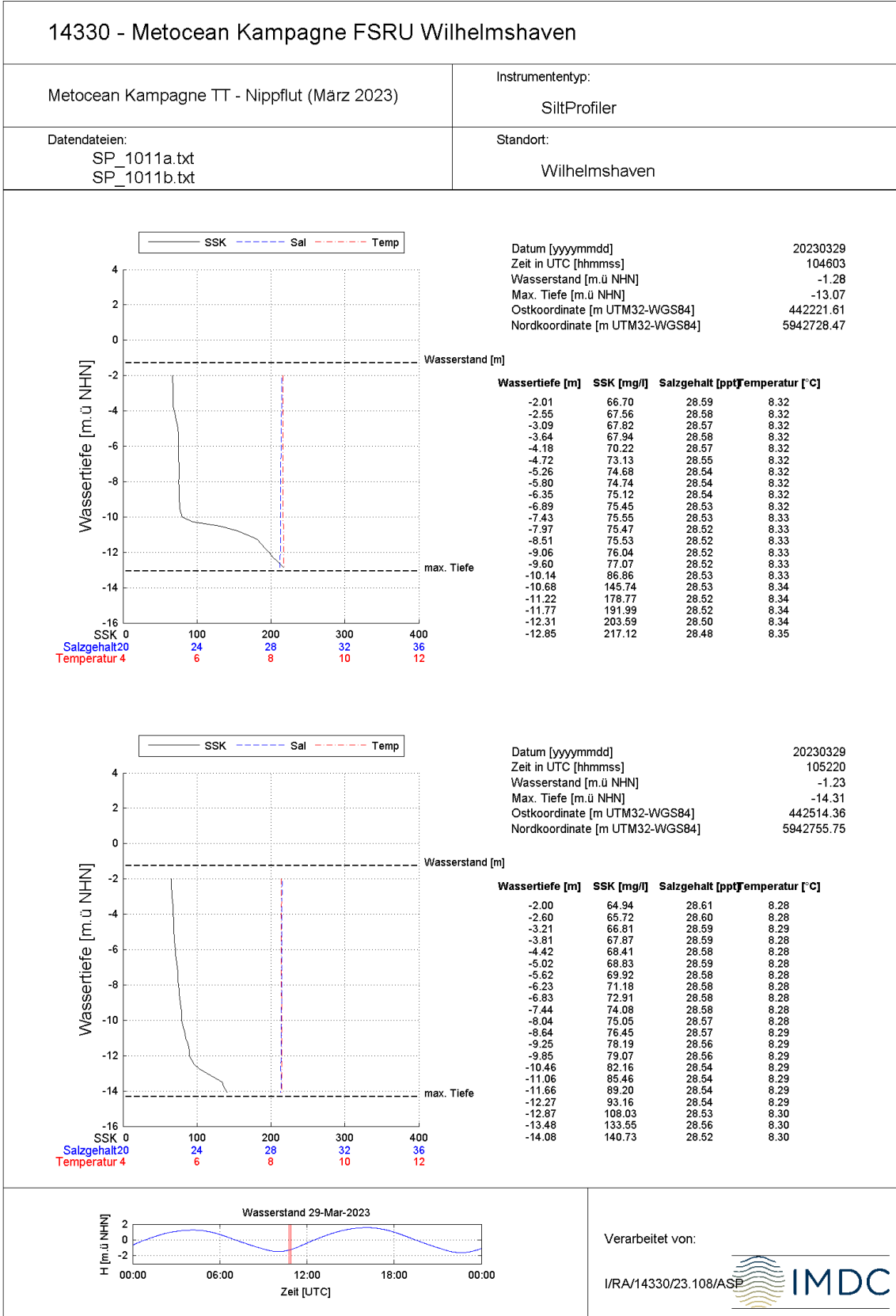
	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 143 von 193



	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 144 von 193



	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Metoceane Kampagne	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU		Seite 145 von 193



14330 - Metocean Kampagne FSRU Wilhelmshaven

Metocean Kampagne TT - Nippflut (März 2023)

Instrumententyp:

SiltProfiler

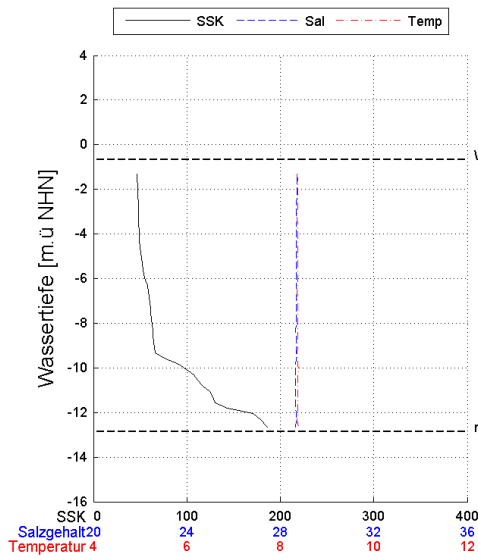
Datendateien:

SP_1013a.txt

SP_1013b.txt

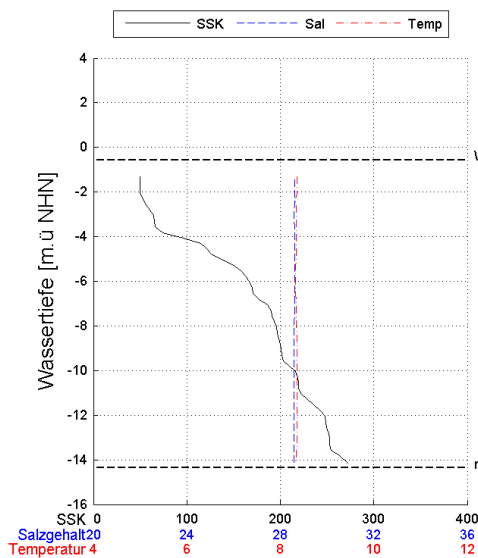
Standort:

Wilhelmshaven



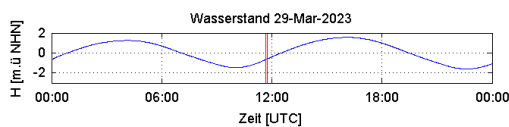
Datum [yyyymmdd] 20230329
 Zeit in UTC [hhmmss] 114029
 Wasserstand [m.ü. NHN] -0.66
 Max. Tiefe [m.ü. NHN] -12.87
 Ostkoordinate [m UTM32-WGS84] 442243.61
 Nordkoordinate [m UTM32-WGS84] 5942724.34

Wassertiefe [m]	SSK [mg/l]	Salzgehalt [ppt]	Temperatur [°C]
-1.32	46.87	28.72	8.36
-1.89	47.16	28.71	8.37
-2.45	47.78	28.69	8.37
-3.02	48.05	28.69	8.36
-3.59	48.68	28.68	8.37
-4.15	49.08	28.68	8.38
-4.72	50.63	28.68	8.37
-5.29	52.32	28.69	8.38
-5.85	54.06	28.69	8.37
-6.42	58.59	28.69	8.37
-6.99	60.42	28.68	8.38
-7.55	61.62	28.67	8.38
-8.12	62.84	28.67	8.38
-8.68	64.18	28.67	8.38
-9.25	65.88	28.68	8.36
-9.82	90.29	28.66	8.38
-10.38	109.04	28.65	8.38
-10.95	121.43	28.64	8.38
-11.52	129.75	28.65	8.38
-12.08	171.48	28.68	8.37
-12.65	186.06	28.65	8.39





Datum [yyyymmdd] 20230329
 Zeit in UTC [hhmmss] 114615
 Wasserstand [m.ü. NHN] -0.58
 Max. Tiefe [m.ü. NHN] -14.37
 Ostkoordinate [m UTM32-WGS84] 442480.26
 Nordkoordinate [m UTM32-WGS84] 5942744.06

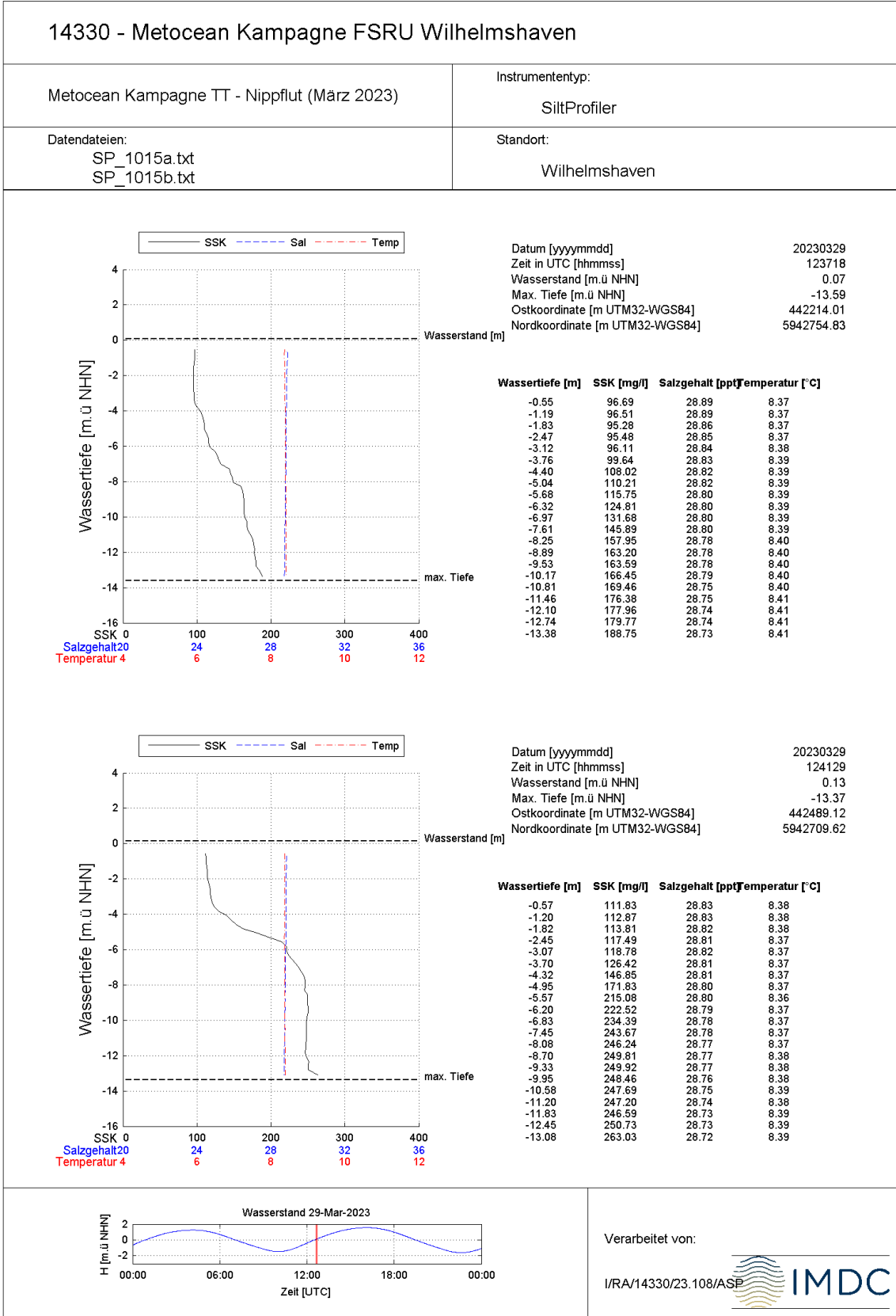
Wassertiefe [m]	SSK [mg/l]	Salzgehalt [ppt]	Temperatur [°C]
-1.32	49.64	28.62	8.35
-1.96	50.00	28.62	8.35
-2.60	56.87	28.61	8.34
-3.24	65.11	28.60	8.34
-3.88	80.25	28.61	8.34
-4.53	120.89	28.62	8.34
-5.17	144.53	28.62	8.34
-5.81	163.20	28.62	8.33
-6.45	170.37	28.63	8.32
-7.09	186.68	28.61	8.34
-7.73	192.77	28.60	8.34
-8.37	197.36	28.60	8.35
-9.01	200.99	28.60	8.35
-9.65	205.49	28.59	8.35
-10.29	218.33	28.59	8.35
-10.94	220.84	28.58	8.35
-11.58	236.32	28.58	8.35
-12.22	248.62	28.59	8.35
-12.86	251.94	28.59	8.35
-13.50	253.72	28.58	8.34
-14.14	272.00	28.58	8.33





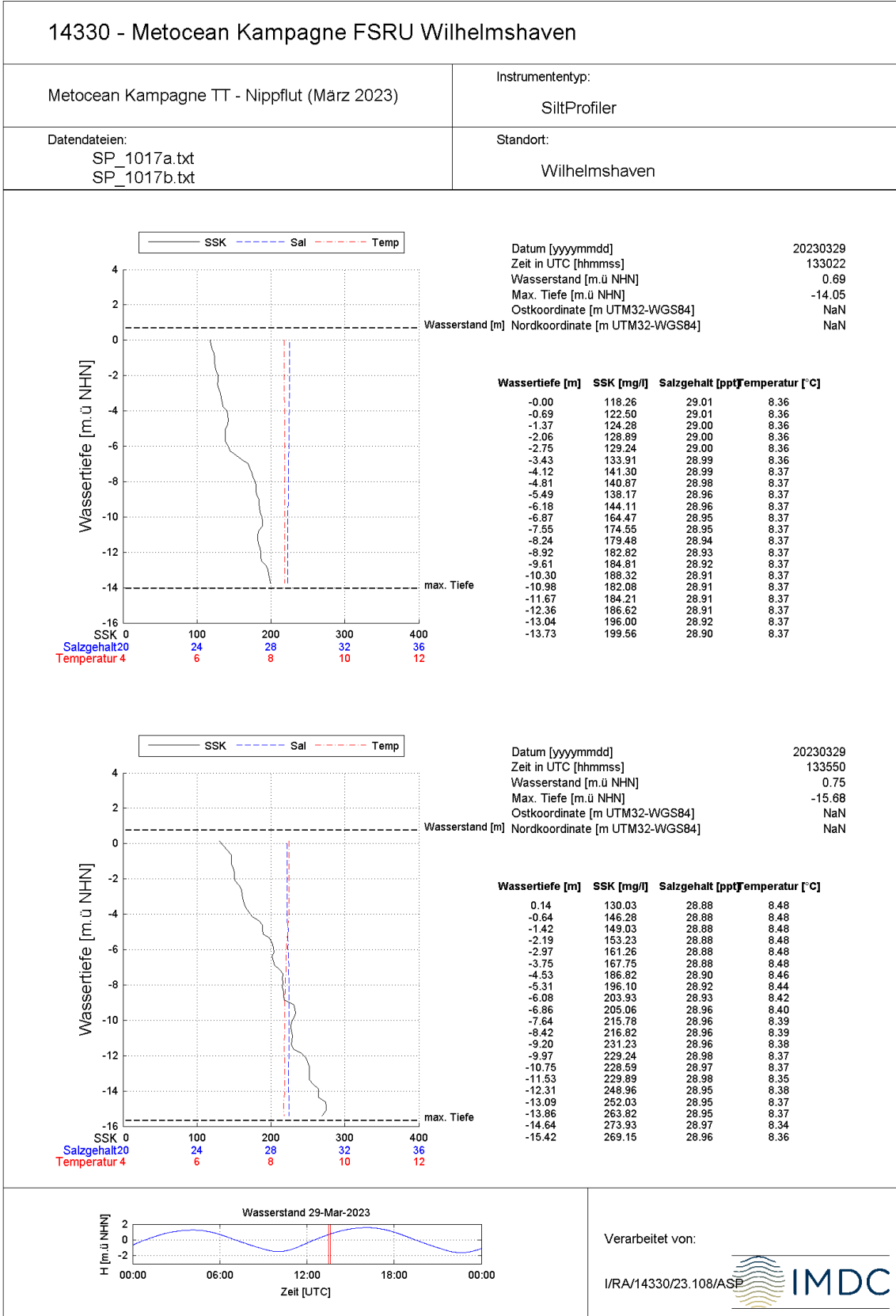
Verarbeitet von:



I/RA/14330/23.108/ASP

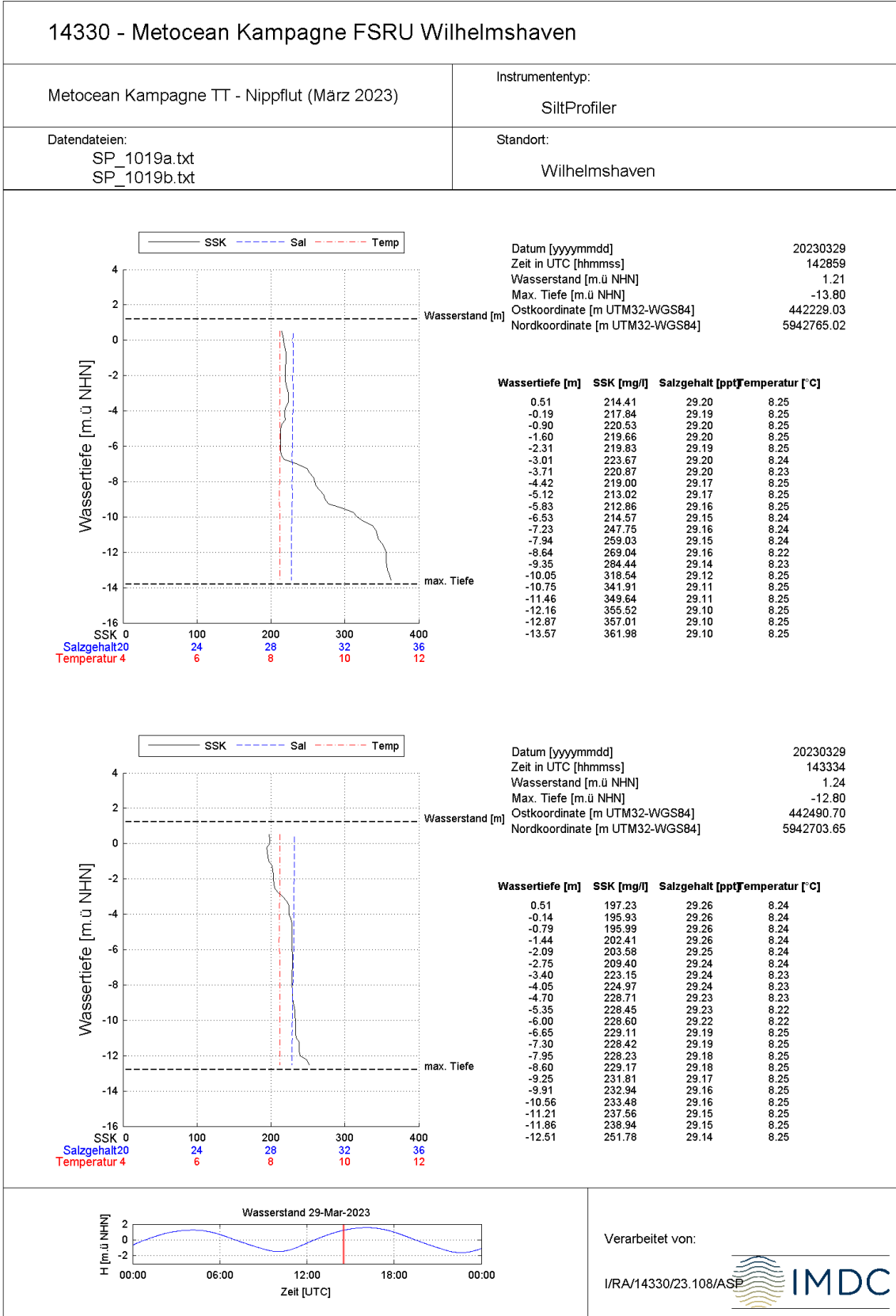
	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 147 von 193





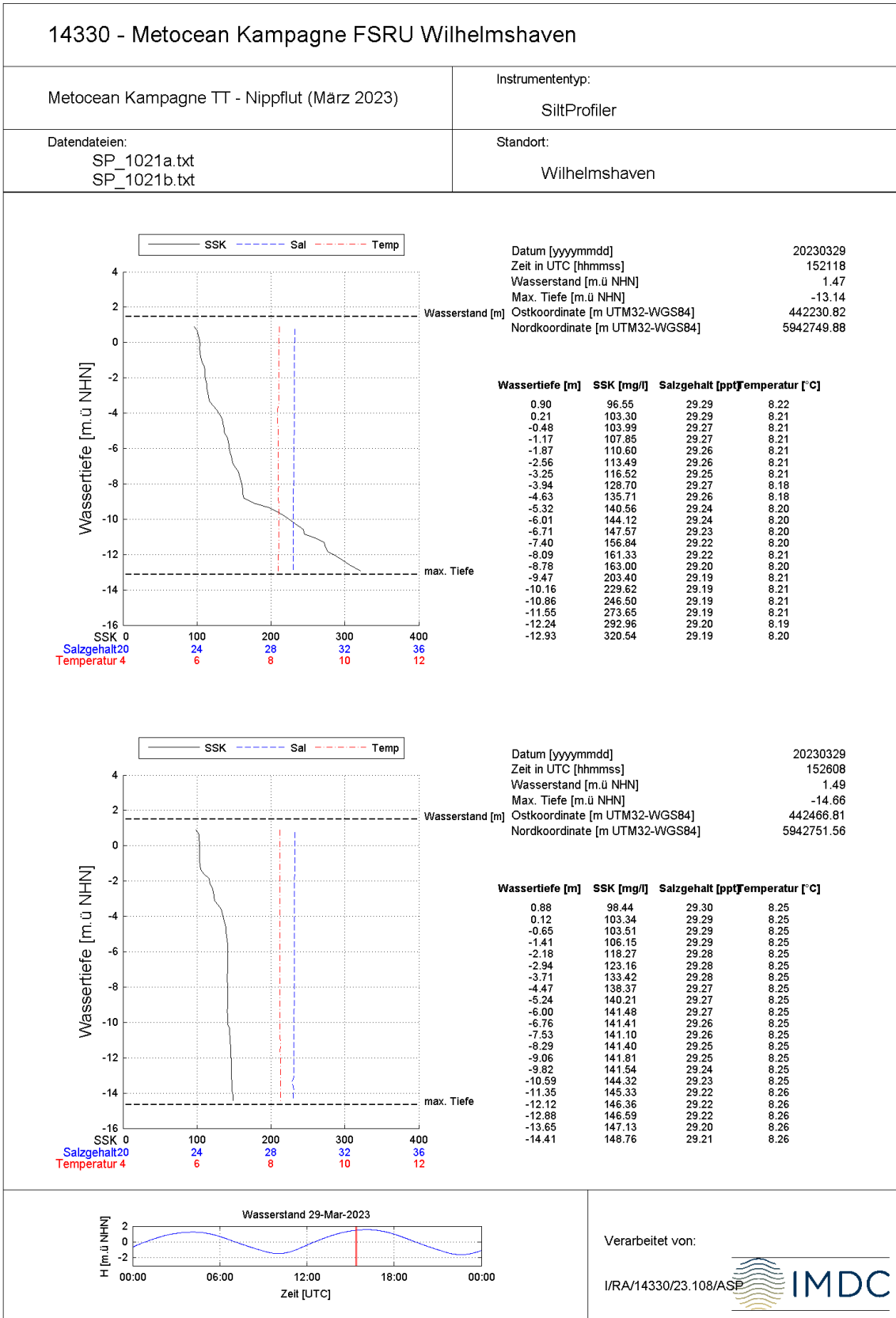
	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 148 von 193





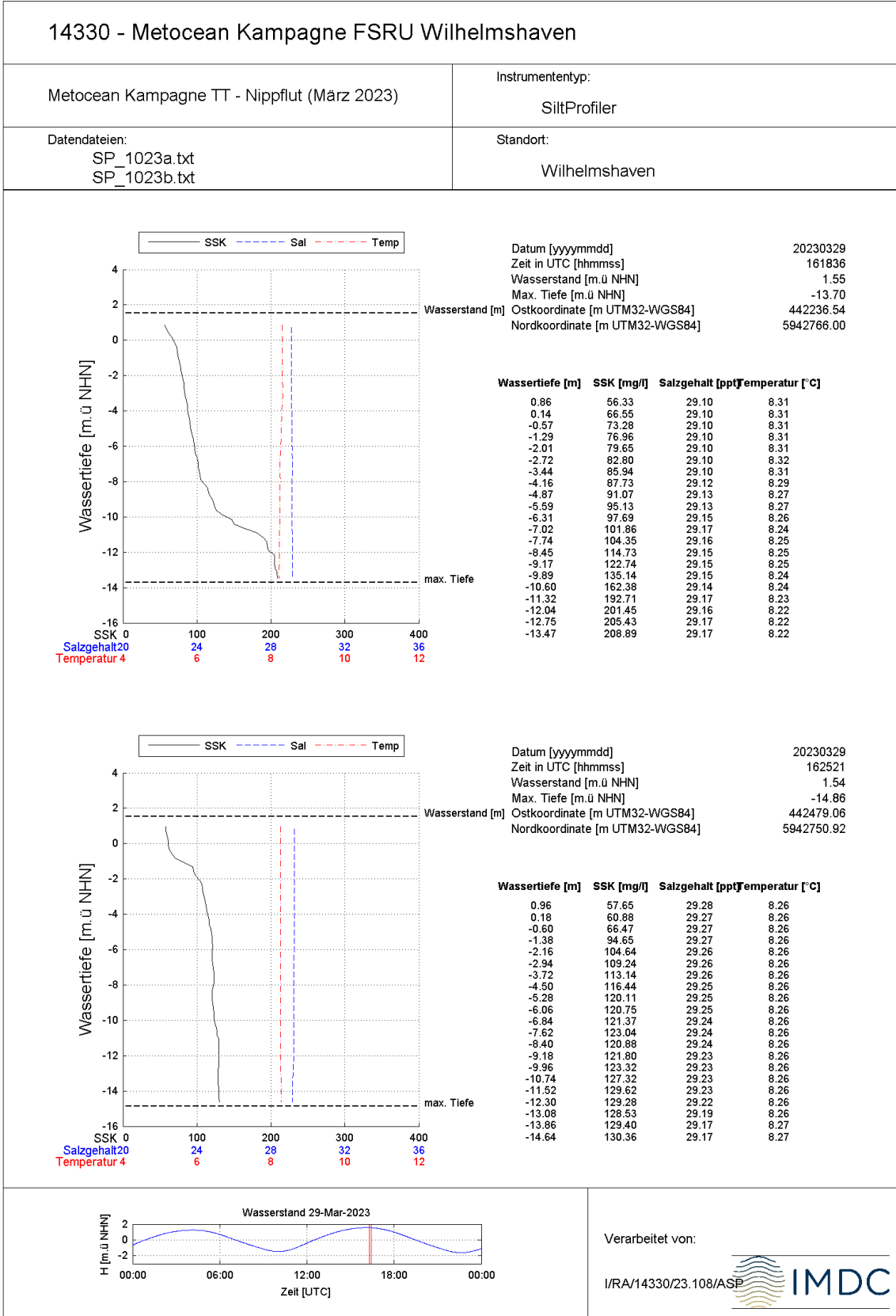
	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 149 von 193





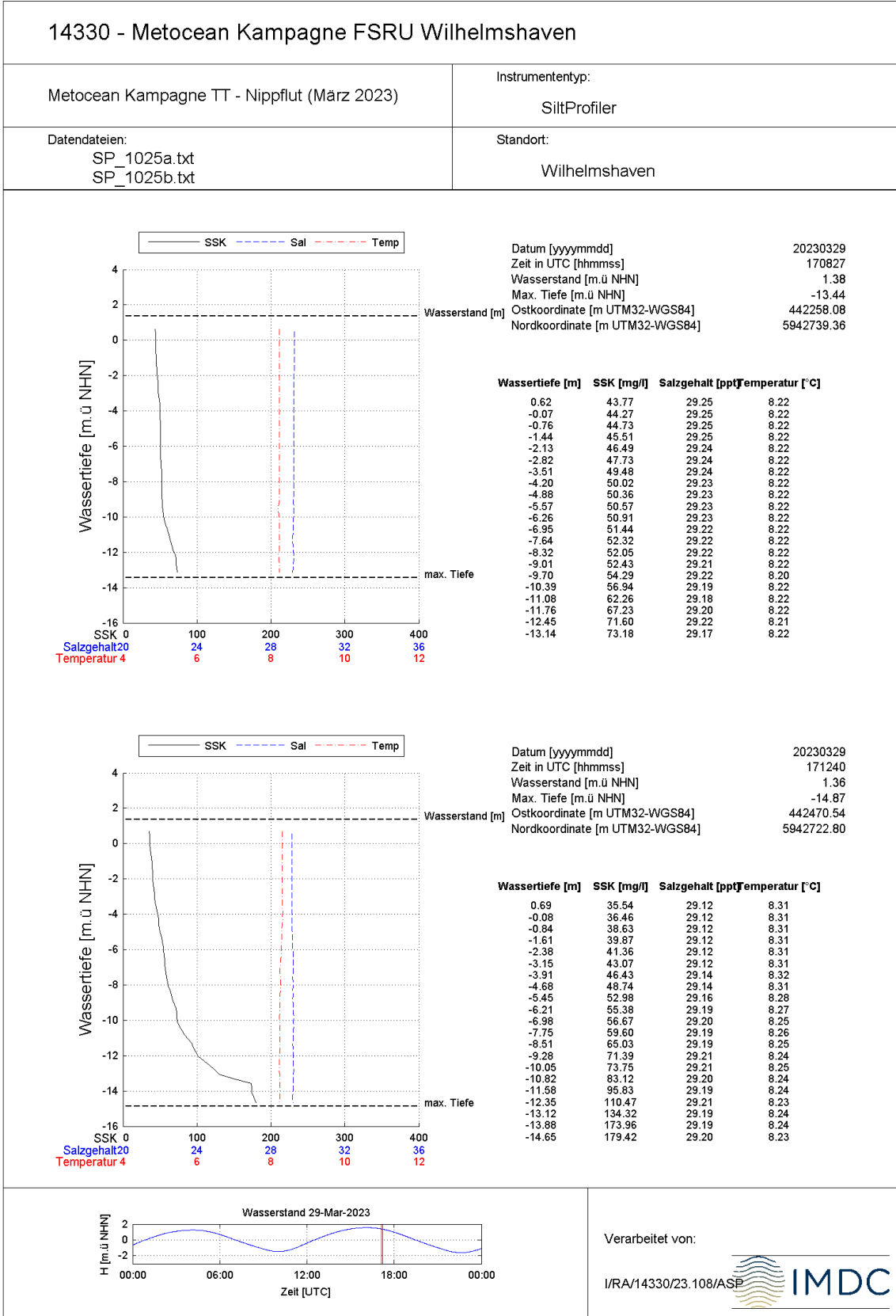
	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 150 von 193






	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Metoceane Kampagne	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU		Seite 151 von 193





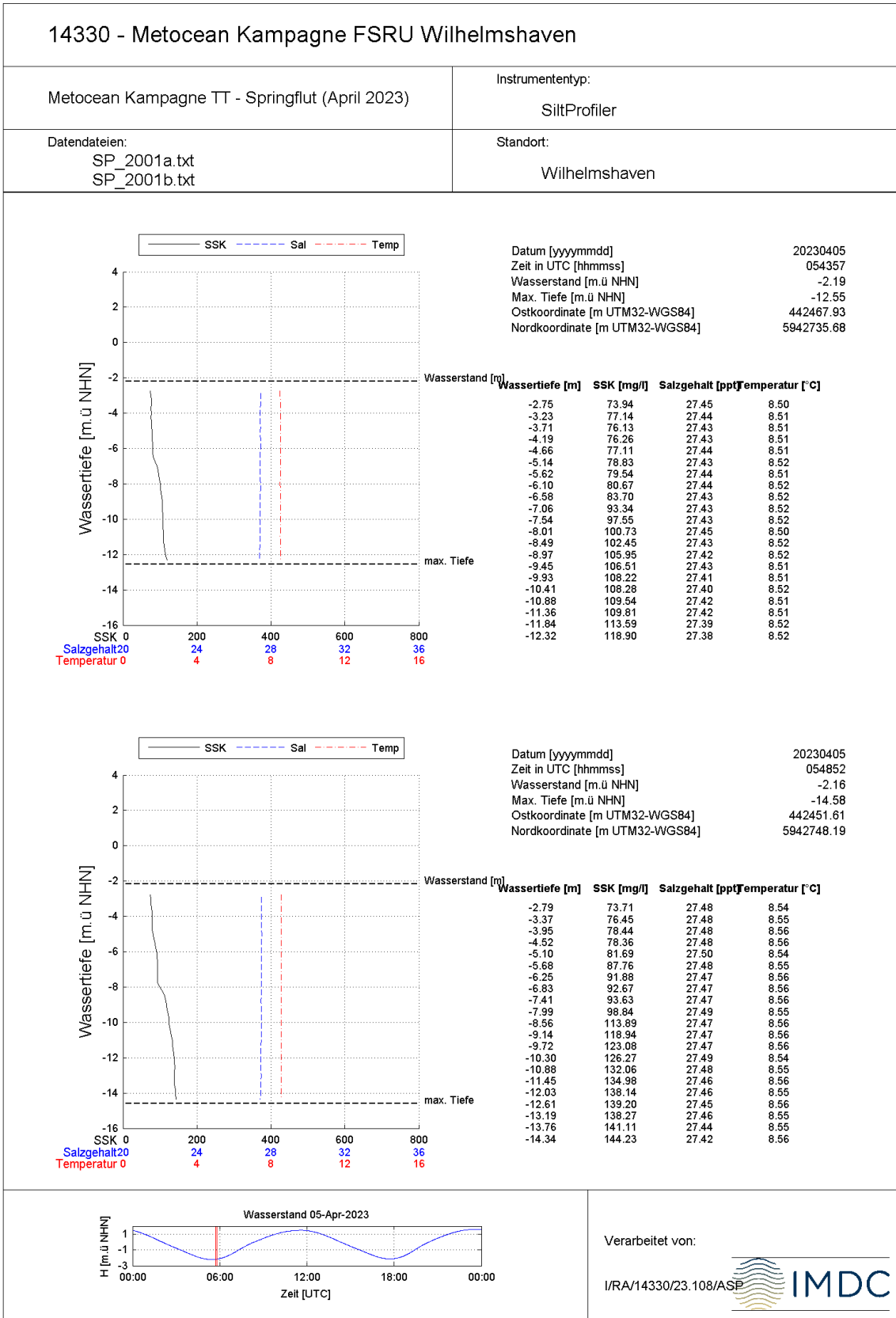
	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 152 von 193





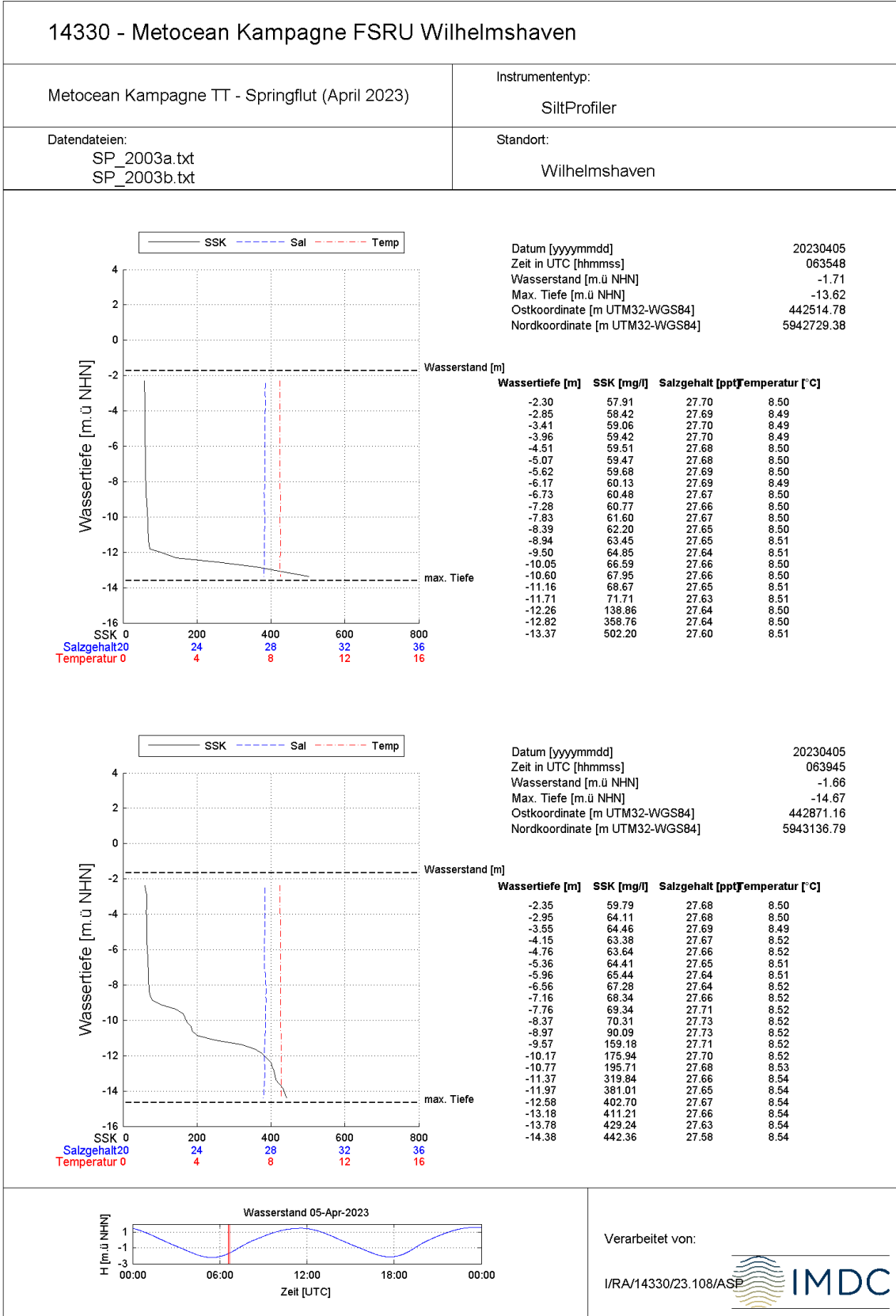
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 153 von 193



E.1.2 Kampagne 2: Springtide

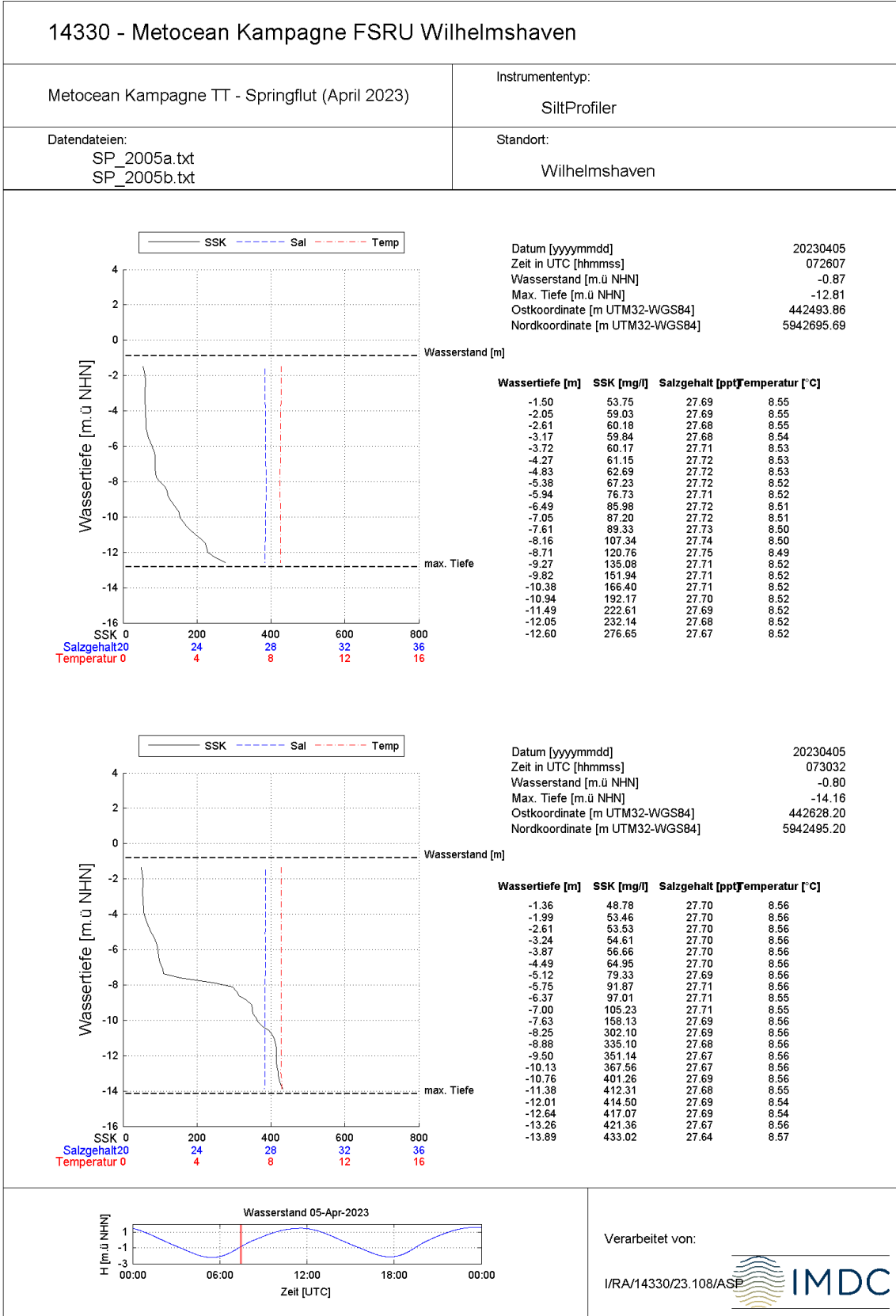
	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 154 von 193





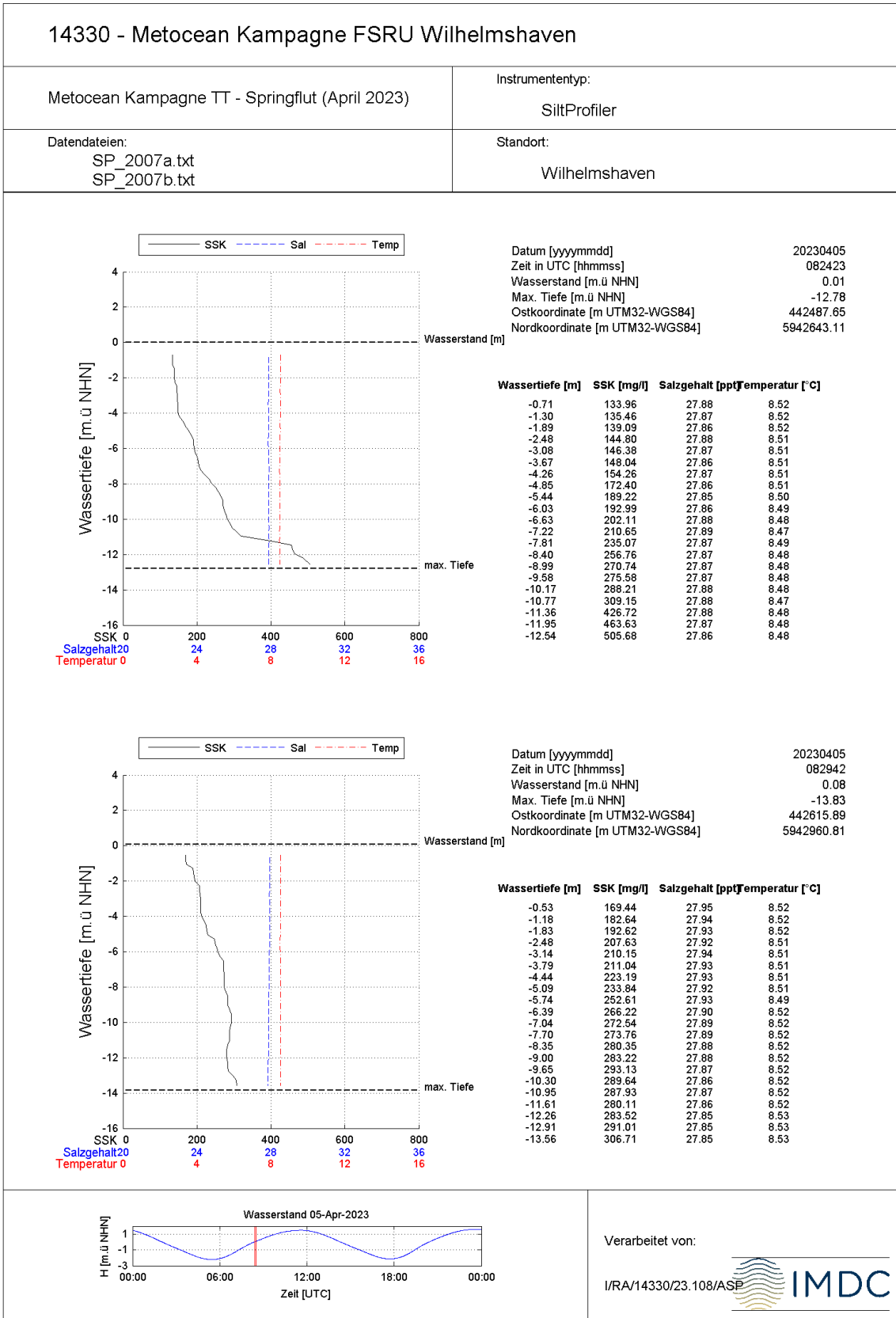
	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 155 von 193





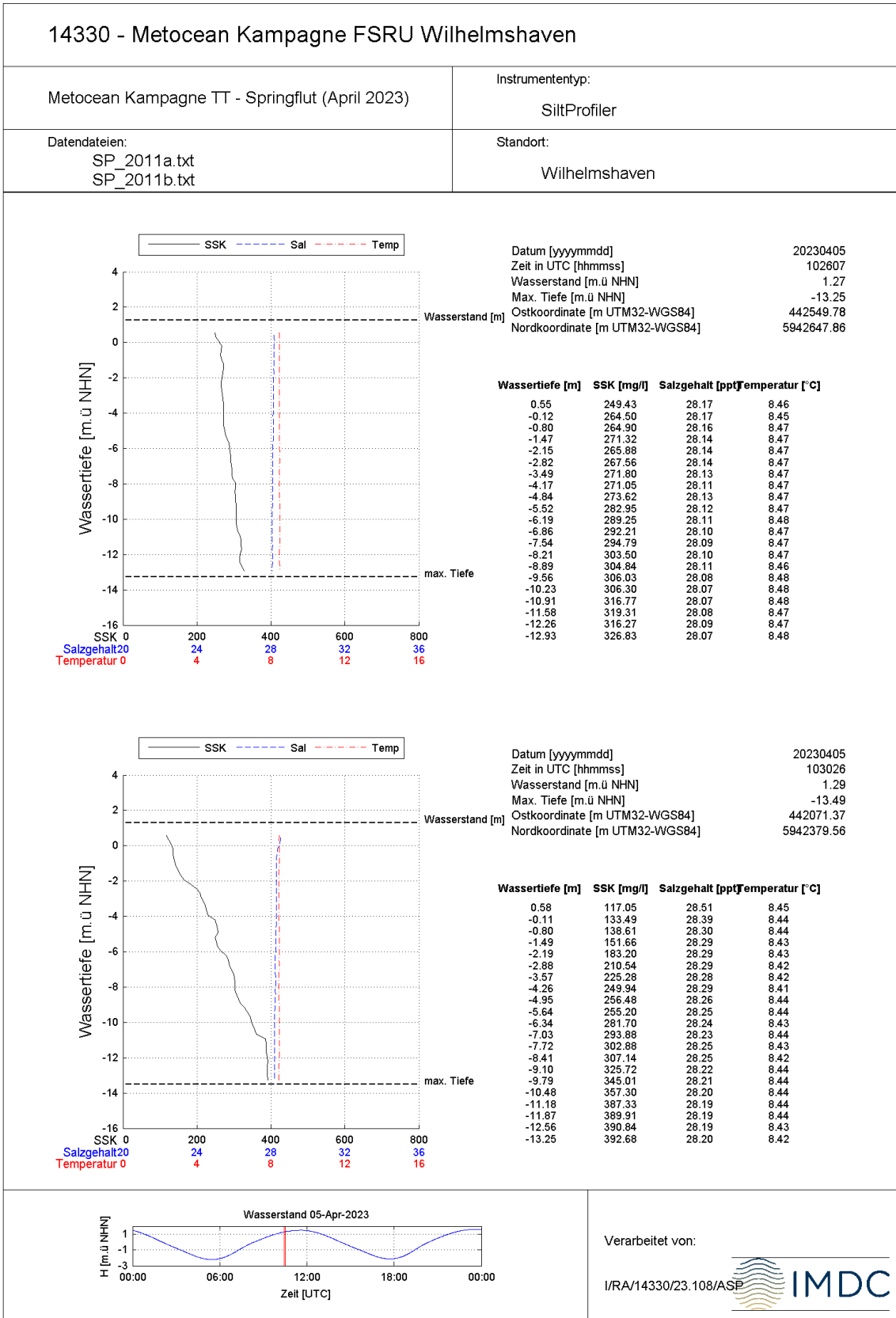
	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 156 von 193



	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 157 von 193



	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 159 von 193



14330 - Metocean Kampagne FSRU Wilhelmshaven

Metocean Kampagne TT - Springflut (April 2023)

Instrumententyp:

SiltProfiler

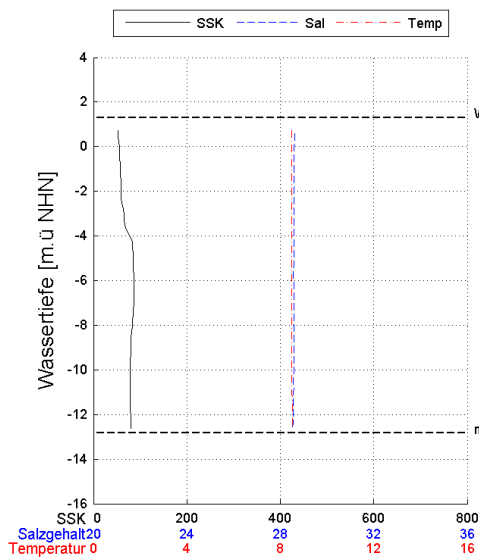
Datendateien:

SP_2015a.txt

SP_2015b.txt

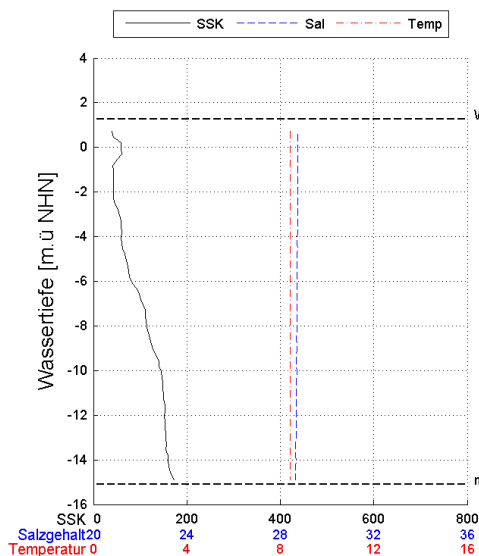
Standort:

Wilhelmshaven



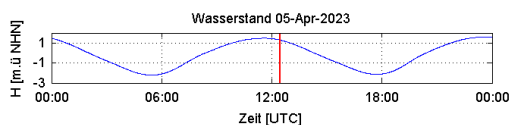
Datum [yyyymmdd] 20230405
 Zeit in UTC [hhmmss] 122431
 Wasserstand [m.ü. NHN] 1.31
 Max. Tiefe [m.ü. NHN] -12.84
 Ostkoordinate [m UTM32-WGS84] 442452.42
 Nordkoordinate [m UTM32-WGS84] 5942877.37

Wassertiefe [m]	SSK [mg/l]	Salzgehalt [ppt]	Temperatur [°C]
0.71	52.02	28.61	8.49
0.04	55.60	28.60	8.49
-0.62	56.76	28.60	8.49
-1.29	57.97	28.60	8.49
-1.95	59.03	28.60	8.49
-2.62	61.97	28.59	8.49
-3.29	66.11	28.59	8.49
-3.95	76.33	28.59	8.49
-4.62	83.87	28.59	8.49
-5.28	85.01	28.58	8.49
-5.95	86.53	28.57	8.49
-6.62	86.66	28.58	8.50
-7.28	86.04	28.59	8.49
-7.95	82.93	28.58	8.50
-8.61	80.44	28.60	8.49
-9.28	79.62	28.57	8.50
-9.95	78.94	28.57	8.50
-10.61	78.94	28.56	8.50
-11.28	79.06	28.54	8.51
-11.94	79.52	28.55	8.51
-12.61	81.05	28.53	8.51





Datum [yyyymmdd] 20230405
 Zeit in UTC [hhmmss] 122739
 Wasserstand [m.ü. NHN] 1.28
 Max. Tiefe [m.ü. NHN] -15.10
 Ostkoordinate [m UTM32-WGS84] 442892.98
 Nordkoordinate [m UTM32-WGS84] 5943148.32

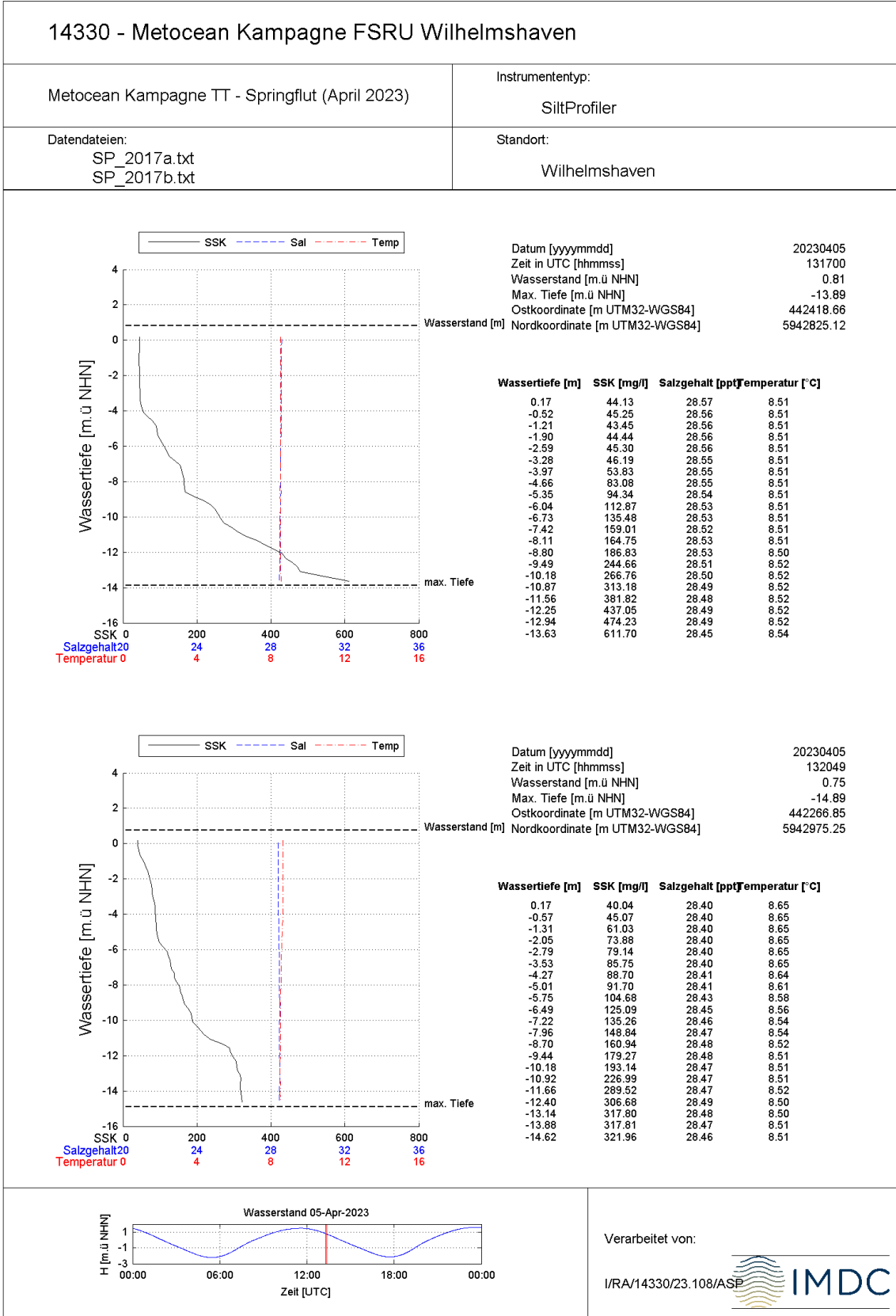
Wassertiefe [m]	SSK [mg/l]	Salzgehalt [ppt]	Temperatur [°C]
0.71	39.89	28.76	8.42
-0.07	59.45	28.76	8.42
-0.85	42.06	28.75	8.42
-1.63	42.47	28.75	8.42
-2.41	44.51	28.75	8.42
-3.19	57.87	28.74	8.42
-3.97	60.08	28.73	8.42
-4.75	66.09	28.73	8.41
-5.53	75.67	28.72	8.42
-6.31	92.80	28.72	8.41
-7.09	106.74	28.71	8.42
-7.86	112.83	28.70	8.42
-8.64	122.40	28.69	8.42
-9.42	137.04	28.69	8.42
-10.20	146.71	28.69	8.42
-10.98	149.30	28.68	8.42
-11.76	152.73	28.68	8.41
-12.54	153.28	28.69	8.41
-13.32	156.07	28.66	8.42
-14.10	160.63	28.67	8.41
-14.88	172.04	28.66	8.41





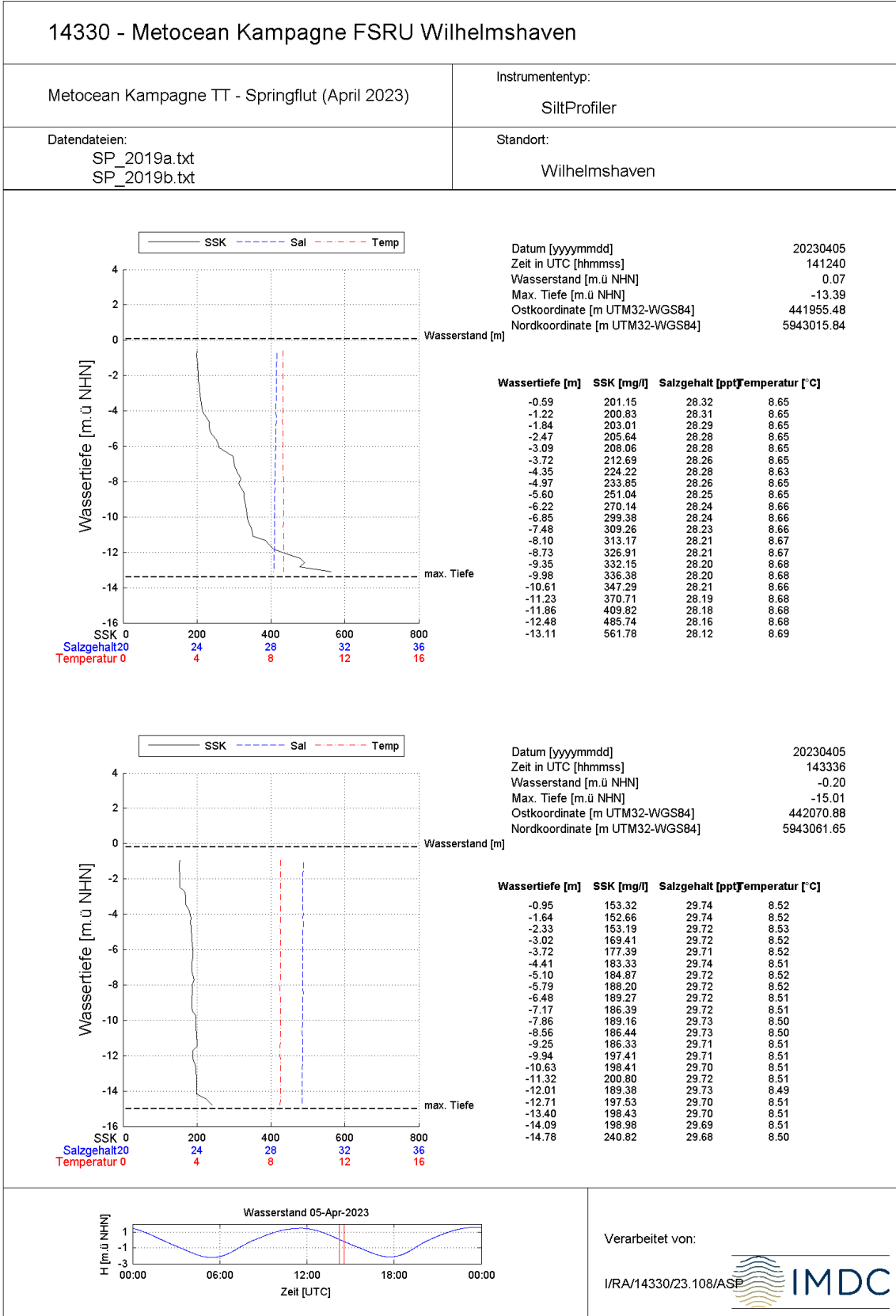
Verarbeitet von:



I/RA/14330/23.108/ASP

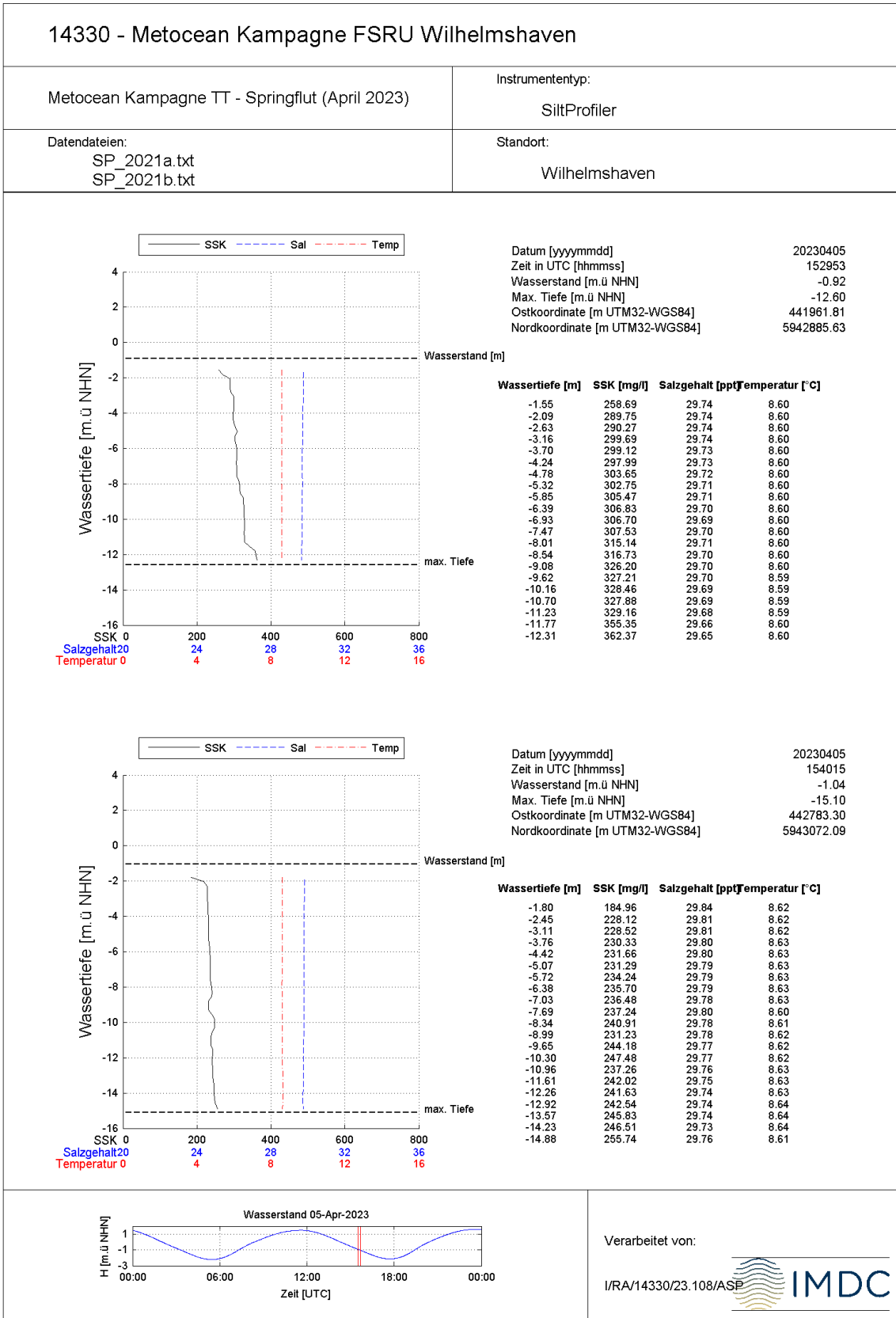
	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 162 von 193





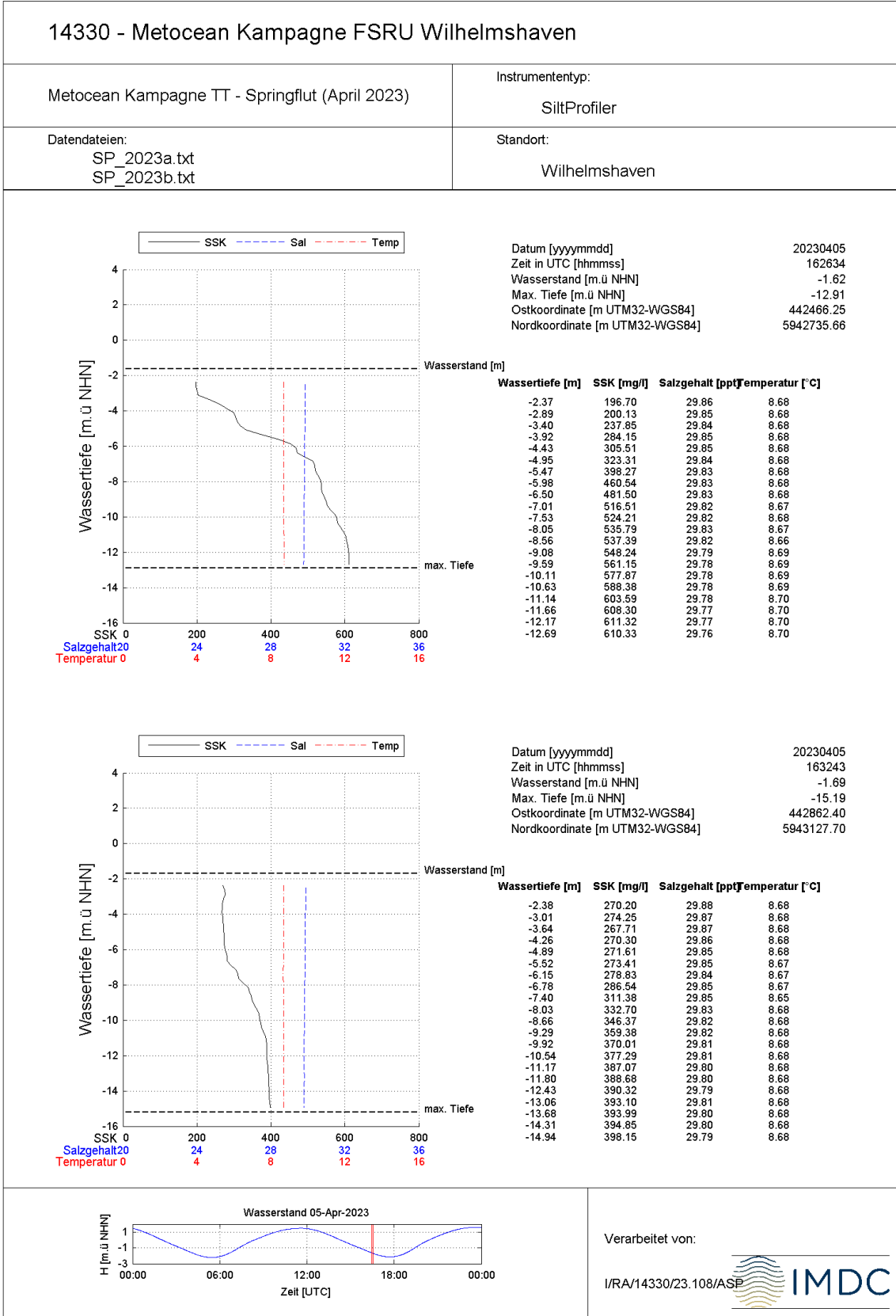
	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 163 von 193



	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 164 von 193



	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 165 von 193



14330 - Metoceane Kampagne FSRU Wilhelmshaven

Metocean Kampagne TT - Springflut (April 2023)

Instrumententyp:

SiltProfiler

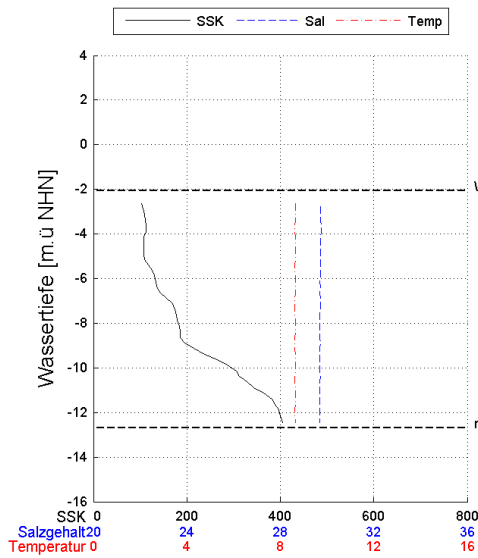
Datendateien:

SP_2025a.txt

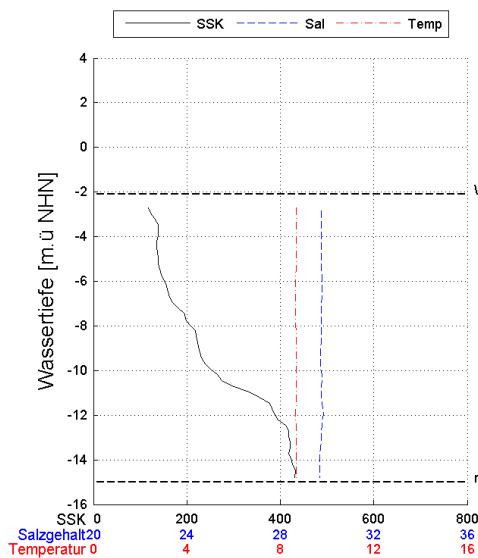
SP_2025b.txt

Standort:

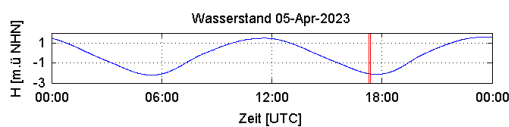
Wilhelmshaven



Datum [yyyymmdd] 20230405
 Zeit in UTC [hhmmss] 171816
 Wasserstand [m.ü. NHN] -2.07
 Max. Tiefe [m.ü. NHN] -12.69
 Ostkoordinate [m UTM32-WGS84] 442414.17
 Nordkoordinate [m UTM32-WGS84] 5942749.17





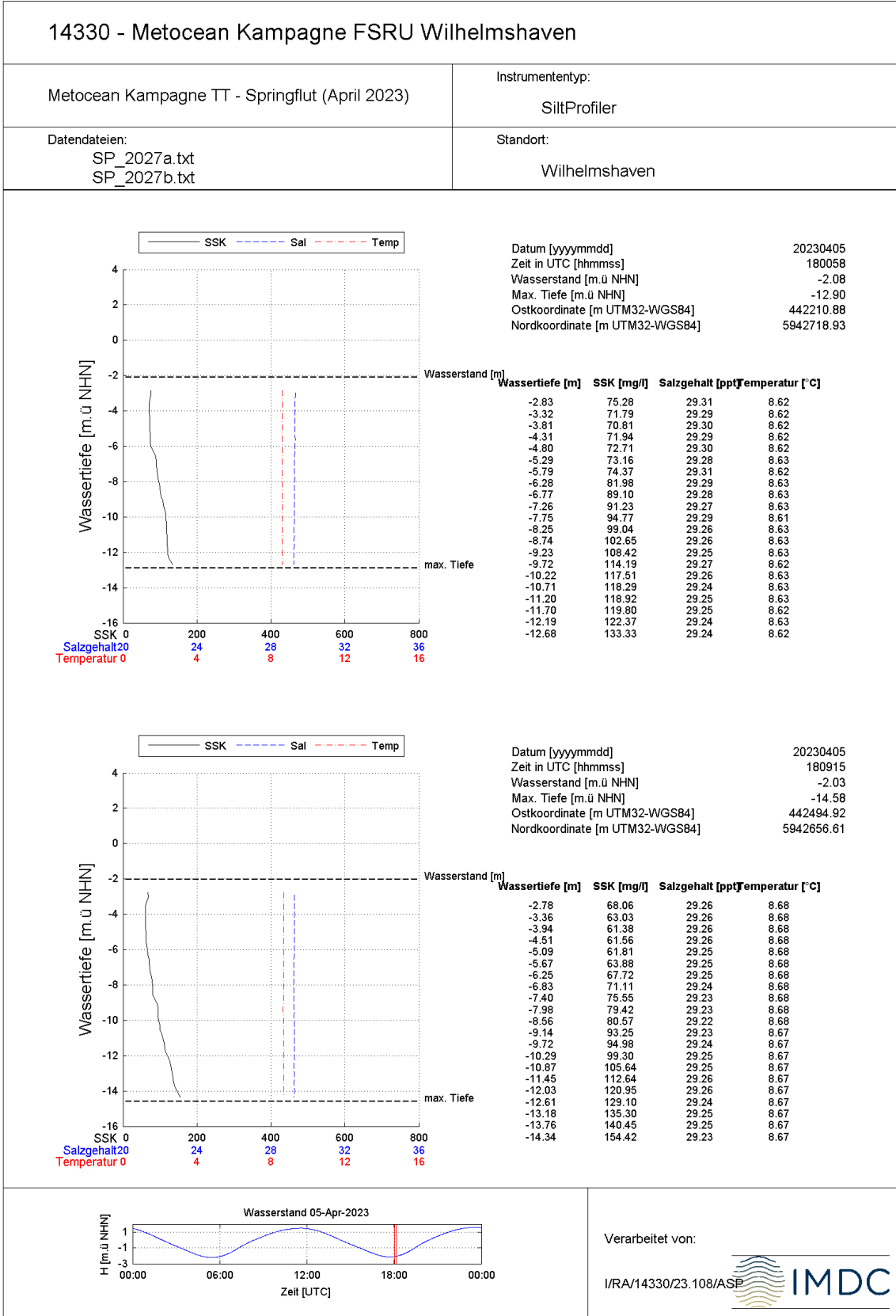
Datum [yyyymmdd] 20230405
 Zeit in UTC [hhmmss] 172102
 Wasserstand [m.ü. NHN] -2.09
 Max. Tiefe [m.ü. NHN] -15.00
 Ostkoordinate [m UTM32-WGS84] 442419.45
 Nordkoordinate [m UTM32-WGS84] 5942767.19







Verarbeitet von:

I/RA/14330/23.108/ASP

	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 167 von 193






  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Metoceane Kampagne	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU		Seite 168 von 193




Anhang F Stationäre Messungen – Analyse der Sedimentproben

F.1 Korngröße

Proben- Bezeichnung	d(0,1)	d(0,20 0)	d(0,35 0)	d(0,5)	d(0,65 0)	d(0,80 0)	d(0,9)	D [3, 2] – oberflächengewic hteter Mittelwert	D [4, 3] – volumengewich teter Mittelwert
Probe 1	375,2 13	440,1 66	524,1 9	609,2 72	707,4 66	839,5 87	979,3 29	568,693	647,812
Probe 1	369,9 5	434,4 12	518,2 65	603,5 31	702,4 47	836,4 33	979,2 66	562,954	643,741
Probe 1	369	433,7 93	518,7 26	605,8 07	707,7 47	847,3 73	997,9 95	564,87	649,395
Probe 1 – Durchschnitt	371,3 31	436,0 98	520,3 96	606,2 15	705,8 81	841,0 8	985,2 56	565,496	646,983
Probe 2	124,8 76	212,83 9	285,0 63	350,4 27	420,7 23	507,2 95	588,7 87	67,641	353,535
Probe 2	146,4 66	219,18 4	287,5 13	350,9 63	420,4 6	507,9 54	591,8 47	76,814	357,333
Probe 2	122,22 2	206,8 76	276,3 83	339,8 5	408,7 93	494,8 96	576,8 39	66,603	344,637
Probe 2 – Durchschnitt	132,0 41	212,96 1	282,9 52	347,0 56	416,6 62	503,4 41	585,8 3	70,066	351,835
Probe 3	182,9	232,8 73	289,4	343,5 9	403,2 33	477,2 98	547,5 25	113,426	349,522
Probe 3	180,2 04	229,8 09	285,7 19	339,4 2	398,8 11	473,0 85	543,9 29	110,481	345,848
Probe 3	181,72 9	231,42	287,6 58	341,6 25	401,1 64	475,3 24	545,8 79	112,915	347,828
Probe 3 – Durchschnitt	181,61 8	231,35	287,5 9	341,5 46	401,0 75	475,2 32	545,7 97	112,259	347,733

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Metoceane Kampagne	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU		Seite 169 von 193




Proben- Bezeichnung	Ergebnis unter 2,000 µm	Ergebnis 2,00– 63,00 µm	Ergebnis 63,00– 125,00 µm	Ergebnis 125,00– 250,00 µm	Ergebnis 250,00– 500,00 µm	Ergebnis 500,00– 1000,00 µm	Ergebnis 1000,00– 2000,00 µm
Probe 1	0	0	0	0,165	30,436	60,463	8,937
Probe 1	0	0	0	0,259	31,411	59,371	8,959
Probe 1	0	0	0	0,266	31,375	58,459	9,901
Probe 1 – Durchschnitt	0	0	0	0,23	31,074	59,431	9,266
Probe 2	0,362	8,19	1,453	17,27	51,643	21,081	0
Probe 2	0,238	7,553	1,014	17,579	52,452	21,165	0
Probe 2	0,364	8,361	1,407	18,791	51,825	19,252	0
Probe 2 – Durchschnitt	0,321	8,035	1,291	17,88	51,97	20,503	0
Probe 3	0,093	5,095	0,226	18,885	59,396	16,305	0
Probe 3	0,096	5,291	0,212	19,558	59,146	15,697	0
Probe 3	0,091	5,177	0,217	19,217	59,277	16,021	0
Probe 3 – Durchschnitt	0,093	5,188	0,218	19,22	59,273	16,008	0

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 170 von 193

F.2 Nass- und Trockenschüttdichte

Bestimmung der Nass- und Trockenschüttdichte mit Pyknometer

Proben- Bezeichnung	Teilprobe	Pyknometer leer (g)	Pyknometer + Probe (g)	Volumen (ml)	g/cm ³
Probe 1	1	50,0009	150,6633	50	2,0132
	2	53,4585	159,6073	50	2,1230
	3	51,106	155,9382	50	2,0966
				Durchschnitt	2,0776
Probe 2	1	51,1075	151,5769	50	2,0094
	2	50,0033	152,7142	50	2,0542
	3	53,4656	152,6855	50	1,9844
				Durchschnitt	2,0160
Probe 3	1	51,111	152,2173	50	2,0221
	2	53,4643	155,7844	50	2,0464
	3	50,0046	150,9602	50	2,0191
				Durchschnitt	2,0292

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Metoceane Kampagne	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU		Seite 171 von 193

Bestimmung der Nass- und Trockenschüttdichte durch Wiegen

Probe	Gewicht Tiegel leer (g)	Gewicht Tiegel + feuchtes Sediment (g)	Gewicht Tiegel nach dem Trocknen (g)	Gewicht feuchtes Sediment (g)	Gewicht nach dem Trocknen (g)	Feuchtigkeitsg ehalt (%)
1	43,1273	70,9291	66,0305	27,8018	22,9032	17,62
2	42,1711	73,1900	66,4802	31,0189	24,3091	21,63
3	40,3206	76,4096	68,4258	36,0890	28,1052	22,12





F.3 Bestimmung von Fraktionen

Probe	Brutto vor dem Sieben (g)	Brutto nach dem Sieben (g)	Gesamtgewicht (g)	> 2 µm
Probe 1	269,34	222,75	50,06	3,47
Probe 2	249,08	221,23	29,8	1,95
Probe 3	280,12	222,36	60,84	3,08

F.4 Beispielabbildungen und -standorte





Von oben nach unten: Probe 2 und Probe 3, entnommen am 31.03.

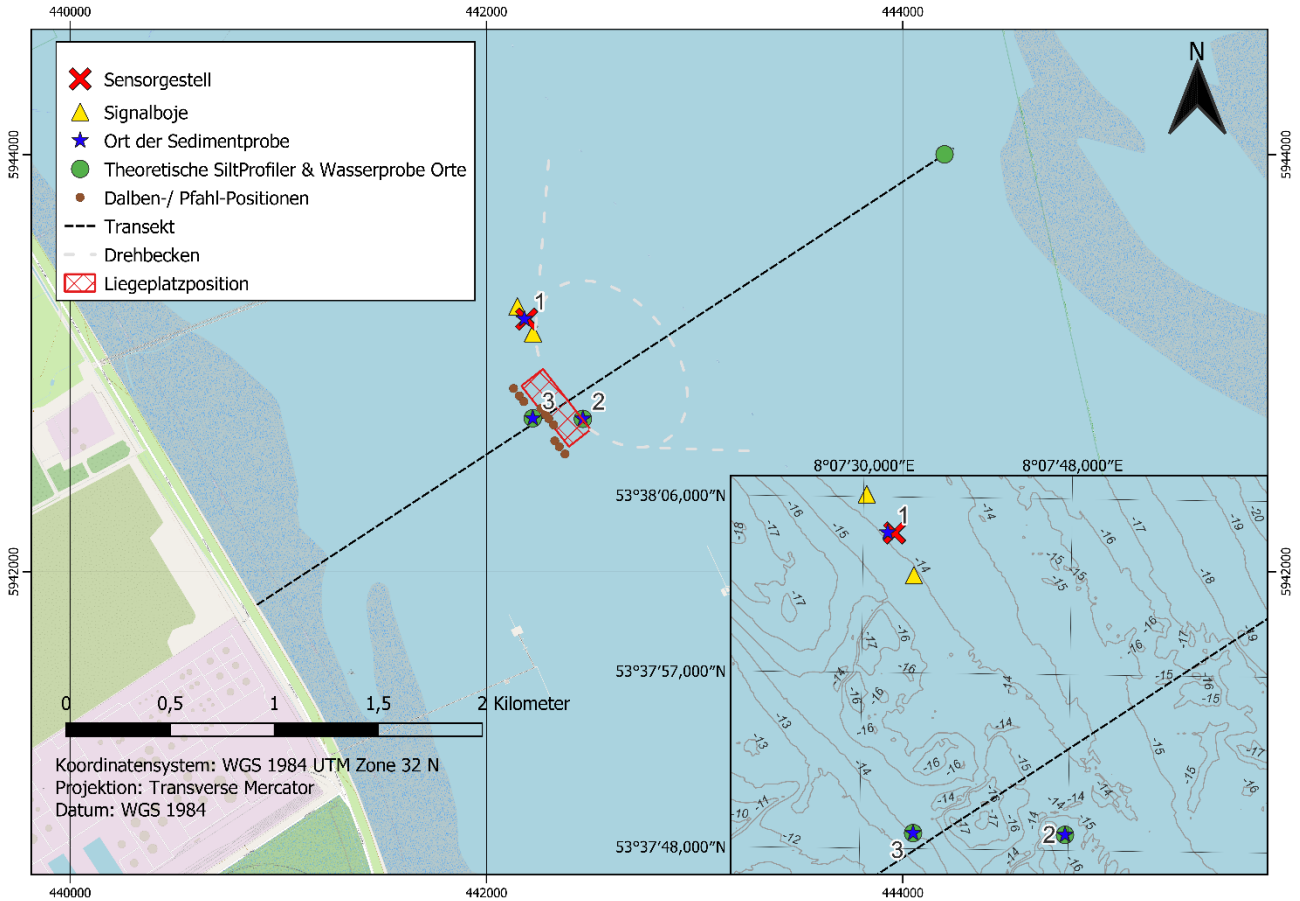






  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 172 von 193



Probe	LAT (ttmmss – WGS84)	LÄNGE (ttmmss – WGS84)
Probe 1	53° 38' 04.1712" N	8° 07' 32.1132" O
Probe 2	53° 37' 48.8028" N	8° 07' 47.7300" O
Probe 3	53° 37' 48.7992" N	8° 07' 34.6152" O





  	<p>Umgebung</p>	
<p>TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN</p>	<p>Wilhelmshaven FSRU:</p>	<p>Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06</p>
<p>TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU</p>	<p>Metoceane Kampagne</p>	<p>Seite 173 von 193</p>

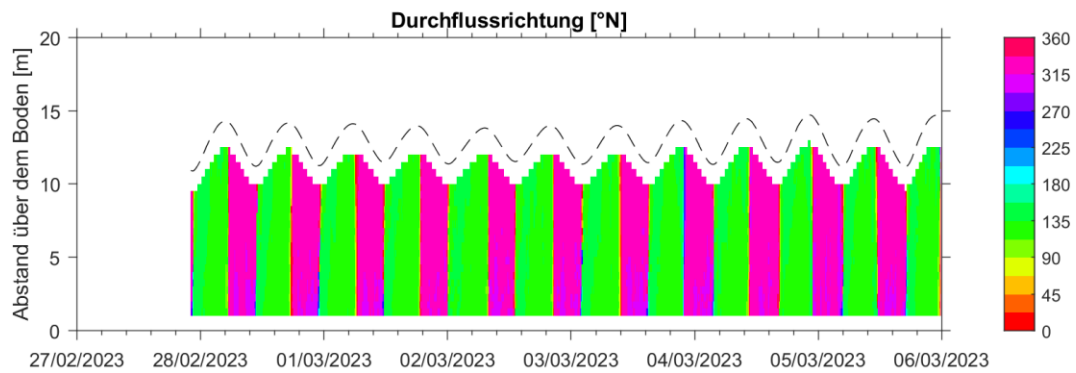
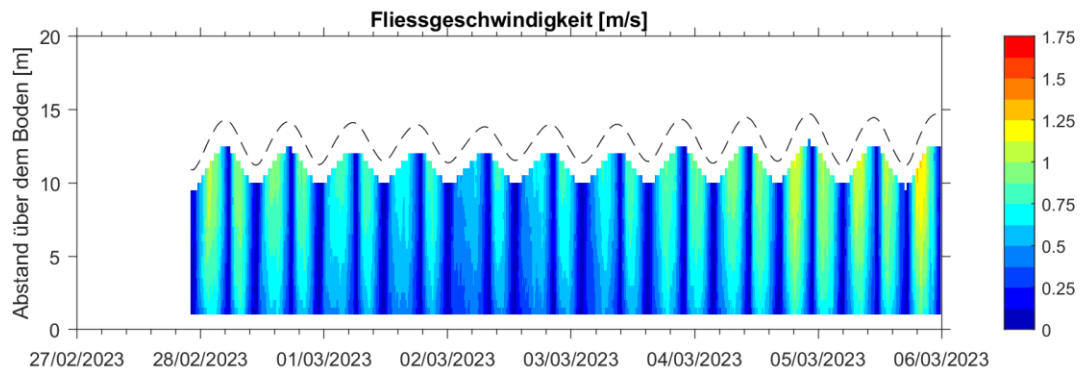






  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 174 von 193

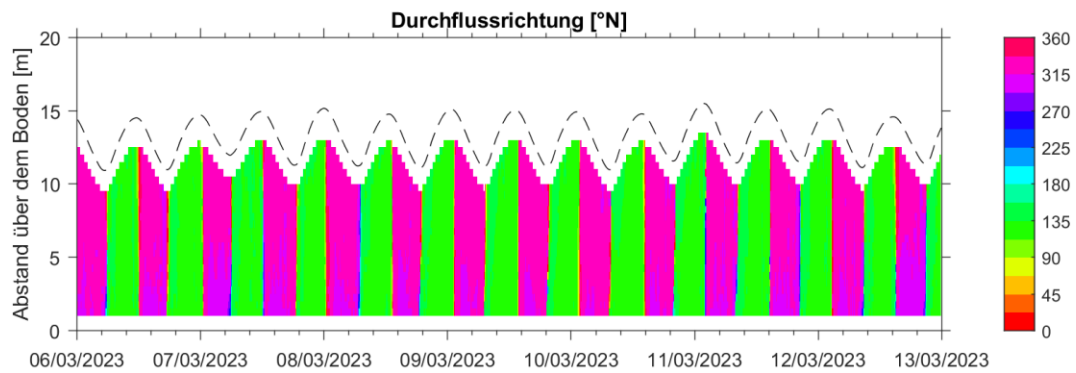
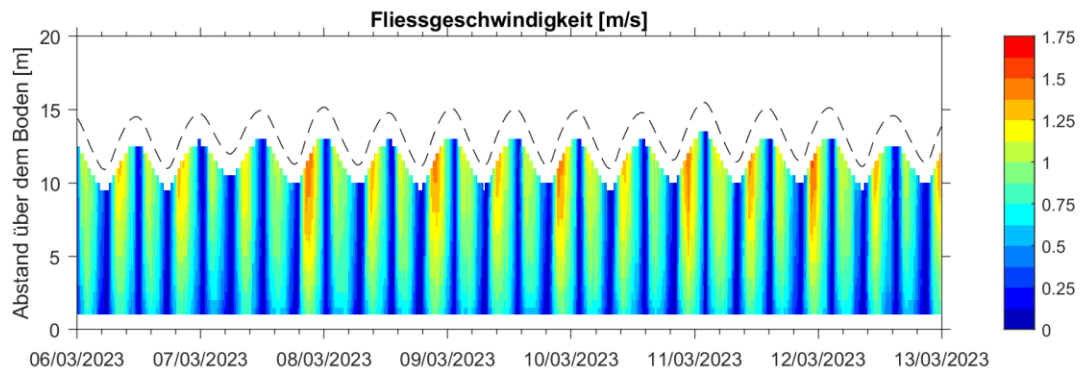
Anhang G Stationäre Messungen – ADCP-Diagramme





G.1 Ausbringung 1: 27.02.2023–17.03.2023

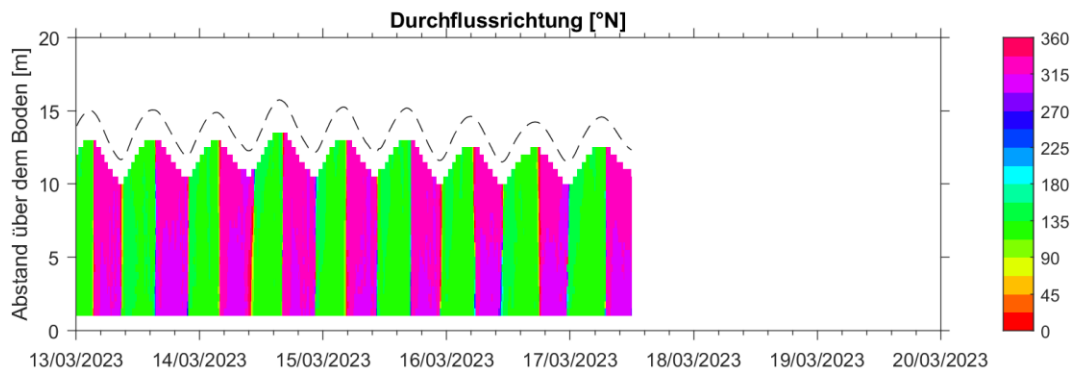
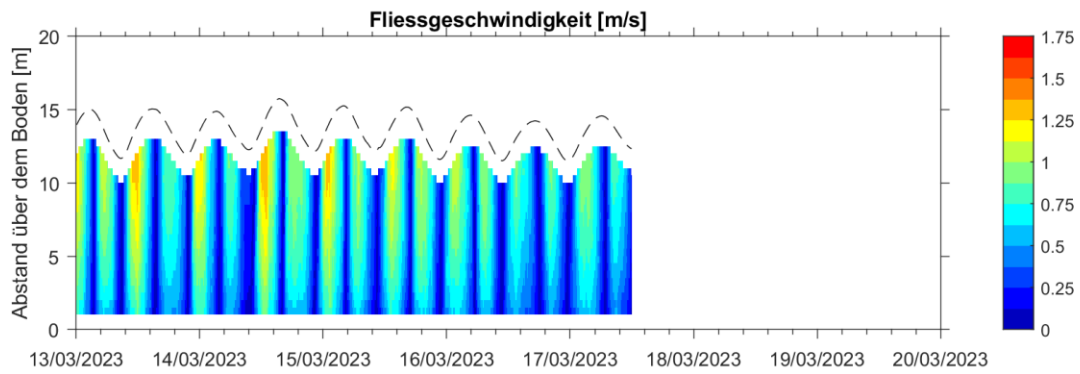
  	<p>Umgebung</p>	
<p>TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN</p>	<p>Wilhelmshaven FSRU:</p>	<p>Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06</p>
<p>TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU</p>	<p>Metoceane Kampagne</p>	<p>Seite 175 von 193</p>







  	<p>Umgebung</p>	
<p>TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN</p>	<p>Wilhelmshaven FSRU:</p>	<p>Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06</p>
<p>TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU</p>	<p>Metoceane Kampagne</p>	<p>Seite 176 von 193</p>







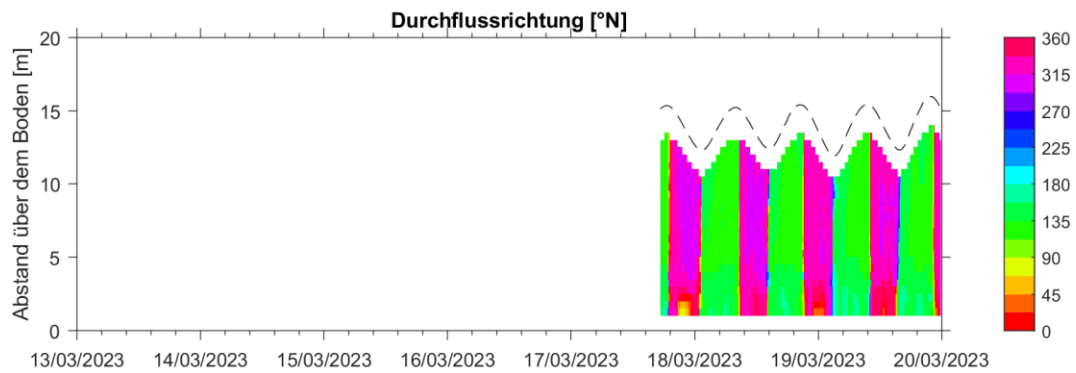
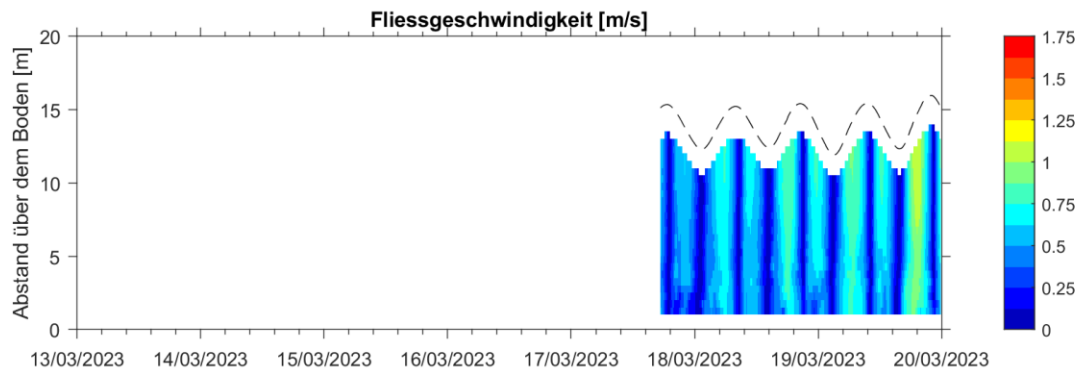
  	<p>Umgebung</p>	
<p>TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN</p>	<p>Wilhelmshaven FSRU:</p>	<p>Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06</p>
<p>TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU</p>	<p>Metoceane Kampagne</p>	<p>Seite 177 von 193</p>







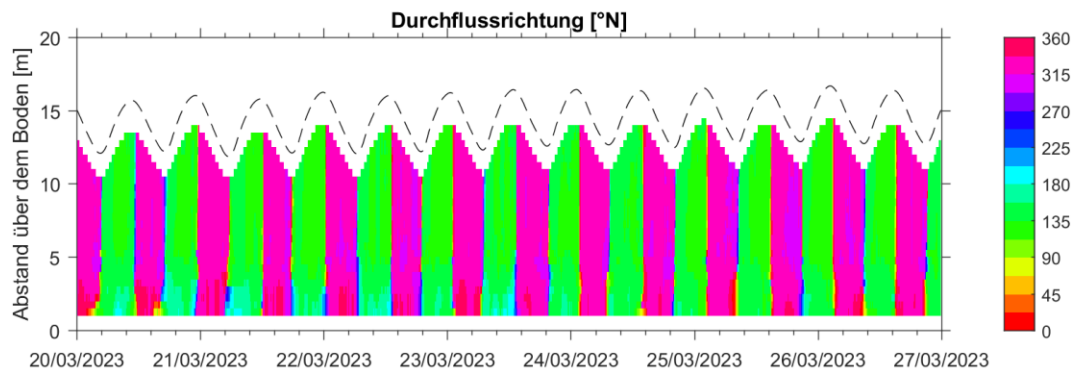
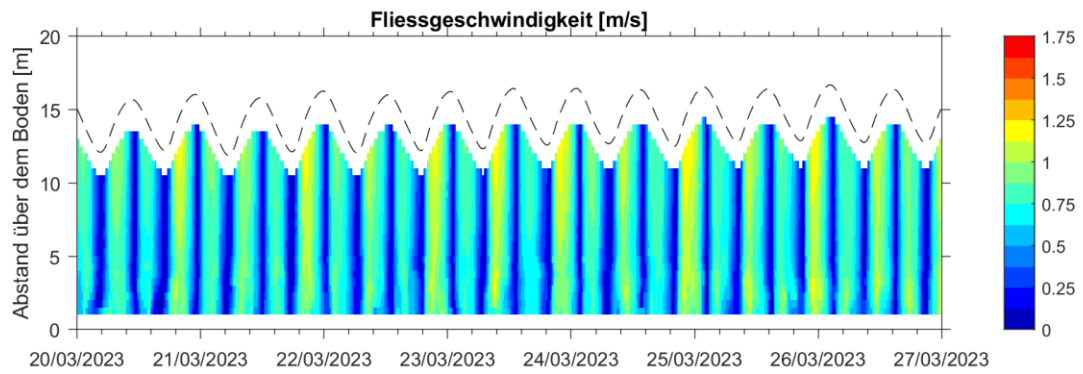
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 178 von 193





G.2 Ausbringung 2: 17.03.2023–31.03.2023

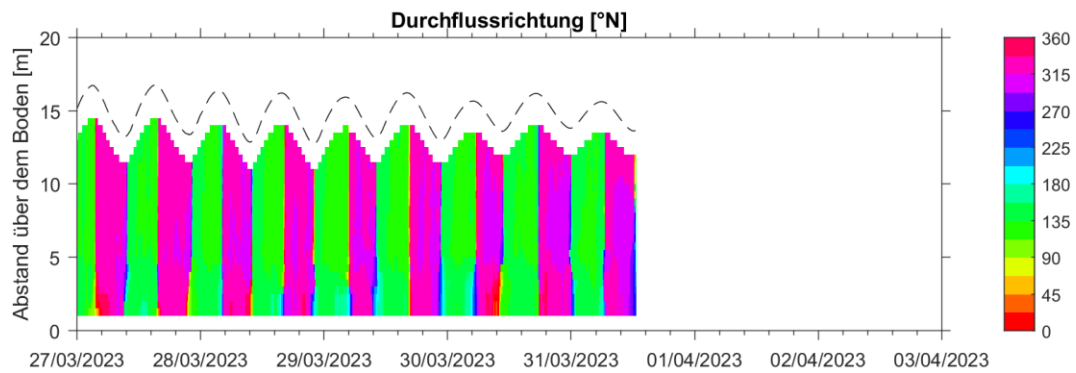
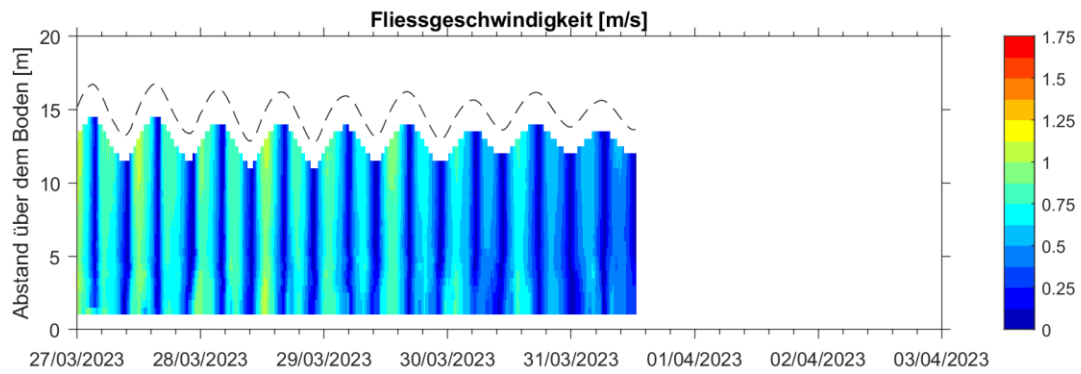
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 179 von 193






  	<p>Umgebung</p>	
<p>TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN</p>	<p>Wilhelmshaven FSRU:</p>	<p>Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06</p>
<p>TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU</p>	<p>Metoceane Kampagne</p>	<p>Seite 180 von 193</p>







  	<p>Umgebung</p>	
<p>TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN</p>	<p>Wilhelmshaven FSRU:</p>	<p>Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06</p>
<p>TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU</p>	<p>Metoceane Kampagne</p>	<p>Seite 181 von 193</p>



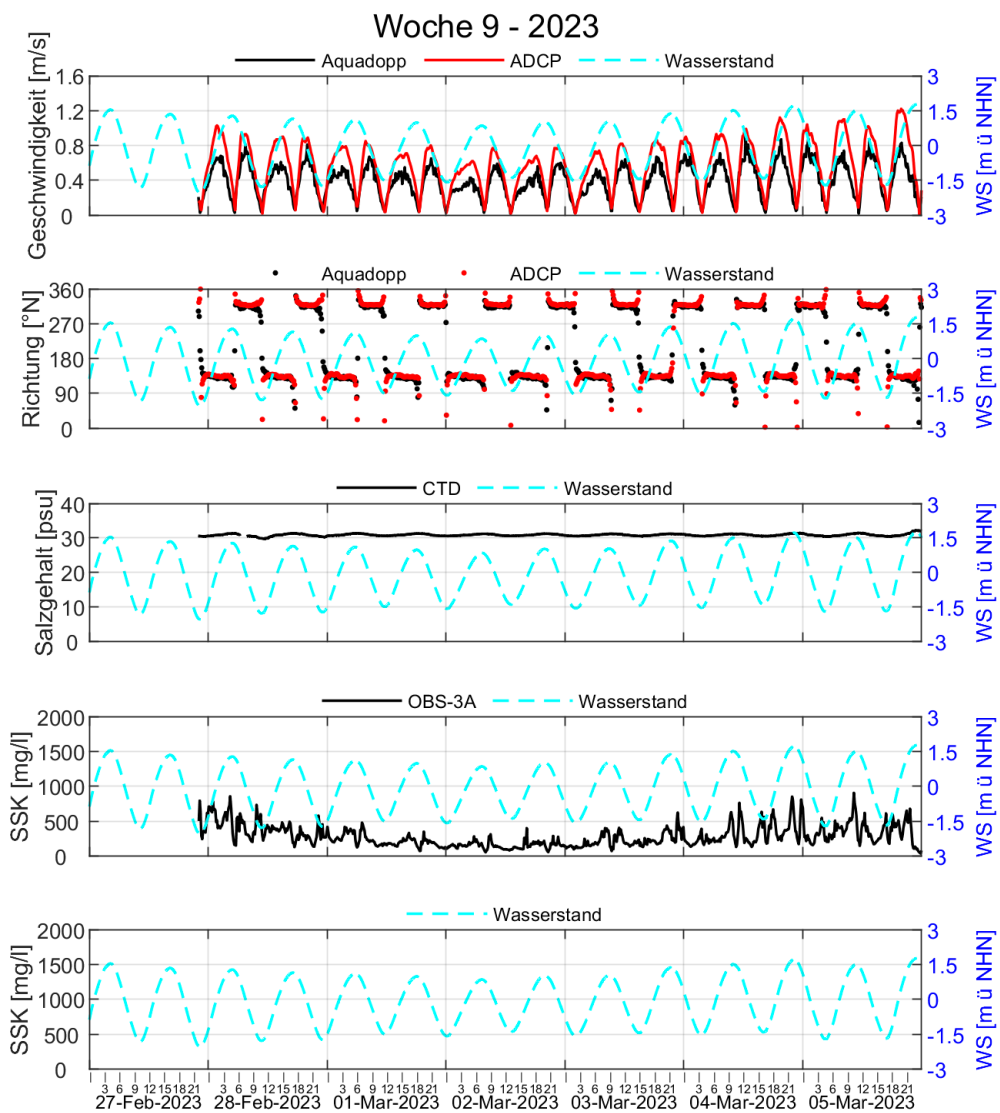
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 182 von 193

Anhang H Stationäre Messungen – Zeitreihen-Diagramme

H.1 Strömungsgeschwindigkeit und -richtung, Salzgehalt und SSK

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 183 von 193

14330 - Metocean Kampagne FSRU Wilhelmshaven



Zeitreihe der Strömungsgeschwindigkeit
und -richtung, des Salzgehalts,
der Schwebstoffkonzentration
und des Wasserstands





Standort:

Wilhelmshaven

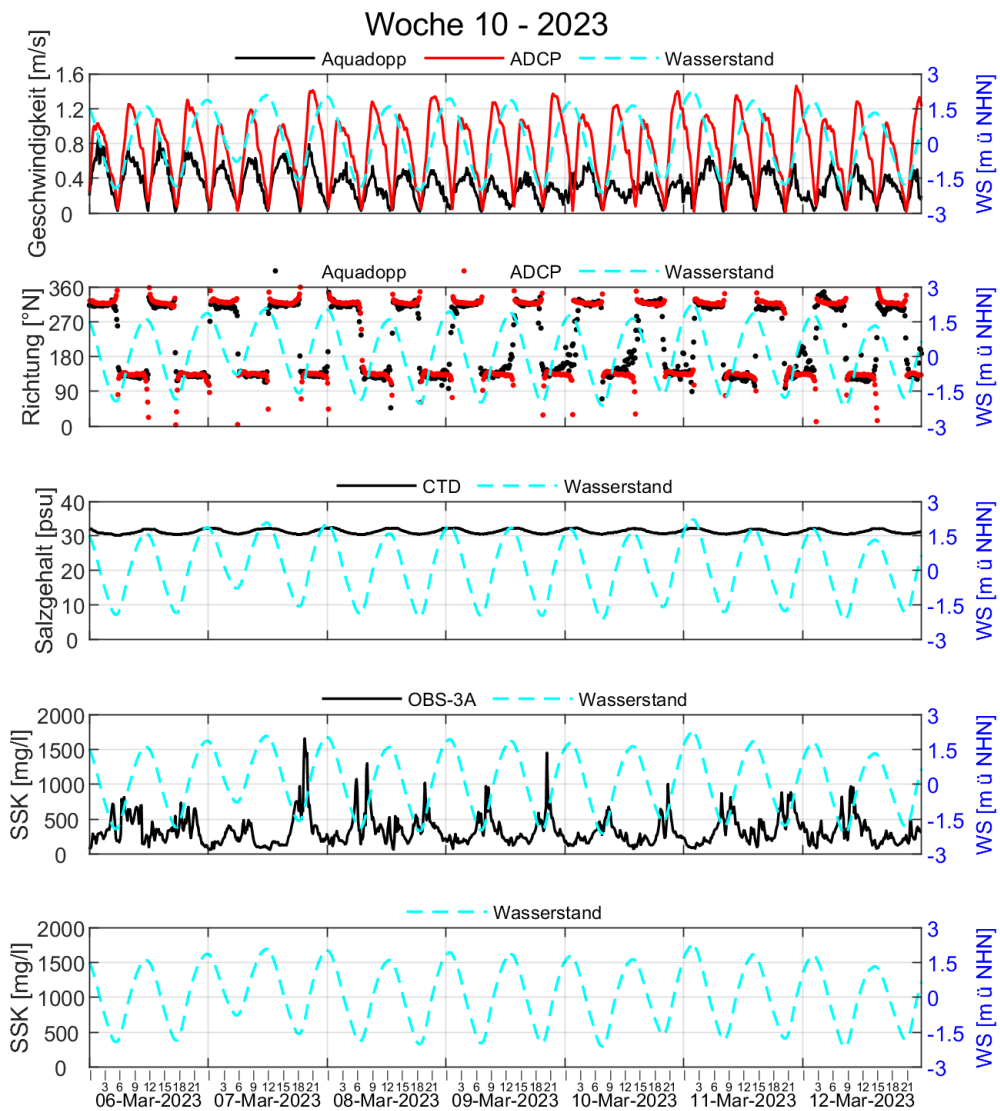
Verarbeitet von:



I/RA/14330/23.108/ASP

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metocean Kampagne	Seite 184 von 193

14330 - Metocean Kampagne FSRU Wilhelmshaven



Zeitreihe der Strömungsgeschwindigkeit
und -richtung, des Salzgehalts,
der Schwebstoffkonzentration
und des Wasserstands





Verarbeitet von:



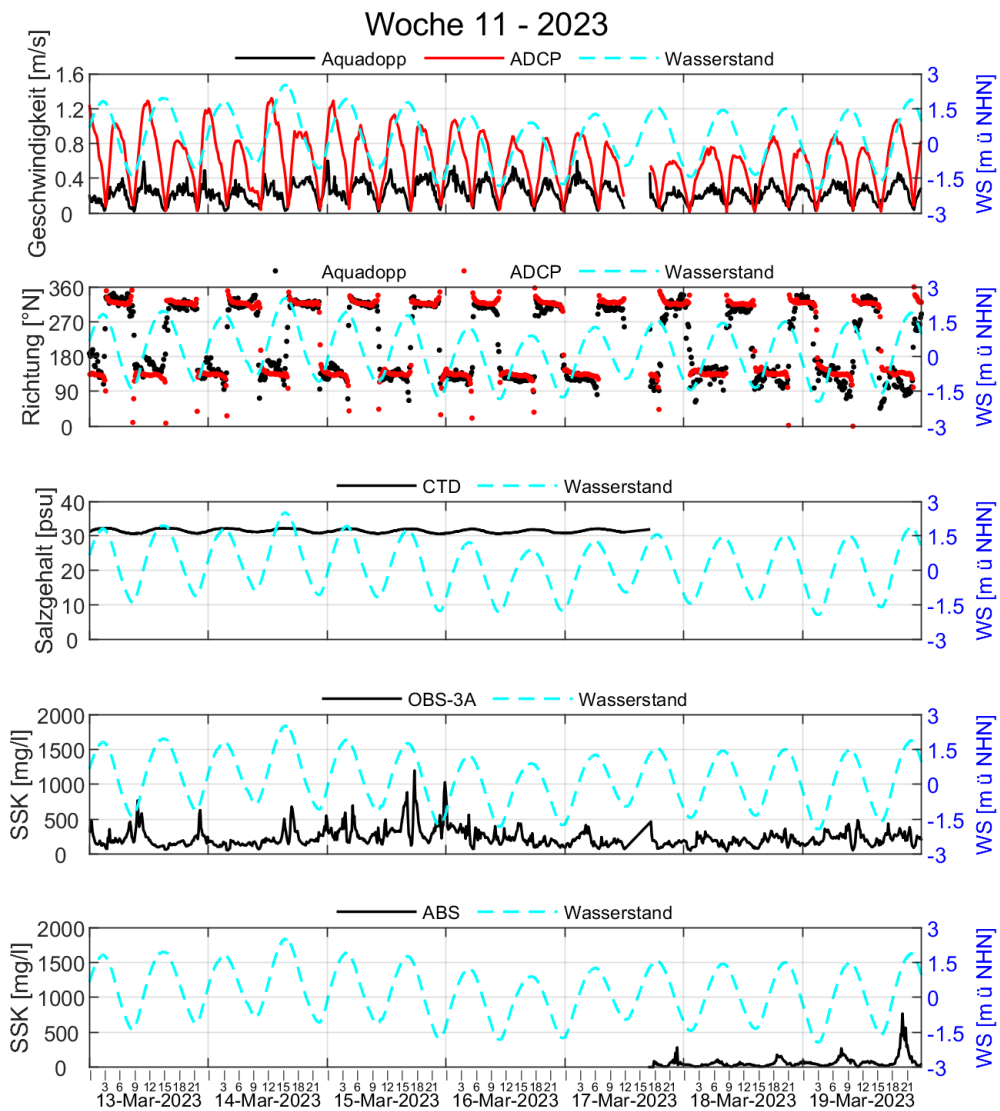
Standort:

Wilhelmshaven

I/RA/14330/23.108/ASP

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 185 von 193

14330 - Metocean Kampagne FSRU Wilhelmshaven



Zeitreihe der Strömungsgeschwindigkeit
und -richtung, des Salzgehalts,
der Schwebstoffkonzentration
und des Wasserstands





Standort:

Wilhelmshaven

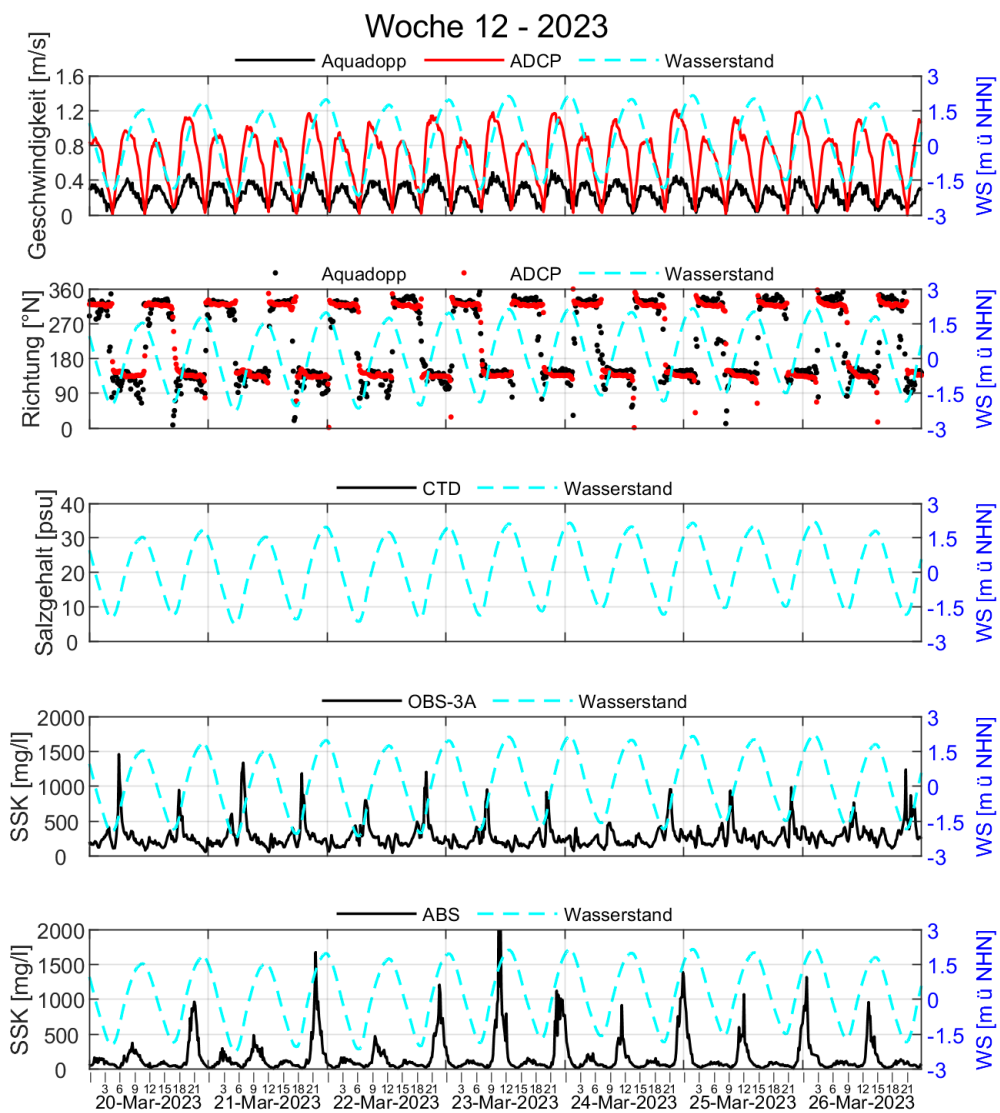
Verarbeitet von:



I/RA/14330/23.108/ASP

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metocean Kampagne	Seite 186 von 193

14330 - Metocean Kampagne FSRU Wilhelmshaven



Zeitreihe der Strömungsgeschwindigkeit
und -richtung, des Salzgehalts,
der Schwebstoffkonzentration
und des Wasserstands





Standort:

Wilhelmshaven

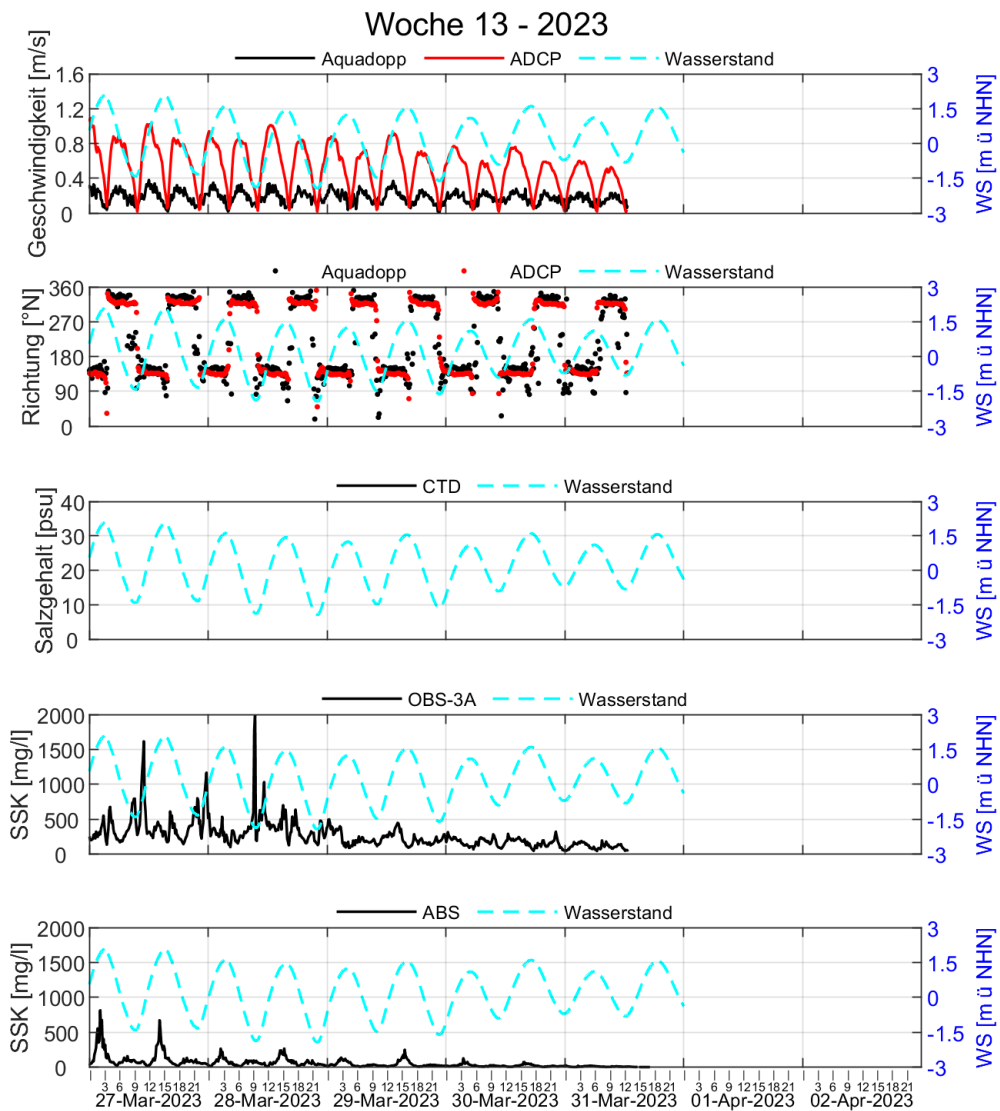
Verarbeitet von:



I/RA/14330/23.108/ASP

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 187 von 193

14330 - Metocean Kampagne FSRU Wilhelmshaven



Zeitreihe der Strömungsgeschwindigkeit
und -richtung, des Salzgehalts,
der Schwebstoffkonzentration
und des Wasserstands



Standort:

Wilhelmshaven





Verarbeitet von:



I/RA/14330/23.108/ASP

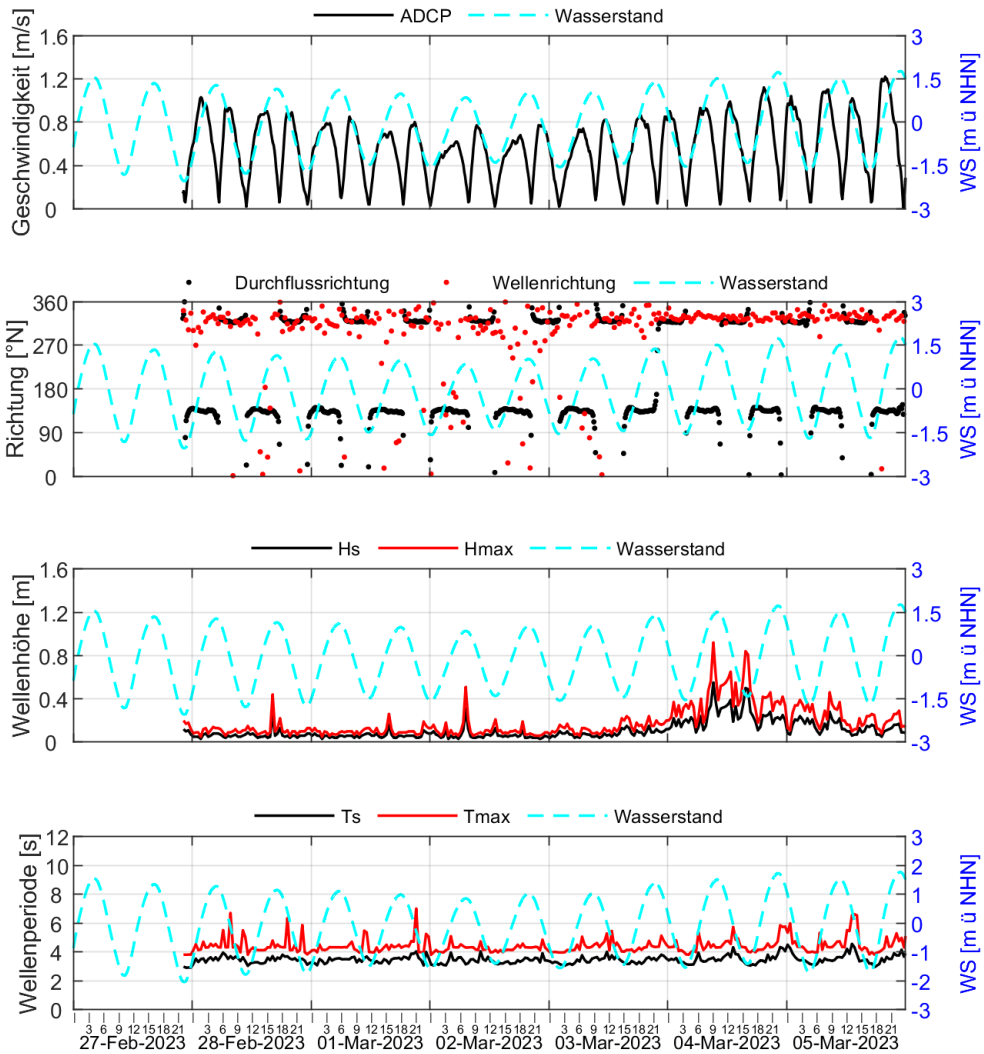
  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN- FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 188 von 193

H.2 Wellenhöhe, -richtung und -periode

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 189 von 193

14330 - Metocean Kampagne FSRU Wilhelmshaven

Woche 9 - 2023



Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeit und -richtung, Wellenrichtung und -höhe, Wellenperiode und Wasserstand





Standort:

Wilhelmshaven

Verarbeitet von:

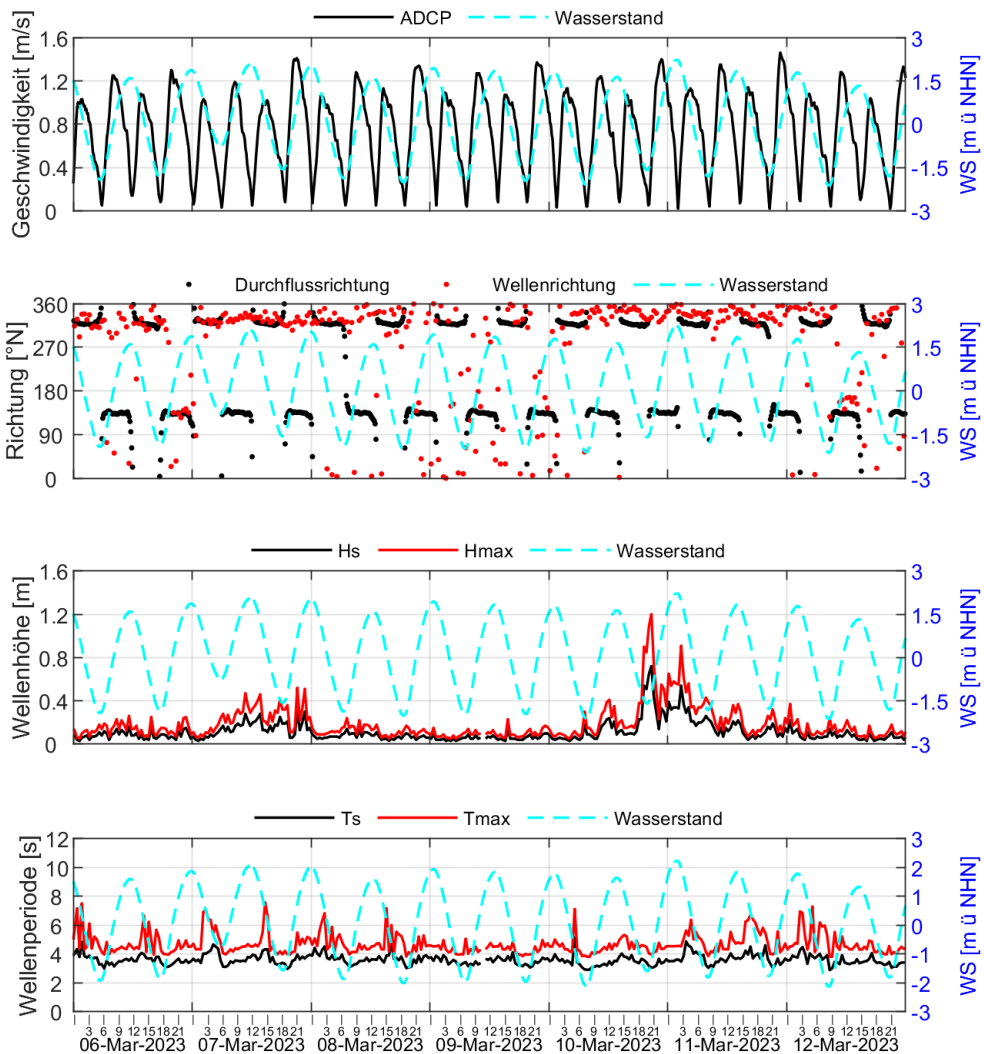


I/RA/14330/23.108/ASP

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 190 von 193

14330 - Metocean Kampagne FSRU Wilhelmshaven

Woche 10 - 2023



Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeit und -richtung, Wellenrichtung und -höhe, Wellenperiode und Wasserstand





Standort:

Wilhelmshaven

Verarbeitet von:

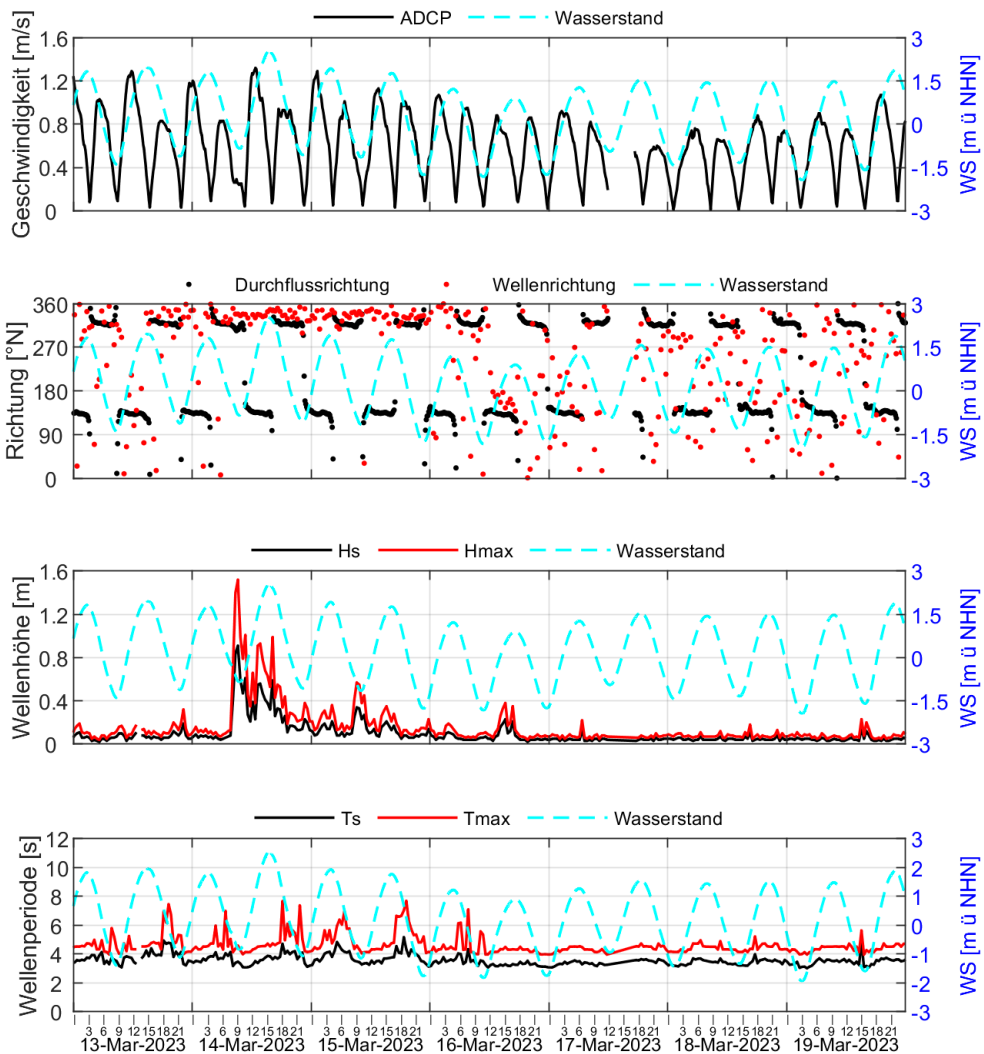


I/RA/14330/23.108/ASP

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU- ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 191 von 193

14330 - Metocean Kampagne FSRU Wilhelmshaven

Woche 11 - 2023



Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeit und -richtung, Wellenrichtung und -höhe, Wellenperiode und Wasserstand





Standort:

Wilhelmshaven

Verarbeitet von:

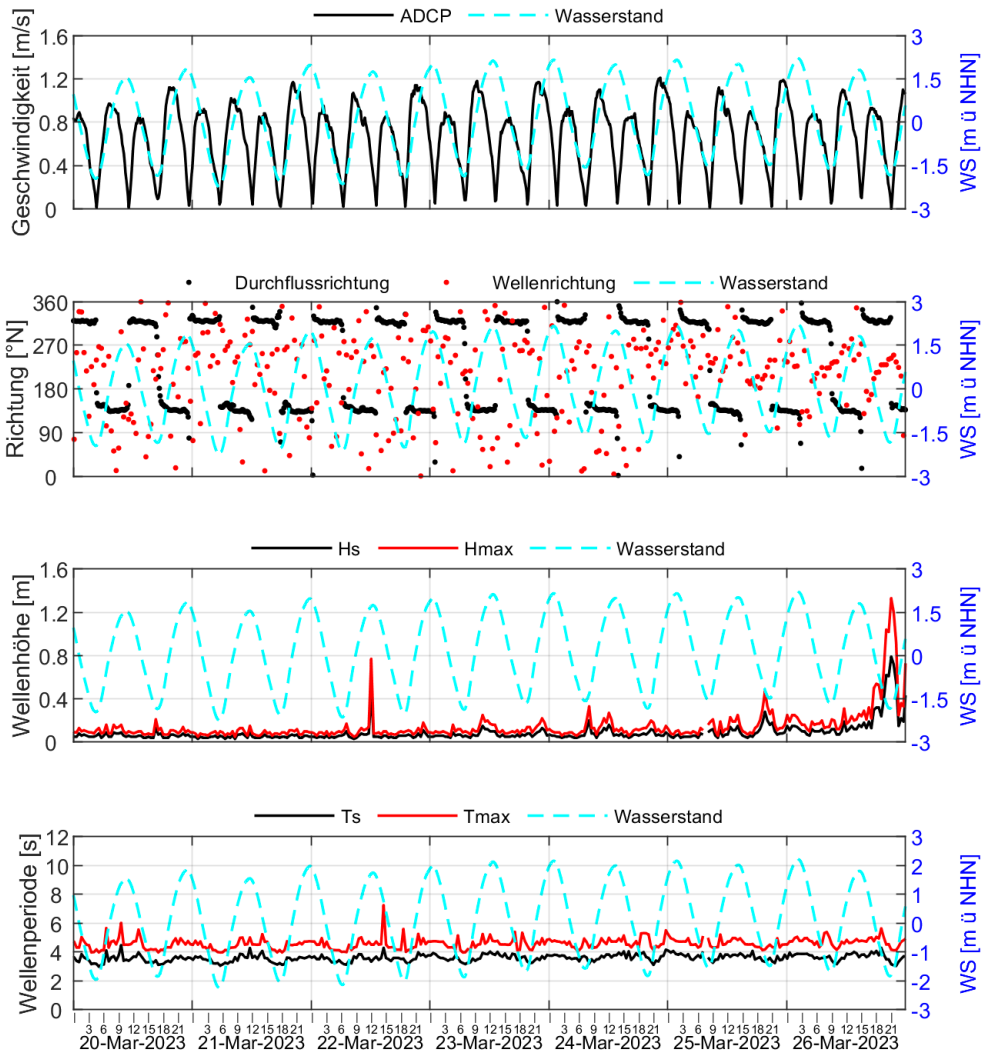


I/RA/14330/23.108/ASP

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 192 von 193

14330 - Metocean Kampagne FSRU Wilhelmshaven

Woche 12 - 2023



Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeit und -richtung, Wellenrichtung und -höhe, Wellenperiode und Wasserstand





Verarbeitet von:



Standort:

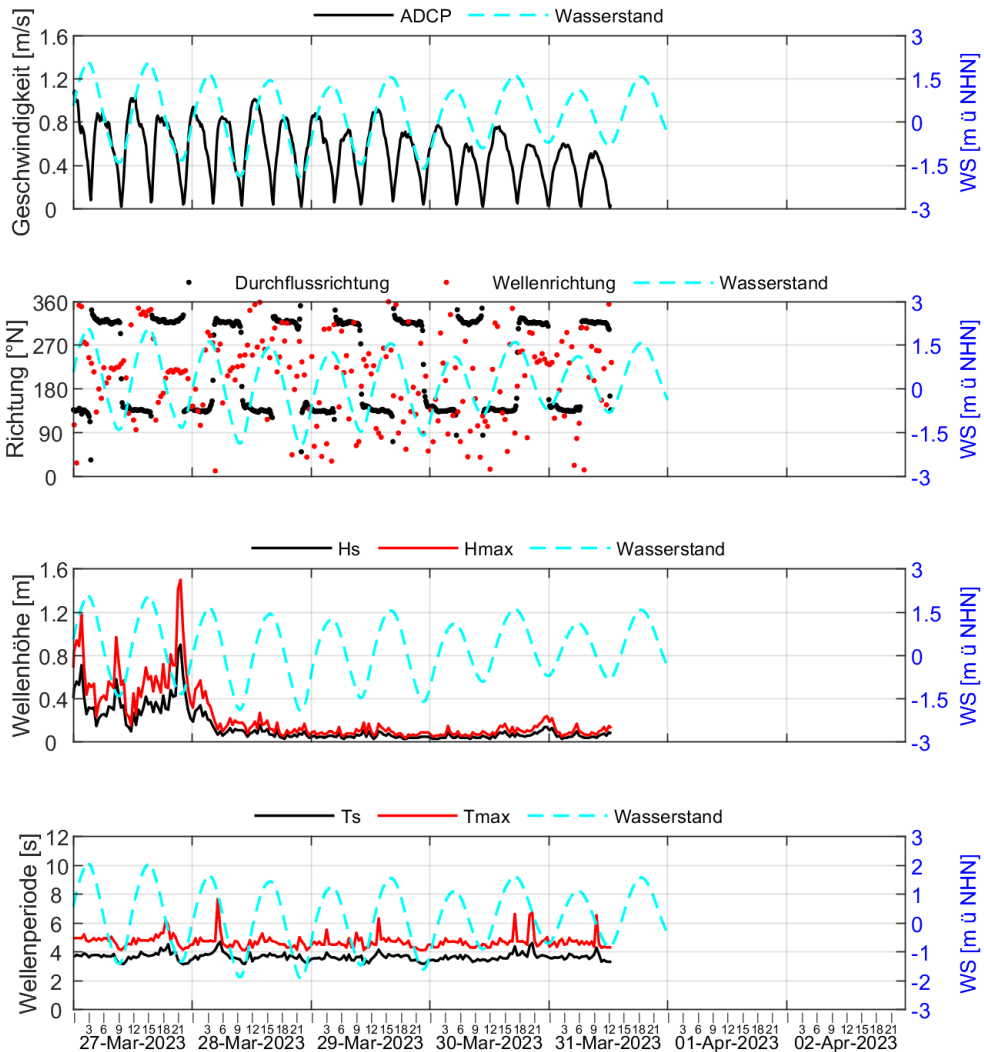
Wilhelmshaven

I/RA/14330/23.108/ASP

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC.2049_06
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Metoceane Kampagne	Seite 193 von 193

14330 - Metocean Kampagne FSRU Wilhelmshaven

Woche 13 - 2023



Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeit und -richtung, Wellenrichtung und -höhe, Wellenperiode und Wasserstand

Standort:

Wilhelmshaven

Verarbeitet von:



I/RA/14330/23.108/ASP