



Vlaanderen
is wetenschap

23_063_6
WL rapporten

Stroomatlas Zeebrugge

Deelrapport 6
Factual data rapport ADCP-metingen 14/08/2023

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Stroomatlas Zeebrugge

Deelrapport 6 – Factual data rapport ADCP-metingen 14/08/2023

Plancke, Y.; De Maerschallck, B.

Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.
De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.
Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2024
D/2024/3241/16

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Plancke, Y.; De Maerschalc, B. (2024). Stroomatlas Zeebrugge: Deelrapport 6 – Factual data rapport ADCP-metingen 14/08/2023. Versie 4.0. WL Rapporten, 23_063_6. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen


Overname uit en verwijzingen naar deze publicatie worden aangemoedigd, mits correcte bronvermelding.

Documentidentificatie

Oprachtgever:	Port of Antwerp-Bruges	Ref.:	WL2024R23_063_6
Trefwoorden (3-5):	Stroming, ADCP, monitoring, Zeebrugge		
Kennisdomeinen:	Hydraulica en sediment > Hydrodynamica > Stroomsnelheden -en patronen > In situ metingen		
Tekst (p.):	10	Bijlagen (p.):	23
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Auteur(s):	Plancke, Y.
------------	-------------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor:	De Maerschalc, B.	Getekend door: Bart De Maerschalc (Sig) Getekend op: 2024-04-04 10:04:57 +02:0 Reden: ik keur dit document goed <i>De Maerschalc Bart</i> 
Projectleider:		

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Bellafkih, K.	Getekend door: Abdelkarim Bellafkih (Sign) Getekend op: 2024-04-03 12:44:17 +02:0 Reden: ik keur dit document goed <i>Bellafkih Abdelkarim</i> 
-----------------	---------------	---

Abstract

De meest recente stroomatlas van de haven van Zeebrugge dateert van 2011. Vanuit Port of Antwerp-Bruges is de vraag gekomen om een update te maken. Het Waterbouwkundig Laboratorium heeft hier gekozen voor een hybride aanpak van terreinmetingen en numerieke modellering.

Voorliggend rapport presenteert de verwerkte ADCP stromingsmetingen van de meetcampagne die op 14 augustus 2023 door het Waterbouwkundig Laboratorium in samenwerking met DAB Vloot werden uitgevoerd.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	IV
Lijst van de tabellen.....	V
Lijst van de figuren	VI
1 Introductie	1
2 Beschrijving meetcampagne	2
2.1 Studiegebied.....	2
2.2 Opzet meetcampagnes.....	3
2.3 Meettechnieken	5
2.4 Verwerking	7
2.4.1 ADCP-data.....	7
2.4.2 Koppeling GPS-data	7
2.4.3 Validatie metingen	7
3 Resultaten.....	8
4 Referenties	10
Bijlage 1 Resultaten per raai	B1

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Overzicht uitgevoerde metingen	4
Tabel 2 – Overzicht karakteristieken ADCP	6

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Overzichtskaart haven van Zeebrugge (gebaseerd op www.portofantwerpbruges.com).....	2
Figuur 2 – Overzichtskaart met meetraaien.....	3
Figuur 3 – Ligging gemeten raaien op de meetdag 14/08/2023.....	4
Figuur 4 – Gebruikte meettoestellen: ADCP RDI Workhorse Monitor (links) en Garmin GPS (rechts).....	5
Figuur 5 – Verloop van de omgevingscondities tijdens meetcampagne Waterstand te Zeebrugge Leopold II-dam (boven) wind te Zeebrugge Januskop (midden) golfcondities te Bol van Heist (onder)	9
Figuur 6 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 1.....	B2
Figuur 7 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 2.....	B3
Figuur 8 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 3.....	B4
Figuur 9 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 4.....	B5
Figuur 10 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 5.....	B6
Figuur 11 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 6.....	B7
Figuur 12 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 7.....	B8
Figuur 13 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 8.....	B9
Figuur 14 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 9.....	B10
Figuur 15 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 10.....	B11
Figuur 16 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 11.....	B12
Figuur 17 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 12.....	B13
Figuur 18 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 13.....	B14
Figuur 19 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 14.....	B15
Figuur 20 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 15.....	B16
Figuur 21 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 16.....	B17
Figuur 22 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 17.....	B18
Figuur 23 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 18.....	B19
Figuur 24 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 19.....	B20
Figuur 25 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 20.....	B21
Figuur 26 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 21.....	B22
Figuur 27 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 22.....	B23

1 Introductie

Port of Antwerp-Bruges is de tweede grootste haven van Europa, waar jaarlijks zo'n 290 miljoen ton internationale maritieme lading wordt behandeld. De nautische toegankelijkheid van de haven van Zeebrugge verloopt via de Pas van 't Zand naar de voorhaven. Dit gebied wordt gekenmerkt door getijden en bijbehorende stromingen. Daarnaast kunnen schepen via de Pierre Vandammesluis of de Visartsluis de achterhaven bereiken, waar er geen getij is.

De stromingen in de voorhaven en met name ter hoogte van de koppen kunnen een uitdaging vormen voor de scheepvaart. Voor containerschepen en LNG tankers is er dit moment een vaarbepanking wat betreft de maximale dwarsstroming ter hoogte van de haventoeegang (2 knoop voor containerschepen en 1,5 knoop voor LNG). Een accuraat beeld van de mogelijke stromingen is daarom cruciaal voor de vaarweggebruikers. Dergelijke reeks van stroombeelden wordt gebundeld in een "stroomatlas". De meest recente stroomatlas van de haven van Zeebrugge dateert al van 2011 (Agentschap voor Maritieme Dienstverlening en Kust. Afdeling Kust. Vlaamse Hydrografie, 2012). Vanuit Port of Antwerp-Bruges is dan ook de vraag gekomen om hiervan een update te maken en de dwarsstroming ter hoogte van de koppen van de havendammen in Zeebrugge en de neer in de voorhaven opnieuw in kaart te brengen.

Vanuit het Waterbouwkundig Laboratorium is ervoor gekozen om deze vraag te beantwoorden door middel van een hybride aanpak: de nieuwe stroomatlas zal opgemaakt worden door terreinmetingen te combineren met numerieke modelsimulaties. De metingen brengen de reële stromingen in kaart, maar het is onmogelijk om alle condities op alle locaties te bemeten. Vandaar dat een numerieke model ingezet wordt. Dit model wordt eerste gevalideerd aan de hand van de terreinmetingen, en vervolgens zullen de ruimtelijk dekkende stroombeelden gegenereerd worden voor de verschillende getijcondities.

Voorliggend rapport presenteert de verwerking van de ADCP-stromingsmeetcampagne die op 14 augustus 2023 door het Waterbouwkundig Laboratorium in samenwerking met DAB Vloot werden uitgevoerd.

Bij het uitvoeren van terreinmetingen zijn verschillende partijen betrokken die niet op de voorgrond verschijnen. Vandaar een woord van dank aan de collega's van het WL, MDK, Port of Antwerp-Bruges en het MRCC die ervoor zorgden dat de meetcampagnes konden plaatsvinden.

Daarnaast ook een grote dankbetuiging aan de bemanning van de MS Pierre Petit, die ervoor zorgden dat de metingen in uitdagende condities zonder problemen en volgens onze wensen konden worden uitgevoerd.

Tenslotte ook een woord van dank aan de GNA, de verkeersleiders van de post Zeebrugge en Port Control Zeebrugge die toestemming gaven en deze metingen mogelijk maakten in vaak drukbevaren regio van de haven van Zeebrugge.

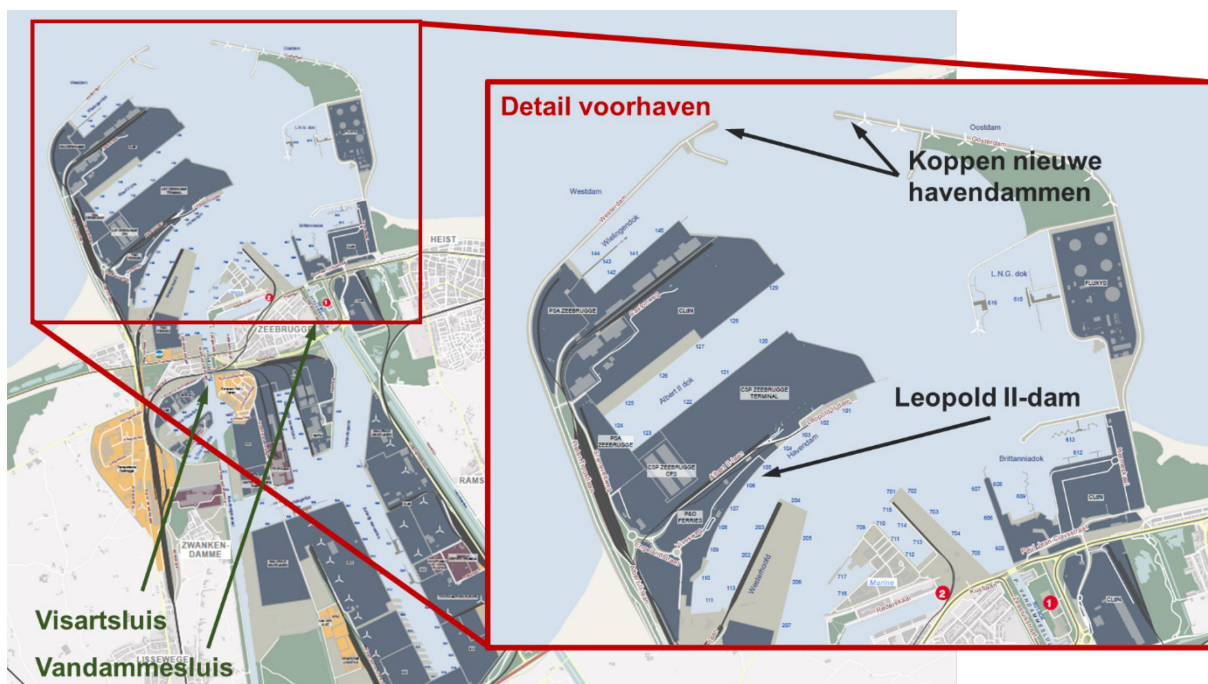
2 Beschrijving meetcampagne

2.1 Studiegebied

De haven van Zeebrugge is onderdeel van Port of Antwerp-Bruges en vormt sinds de fusie in 2022 samen met de haven van Antwerpen de grootste haven van België. De haven (Figuur 1) bestaat uit enerzijds de voorhaven, die aan getij onderhevig is, en anderzijds de achterhaven die te bereiken is via de Pierre Vandammesluis (1985) en de Visartsluis (1905). De achterhaven omvat drie grote dokken, het Verbindingsdok, het Noordelijk Insteekdok en het Zuidelijk Insteekdok, waarrond terminals met logistieke centra zijn gevestigd voor de behandeling, opslag en distributie van enerzijds nieuwe wagens en anderzijds voedingswaren. Deze ladingen krijgen in Zeebrugge dus een toegevoegde waarde (Simoen, 1982).

De voorhaven (Figuur 1 - detail) is op de zee gewonnen en uitgebouwd vanop de originele kustlijn. In 1907 werd de Leopold II-dam voltooid waardoor de nieuwe diepzeehaven op de kust ontstond. In 1985 werd de uitbouw voor de voorhaven met 2 nieuwe strekdammen (elk met lengte van meer dan 4 km) afgerond. Door de directe toegang vanuit zee en de grote waterdiepte is de voorhaven bijzonder geschikt voor roll-on/roll-off- en containerverkeer. Ook de schepen met vloeibaar aardgas (LNG) meren hier aan.

Om de toegankelijkheid van de haven te verbeteren, levert de Vlaamse overheid inspanningen om de vaargeul en de voorhaven (CDNB) te verdiepen en te onderhouden. Dankzij de baggerwerken kunnen schepen met een diepgang tot 16 m de haven binnenvaren. Door haar afmetingen en de sterke getijstromingen worden de vaargeul en de haveningang rond hoogwater echter gekenmerkt door sterke dwarsstromingen en is de veiligheid niet langer gegarandeerd. De toegankelijkheid van de haven van Zeebrugge wordt gelimiteerd. Het stroomcriterium stelt dat voor op- en afvarende containerschepen de stroomsnelheid beperkt dient te zijn tot 2,0 knoop. Voor LNG-tankers geldt een maximale stroomsnelheid gelijk aan 1,5 knoop. Een alternatieve bepaling van het stroomvenster, die door de kustloodsen als vuistregel gehanteerd wordt, betreft het tijdslot tussen 2u vóór tot 1u na hoog water (HW) (Verwilligen & Delefortrie, 2022).



Figuur 1 – Overzichtskaart haven van Zeebrugge (gebaseerd op www.portofantwerpbruges.com)

2.2 Opzet meetcampagnes

De metingen richten zich op het in beeld brengen van de stroompatronen binnen en buiten de voorhaven van de haven van Zeebrugge.

Het gebied buiten de voorhaven strekt zich uit van de koppen van de havendammen tot de zandboei ("Z"). In dit gebied werden 3 meetraaien gedefinieerd (Figuur 2 – licht blauwe lijnen), die gedurende de meetcampagne op verschillende dagen (met verschillende getijcondities, zowel binnen de getijcyclus (eb/vloed) als binnen de springtij-doodtij-cyclus) bemeaten worden. De 3 raaien bevinden zich ter hoogte van respectievelijk de groene en rode boeienlijn en het midden van de vaargeul.

Het gebied binnen de voorhaven strekt zich uit van de koppen van de havendammen tot de oude Leopold II-havendam. Ook in dit gebied werden 3 meetraaien gedefinieerd (Figuur 2 – licht groene lijnen), die gedurende de meetcampagne op verschillende dagen (met verschillende getijcondities, zowel binnen de getijcyclus (eb/vloed) als binnen de springtij-doodtij-cyclus) bemeaten worden. De 3 raaien bevinden zich ter hoogte van respectievelijk de groene en rode boeienlijn en het midden van de vaargeul.

Tabel 1 geeft een overzicht van de uitgevoerde metingen tijdens de meetcampagne die door het Waterbouwkundig Laboratorium op 14 augustus 2023 werden uitgevoerd.

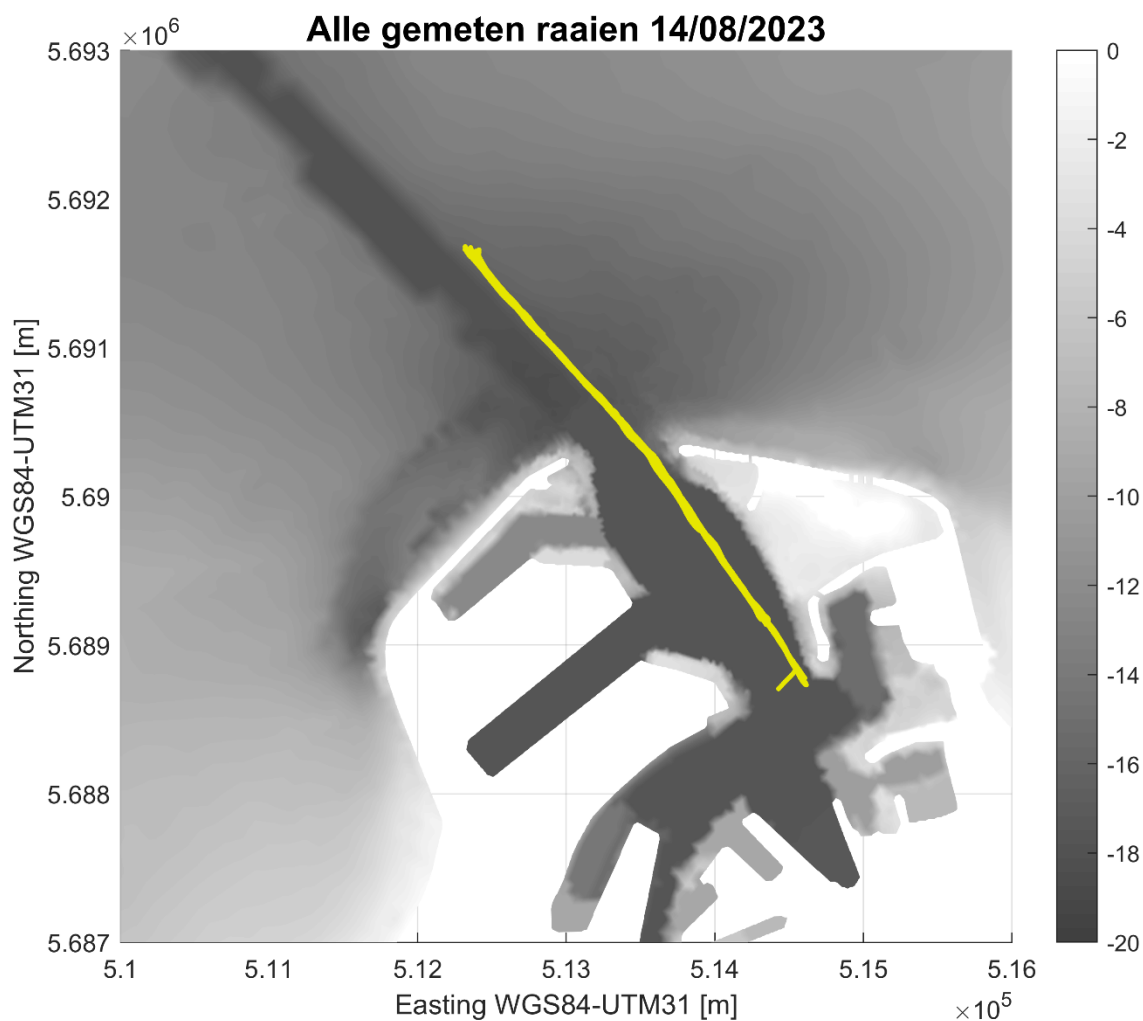
Figuur 3 geeft de ligging weer van de verschillende gemeten raaien voor deze dag.



Figuur 2 – Overzichtsk kaart met meetraaien

Tabel 1 – Overzicht uitgevoerde metingen

<i>Datum</i>	<i>GF</i>	<i>Eerste meting</i>	<i>Laatste meting</i>	<i>Aantal raaien</i>	<i>Opmerking</i>
14/08/2023	0,96	08:44	14:52 ¹	22	Zee – oost + voorhaven – oost



Figuur 3 – Ligging gemeten raaien op de meetdag 14/08/2023

¹ Door een probleem met de registratie van de metingen, zijn slechts meetgegevens beschikbaar tot 14:52 en zijn er geen meetgegevens beschikbaar van de periode erna waarop ook gemeten werd (tot 16:44).

Meettechnieken

De stroming werd gemeten aan de hand van een ADCP. De karakteristieken zijn hieronder weergegeven in Tabel 2. De plaatsbepaling gebeurde door middel van een externe GPS (Garmin GPSmap 60Cx), waarbij de positie elke 4s (identiek aan registratie-interval ADCP) werd geregistreerd.



Figuur 4 – Gebruikte meettoestellen: ADCP RDI Workhorse Monitor (links) en Garmin GPS (rechts)

Tabel 2 – Overzicht karakteristieken ADCP

Toesteleigenschappen	
Type	RDI Workhorse Monitor
Frequentie	600 kHz
Configuratie	Down-looking vanaf meetschip
Diepgang meetschip	130 cm (MS Pierre Petit)
Insteekdiepte ADCP	110 cm
Beam hoek	20°
Aantal beams	4
Snelheidsresolutie	0,1 cm/s
Accuraatheid	0,3%
Ping rate	2 Hz (typical)
Instellingen	
Cel grootte	0,5 m
Eerste cel (midden)	2,00 m onder wateroppervlak
Maximaal bereik	30 m
Ensemble interval	4 s
Pings per ensemble	4
Water Mode	12
Reference	BT

2.3 Verwerking

2.3.1 ADCP-data

De ADCP-metingen werden ingewonnen via WinRiver II. Deze software laat toe de meetgegevens als ASCII te exporteren. Deze gegevens werden vervolgens ingelezen in Matlab waar met behulp van eigen scripts de verdere verwerking en presentatie gebeurde.

2.3.2 Koppeling GPS-data

De positie van het meetschip werd geregistreerd door middel van een extern GPS-toestel. In de verwerking werd het GPS-signaal gekoppeld met het ADCP-signaal op basis van de tijd.

2.3.3 Validatie metingen

De ADCP geeft resultaten voor het volledige bereik van de cellen. Op basis van de diepte van bodem, bepaald via de bodemdetectie functie ("bottom-track"), werden alle metingen beneden dit niveau verwijderd.

Vervolgens werden de metingen met een "Percentage Good" score lager of gelijk aan 80% verwijderd.

Daarnaast werden ook alle metingen (en dit voor alle parameters) met onrealistische waarden (cfr. dummy waarde = -32768) verwijderd. Er werd geen gedetailleerde validatie uitgevoerd, waardoor in de metingen bepaalde uitschieters nog kunnen aanwezig zijn.

3 Resultaten

De meetcampagne werd uitgevoerd bij gemiddeld getij (getijfactor = 0,96) condities.

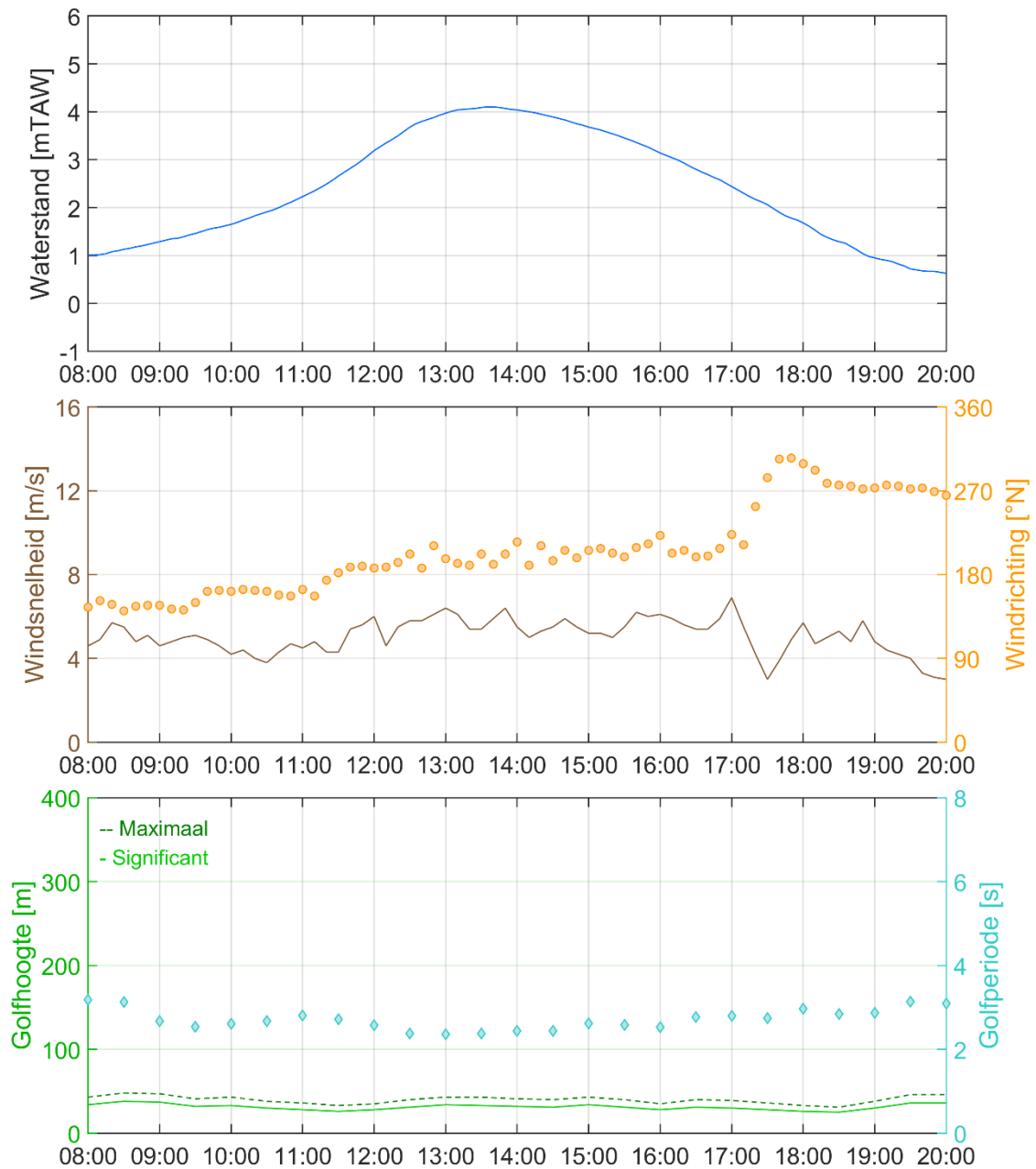
Figuur 5 geeft het verloop van de omgevingscondities weer tijdens de meetcampagne: Figuur 5 (boven) geeft het verloop van de waterstanden weer, Figuur 5 (midden) geeft het verloop van de windsnelheid en -richting weer, terwijl Figuur 5 (onder) het verloop van de significante en maximale golfhoogte en de gemiddelde golfperiode weergeeft.

De meetdag werd gekenmerkt door een matige (3 à 4 Beaufort) wind vanuit het zuiden ruimend naar het westen. De significante golfhoogte varieert rond 40 cm. Tijdens deze meetdag werd zowel binnen als buiten de voorhaven gemeten.

De resultaten van de gemeten stroming (magnitude en richting) wordt voor de verschillende raaien weergegeven in Bijlage 1 Resultaten per raai.

Opmerking: *er is gekozen om voor de volledige meetcampagne eenzelfde schaal te hanteren; aangezien de stroming op zee aanzienlijk sterker is dan stroming binnen de voorhaven, wordt bij de metingen in de voorhaven slechts een deel van de range van de kleurenschaal gebruikt.*

Omgevingscondities 14/08/2023



Figuur 5 – Verloop van de omgevingscondities tijdens meetcampagne
 Waterstand te Zeebrugge Leopold II-dam (boven) | wind te Zeebrugge Januskop (midden) | golfcondities te Bol van Heist (onder)

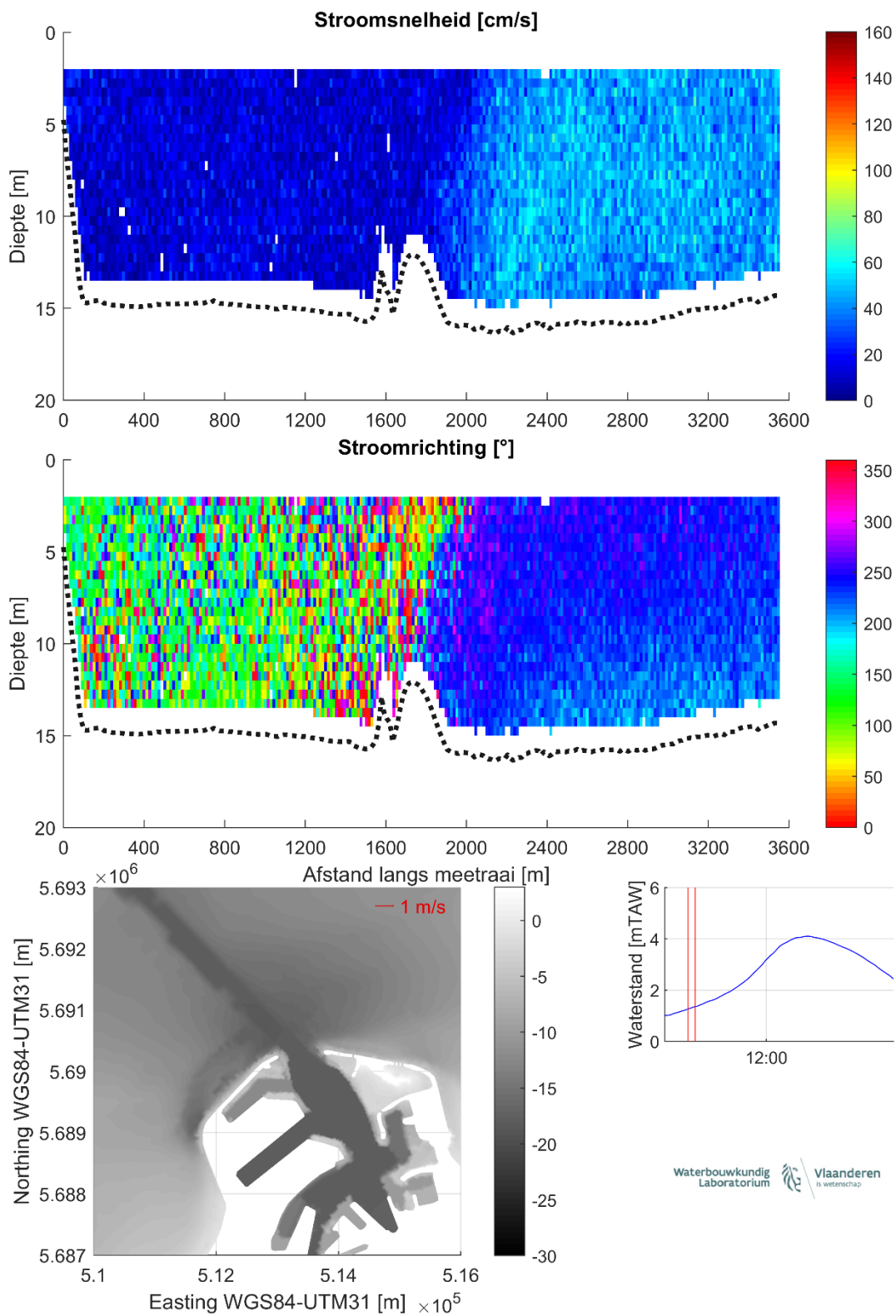
4 Referenties

Agentschap voor Maritieme Dienstverlening en Kust. Afdeling Kust. Vlaamse Hydrografie. (2012). Stroomatlas Pas van het Zand en Haven Zeebrugge - 2011

Simoen, R. (1982). Uitbouw van de haven van brugge-zeebrugge. *West-Vlaanderen Werkt*: 215–224

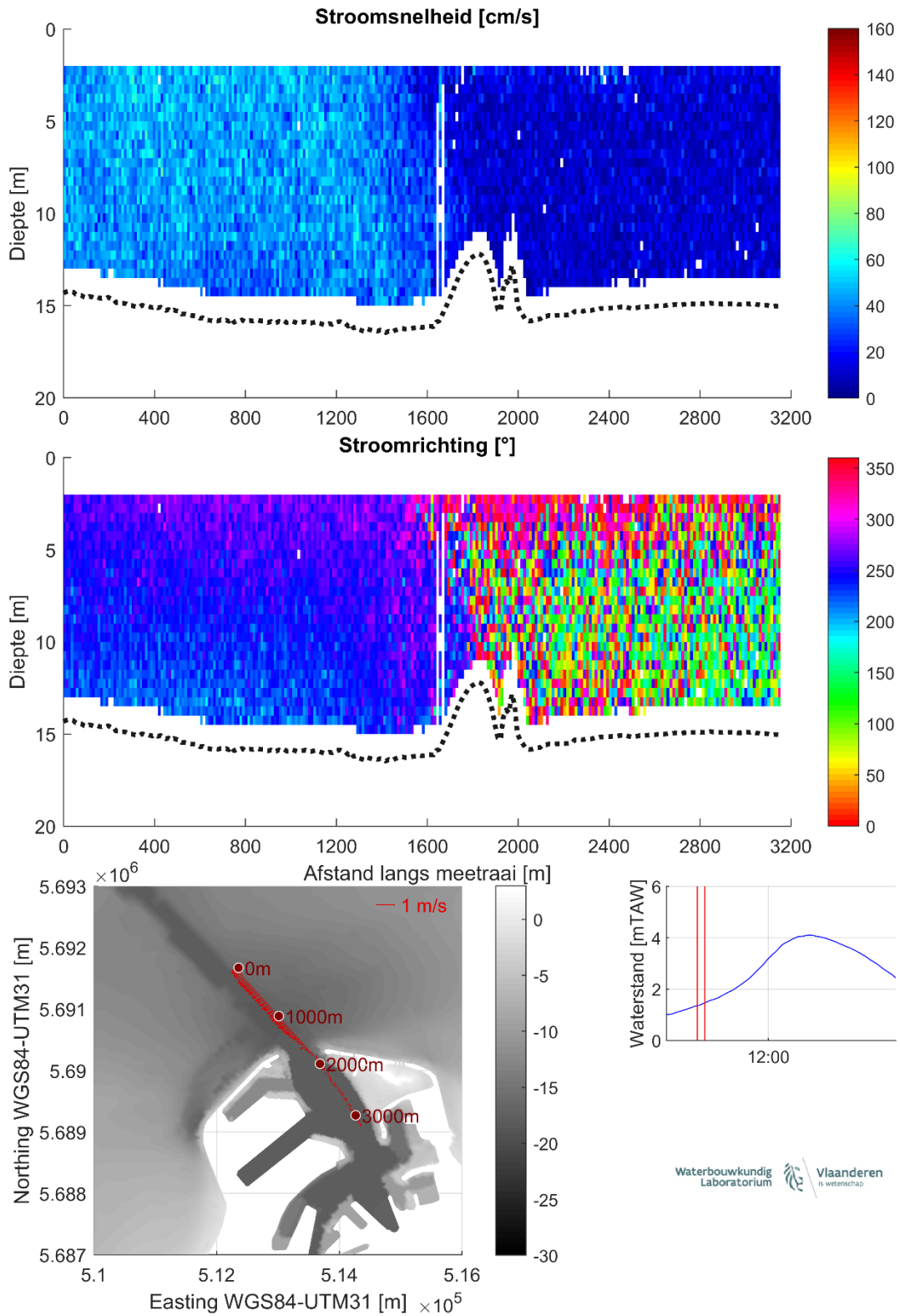
Verwilligen, J.; Delefortrie, G. (2022). Toegankelijkheid Containerschepen Zeebrugge: Eindrapport – Deterministische Evaluatie. versie 1.0. *WL Rapporten, 20_104*. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

Bijlage 1 Resultaten per raai

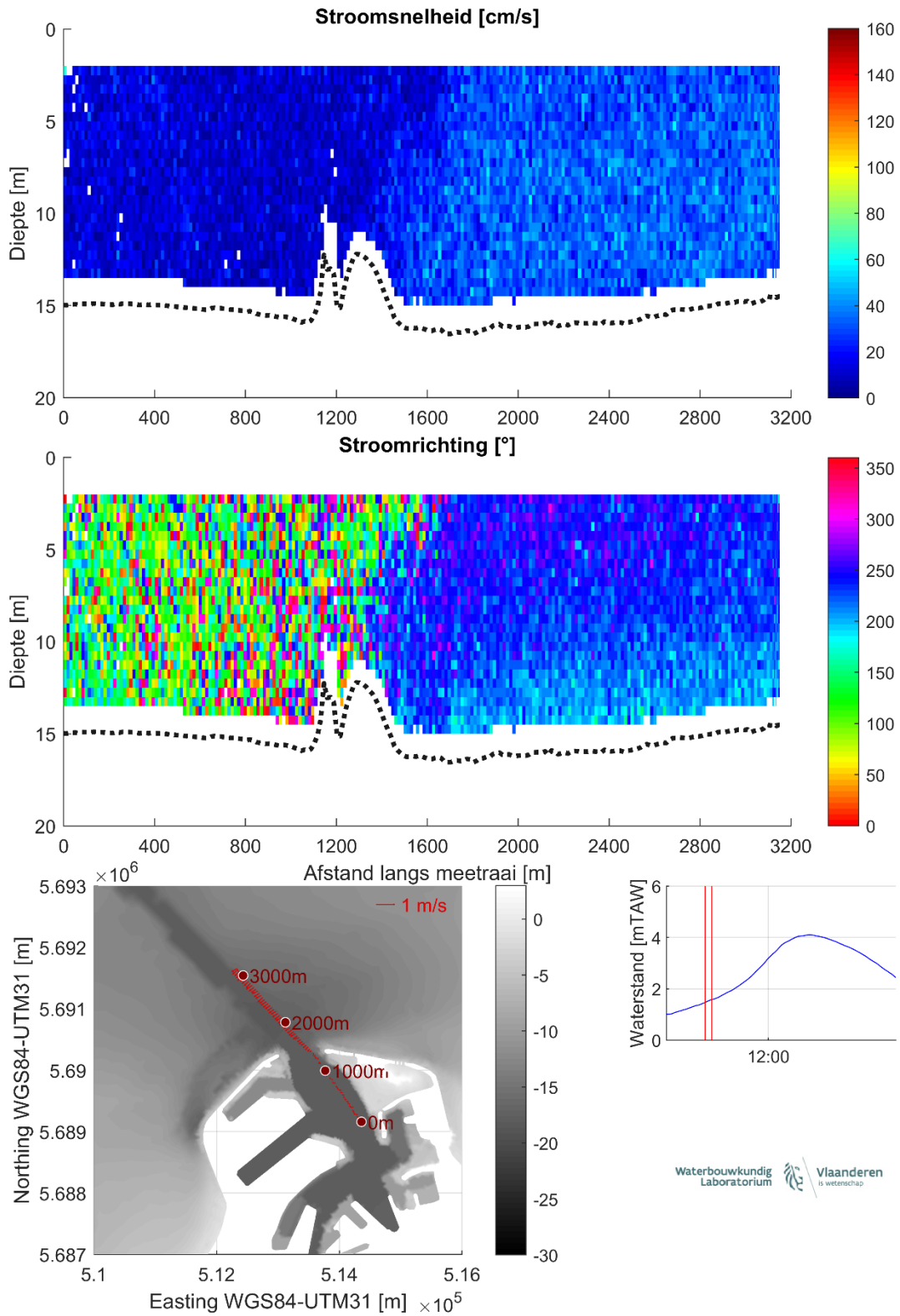


Figuur 6 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 1: snelheids grootte (top), -richting (midden) en diepte-gemiddelde vectoren (onder)

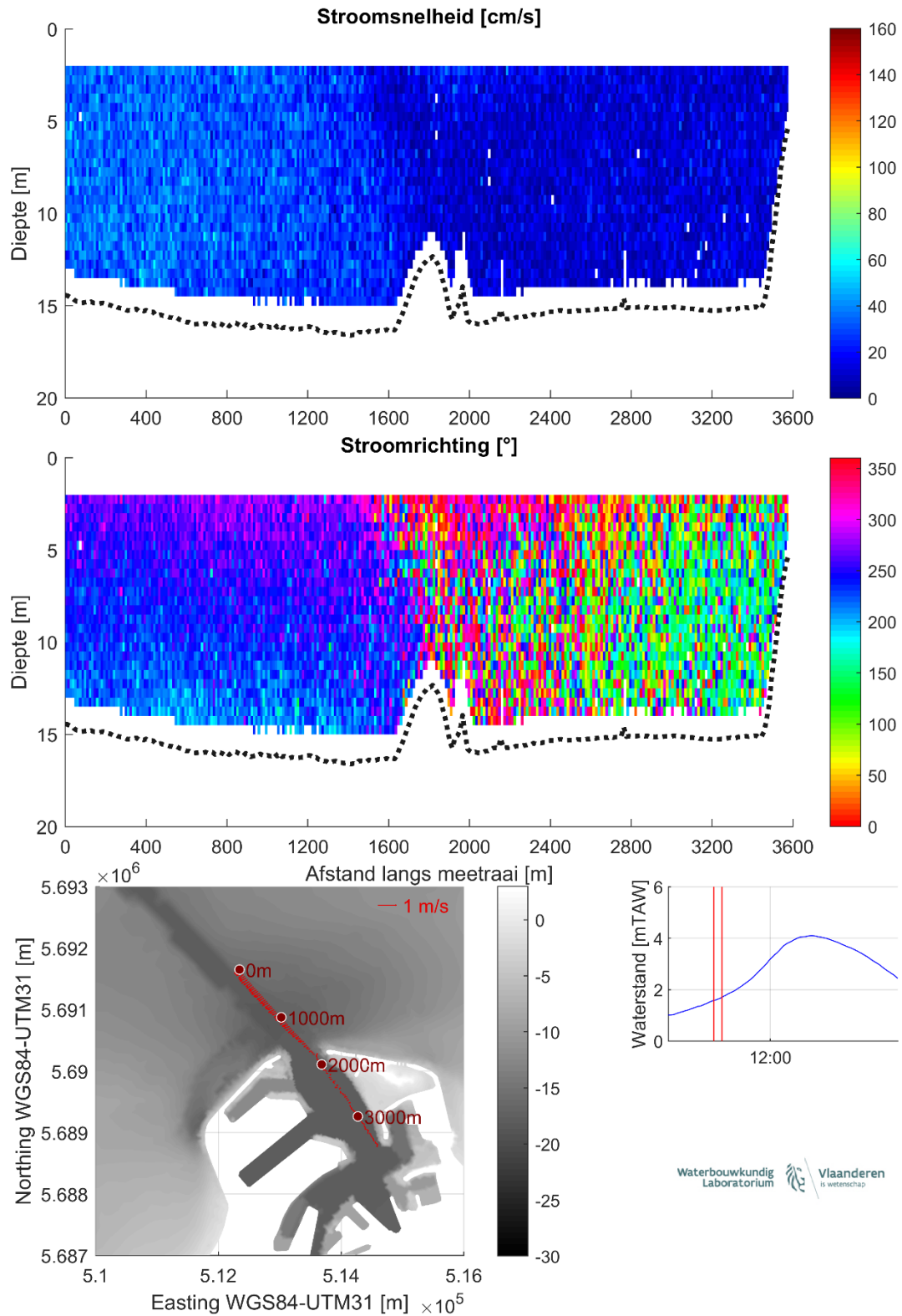
Opmerking: geen GPS-gegevens beschikbaar voor deze meetraai en hierdoor geen figuur met vectoren



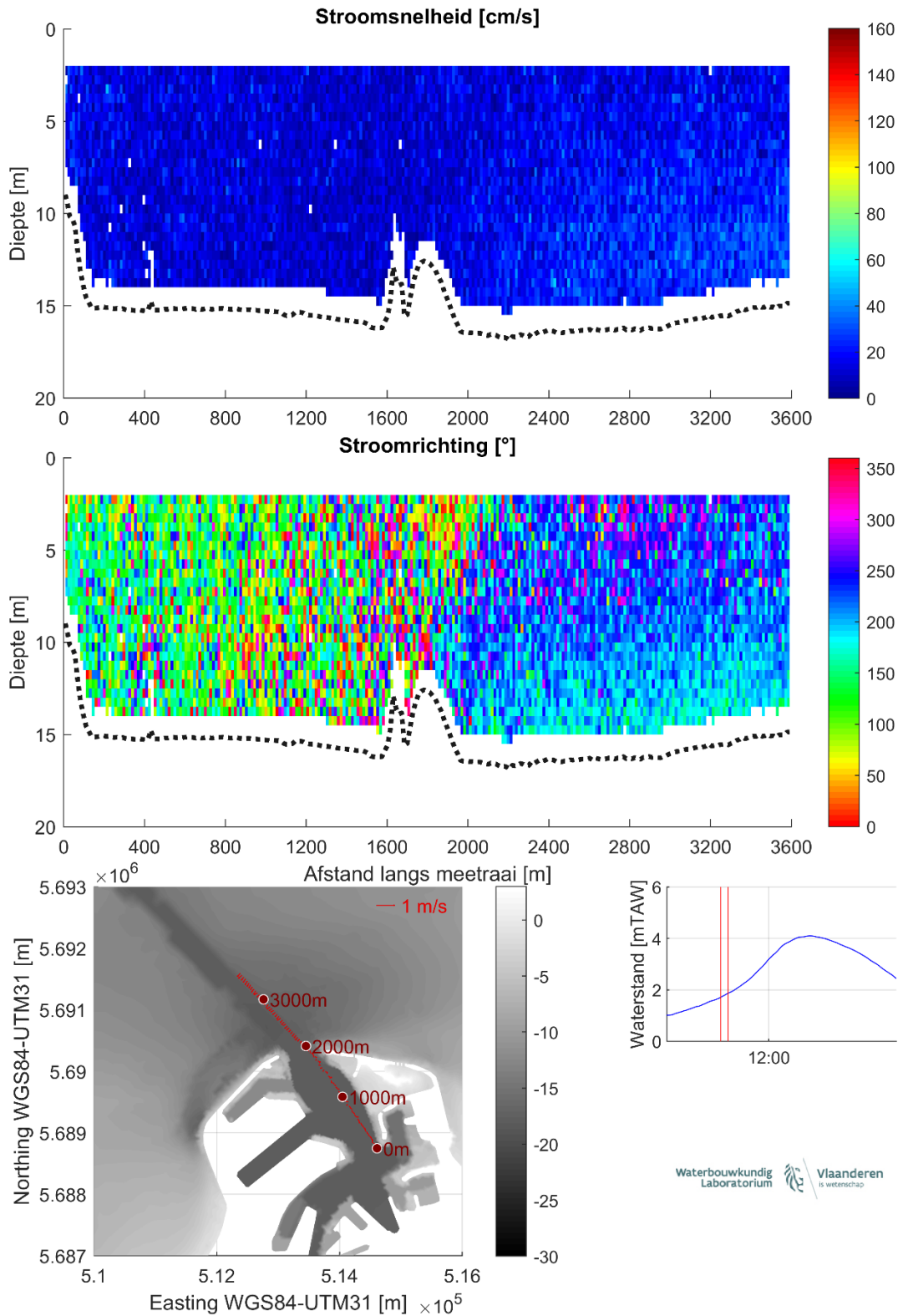
Figuur 7 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 2: snelheids grootte (top), -richting (midden) en diepte-gemiddelde vectoren (onder)



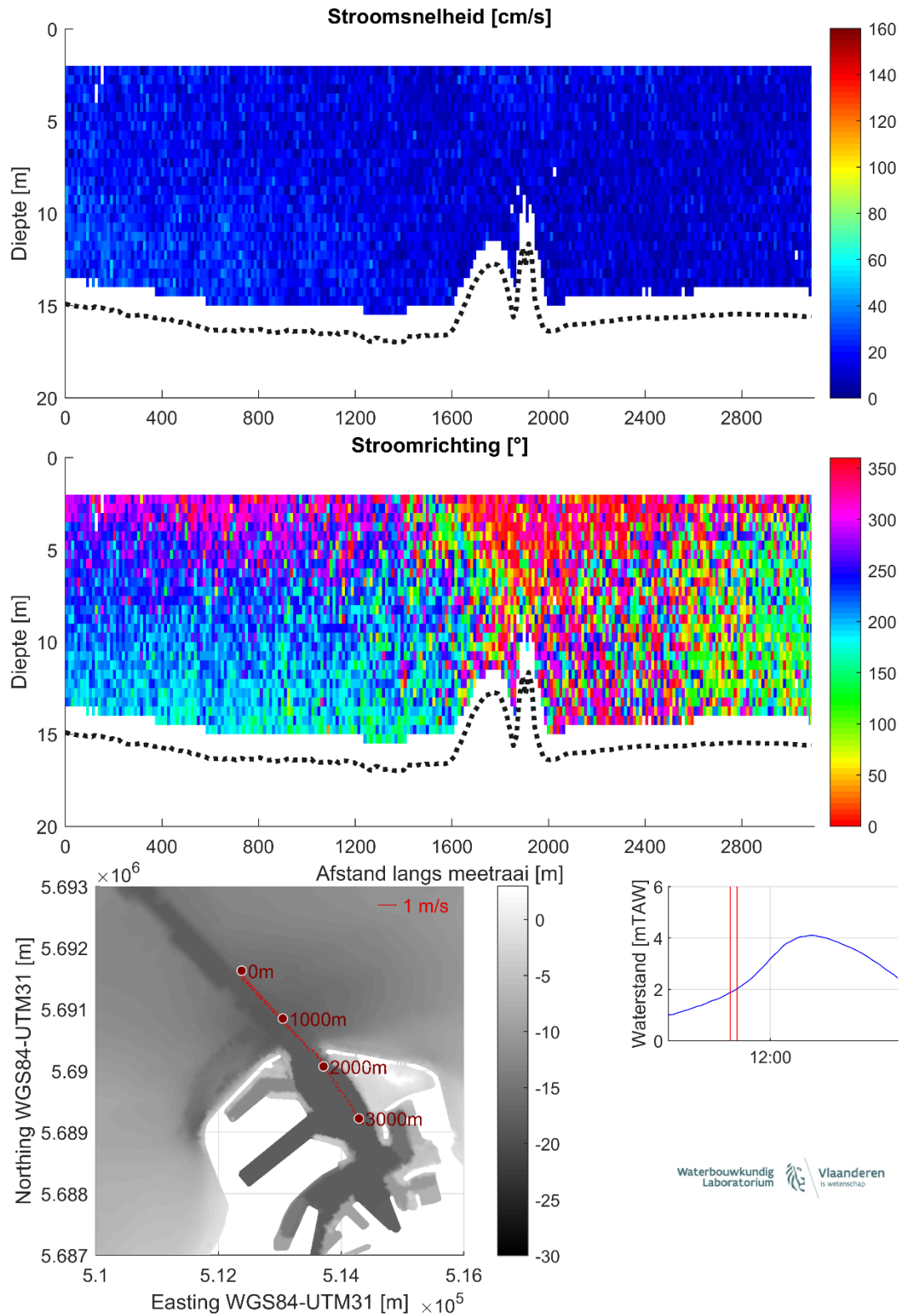
Figuur 8 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 3: snelheidsgrootte (top), -richting (midden) en diepte-gemiddelde vectoren (onder)



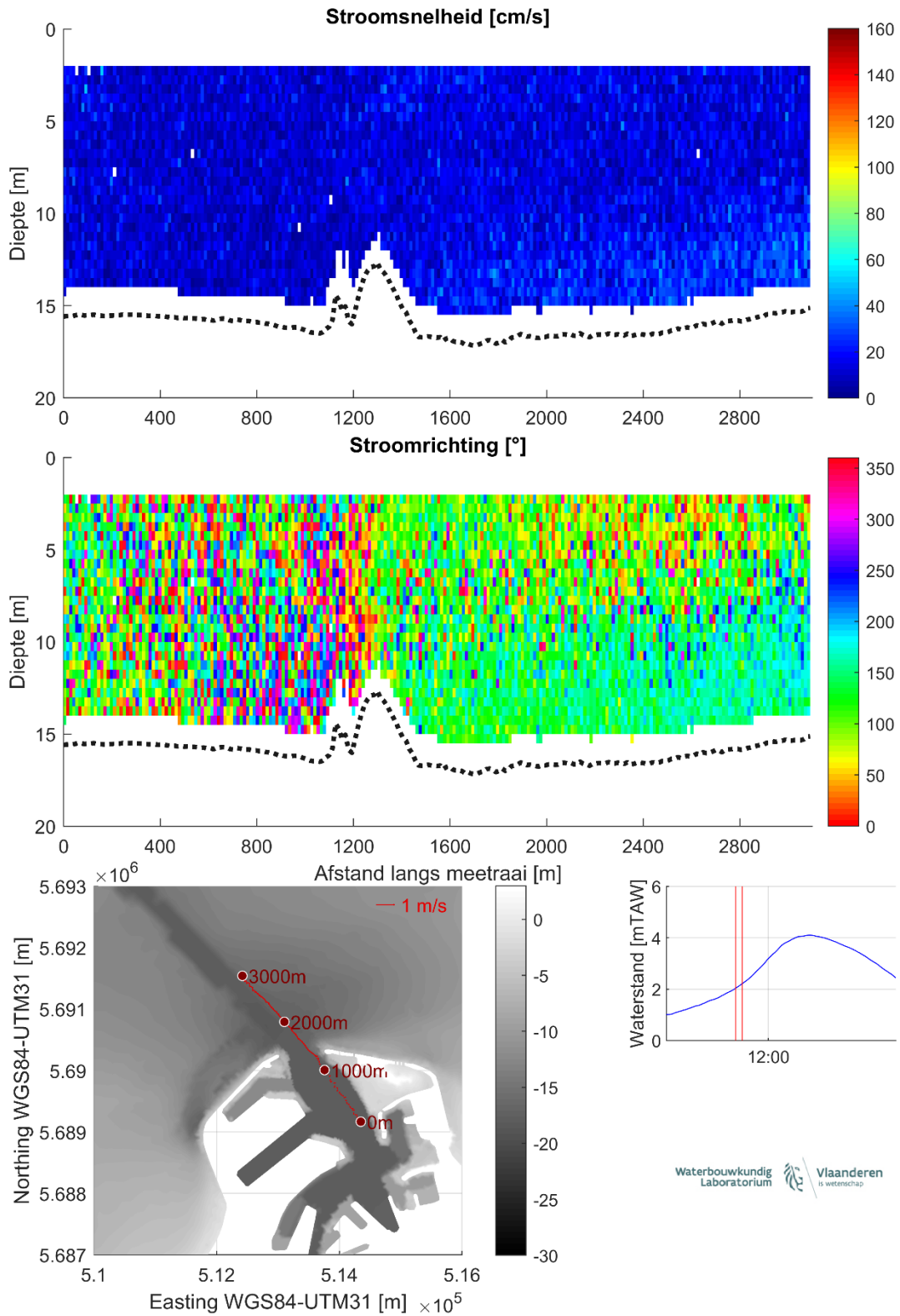
Figuur 9 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 4: snelheidsgrootte (top), -richting (midden) en diepte-gemiddelde vectoren (onder)



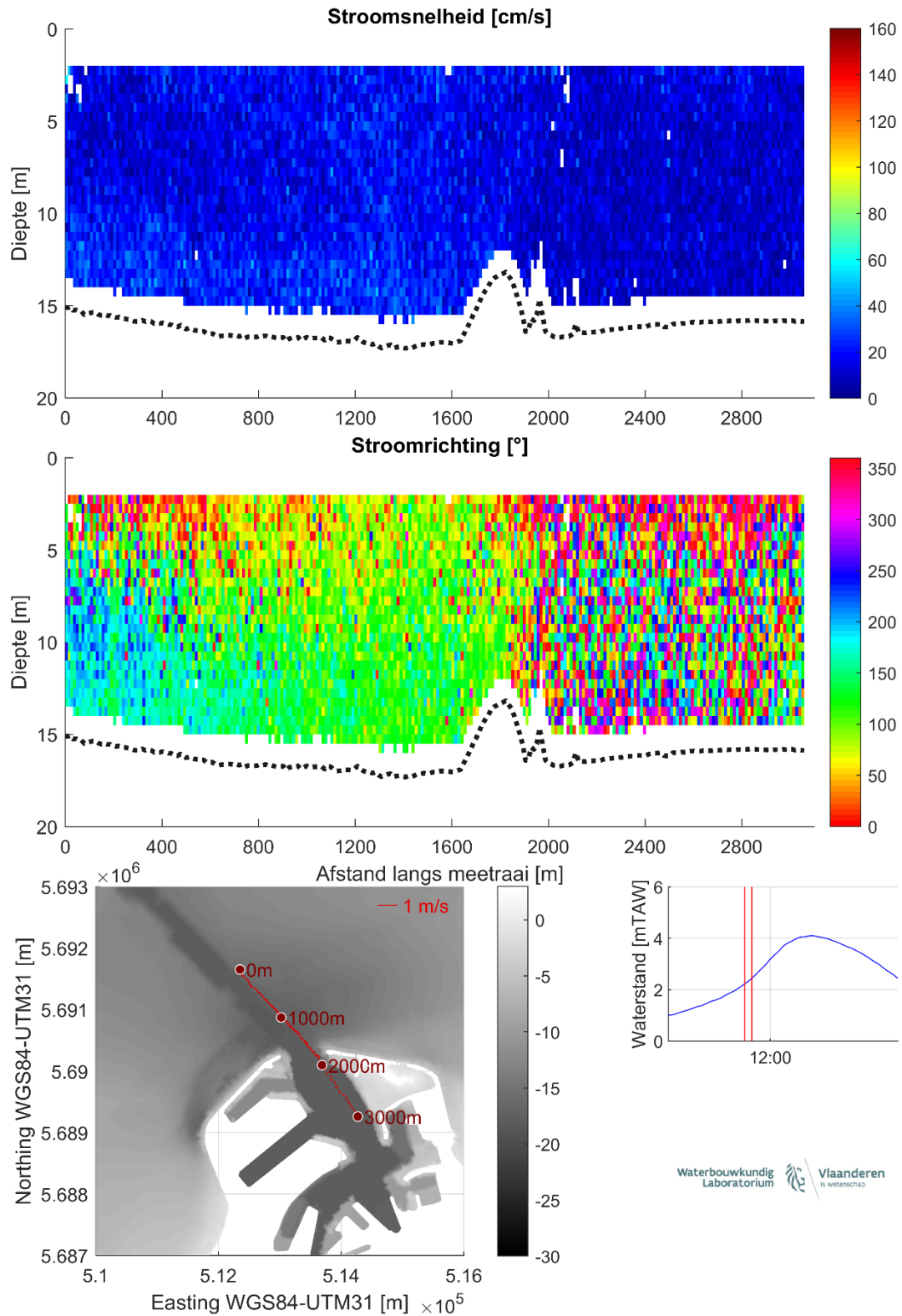
Figuur 10 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 5: snelheids grootte (top), -richting (midden) en diepte-gemiddelde vectoren (onder)



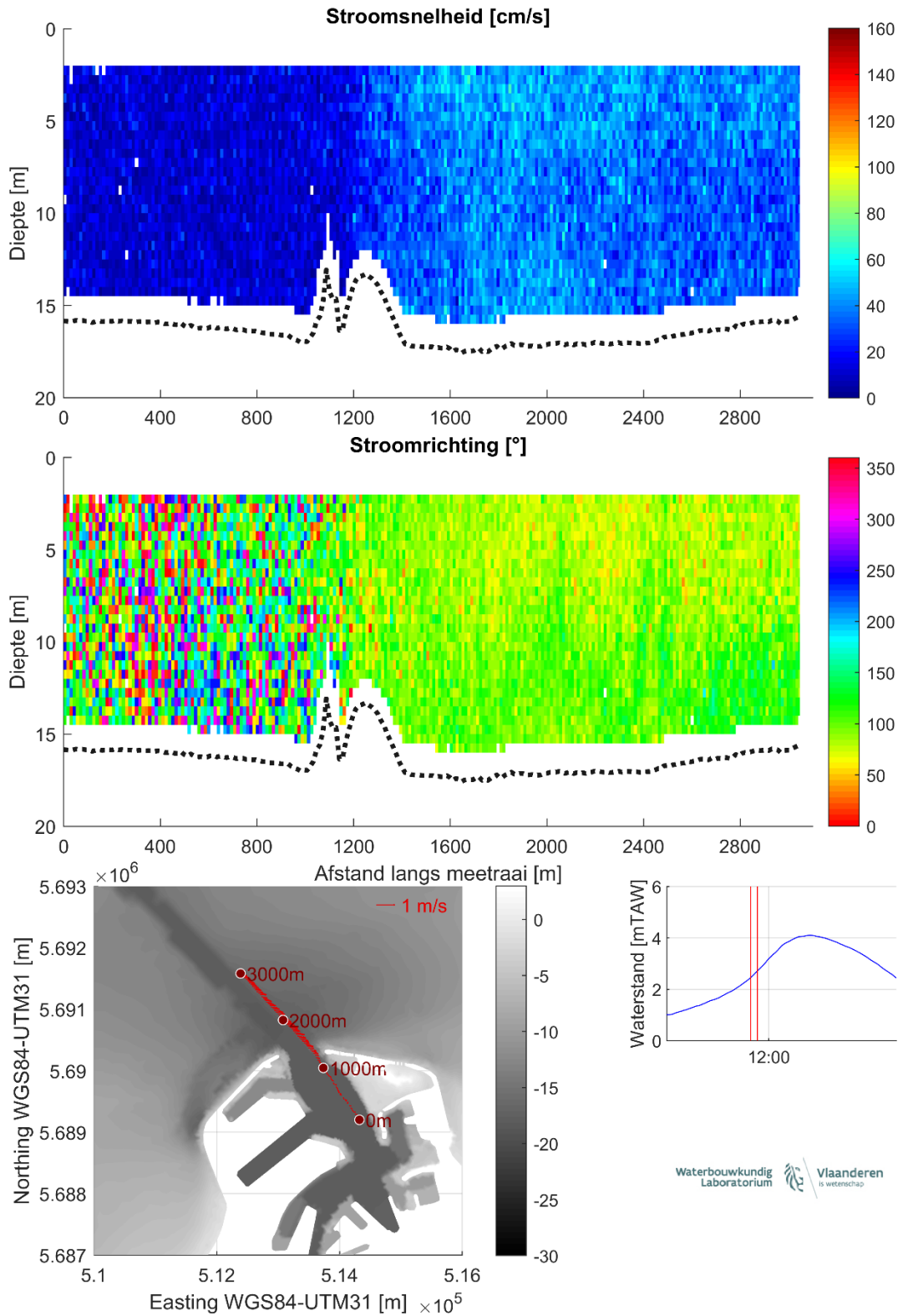
Figuur 11 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 6: snelheids grootte (top), -richting (midden) en diepte-gemiddelde vectoren (onder)



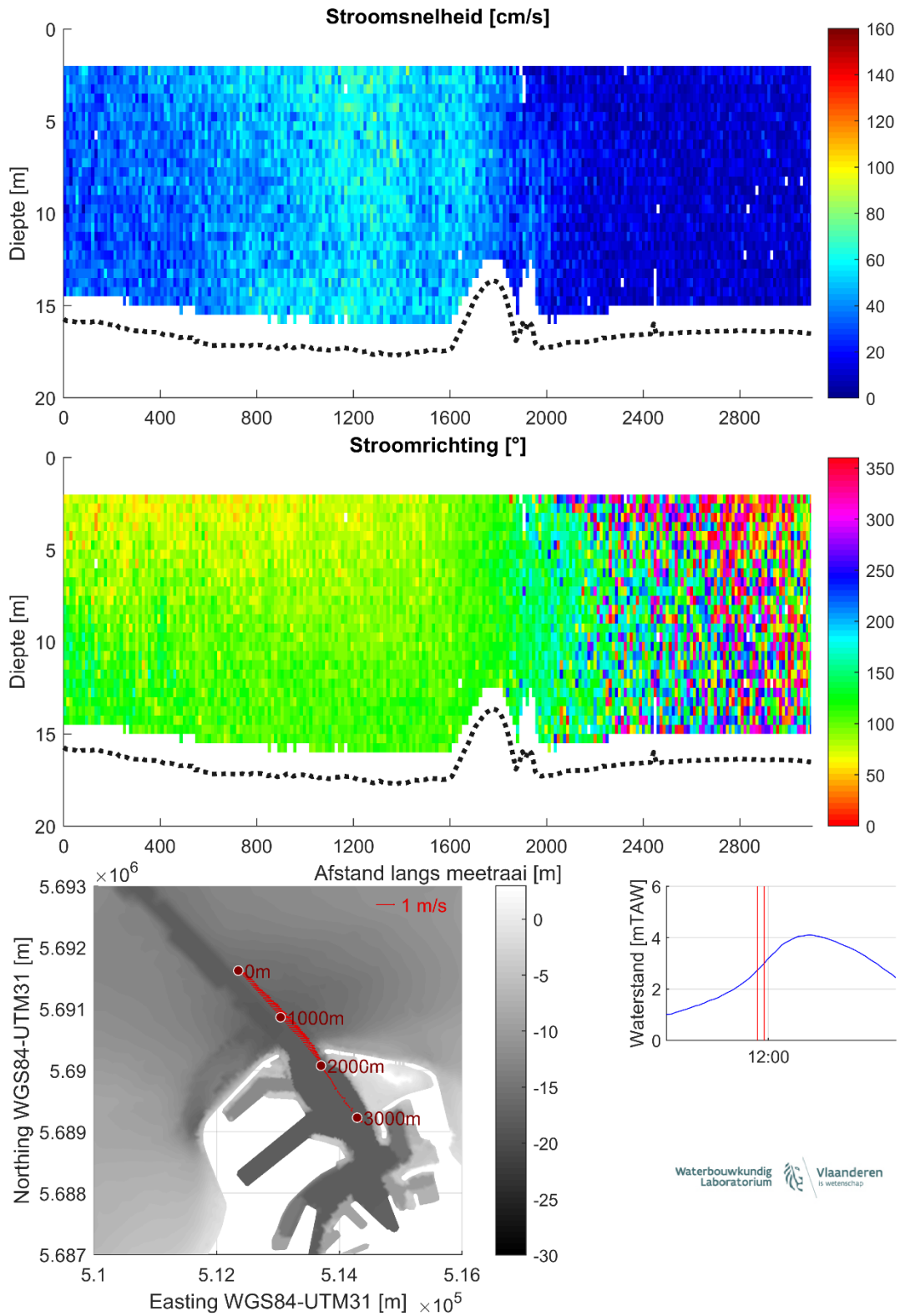
Figuur 12 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 7: snelheids grootte (top), -richting (midden) en diepte-gemiddelde vectoren (onder)



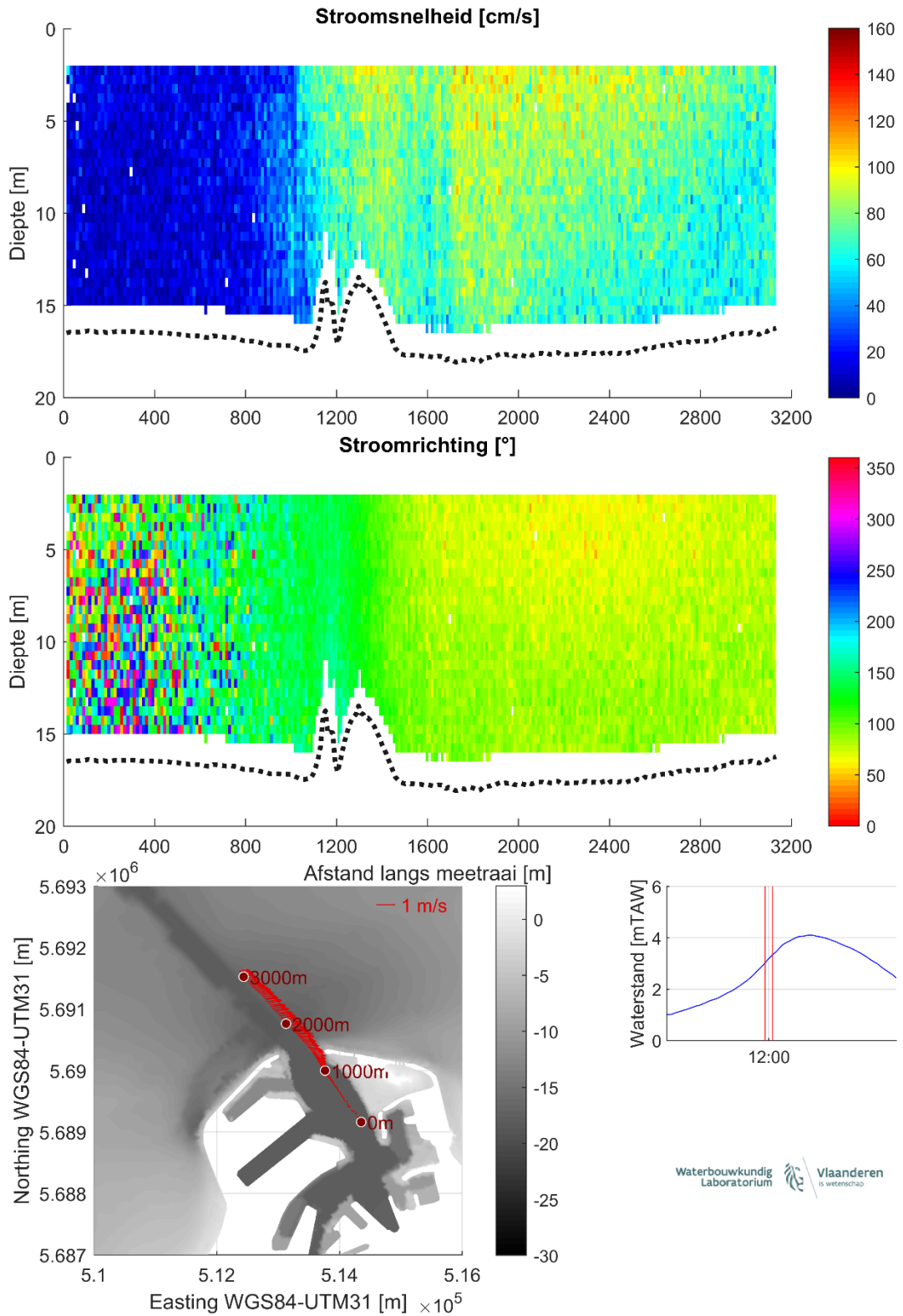
Figuur 13 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 8: snelheids grootte (top), -richting (midden) en diepte-gemiddelde vectoren (onder)



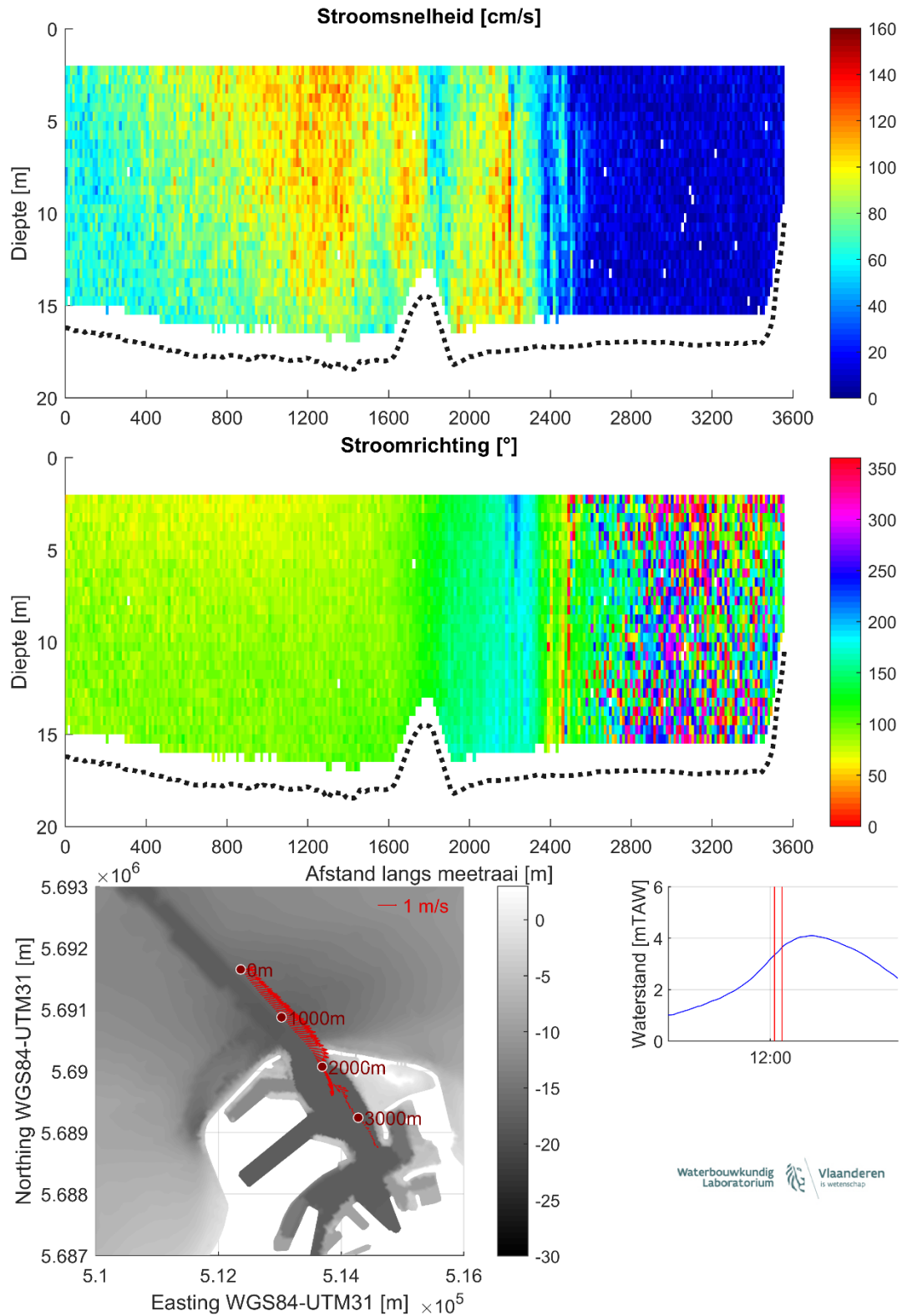
Figuur 14 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 9: snelheids grootte (top), -richting (midden) en diepte-gemiddelde vectoren (onder)



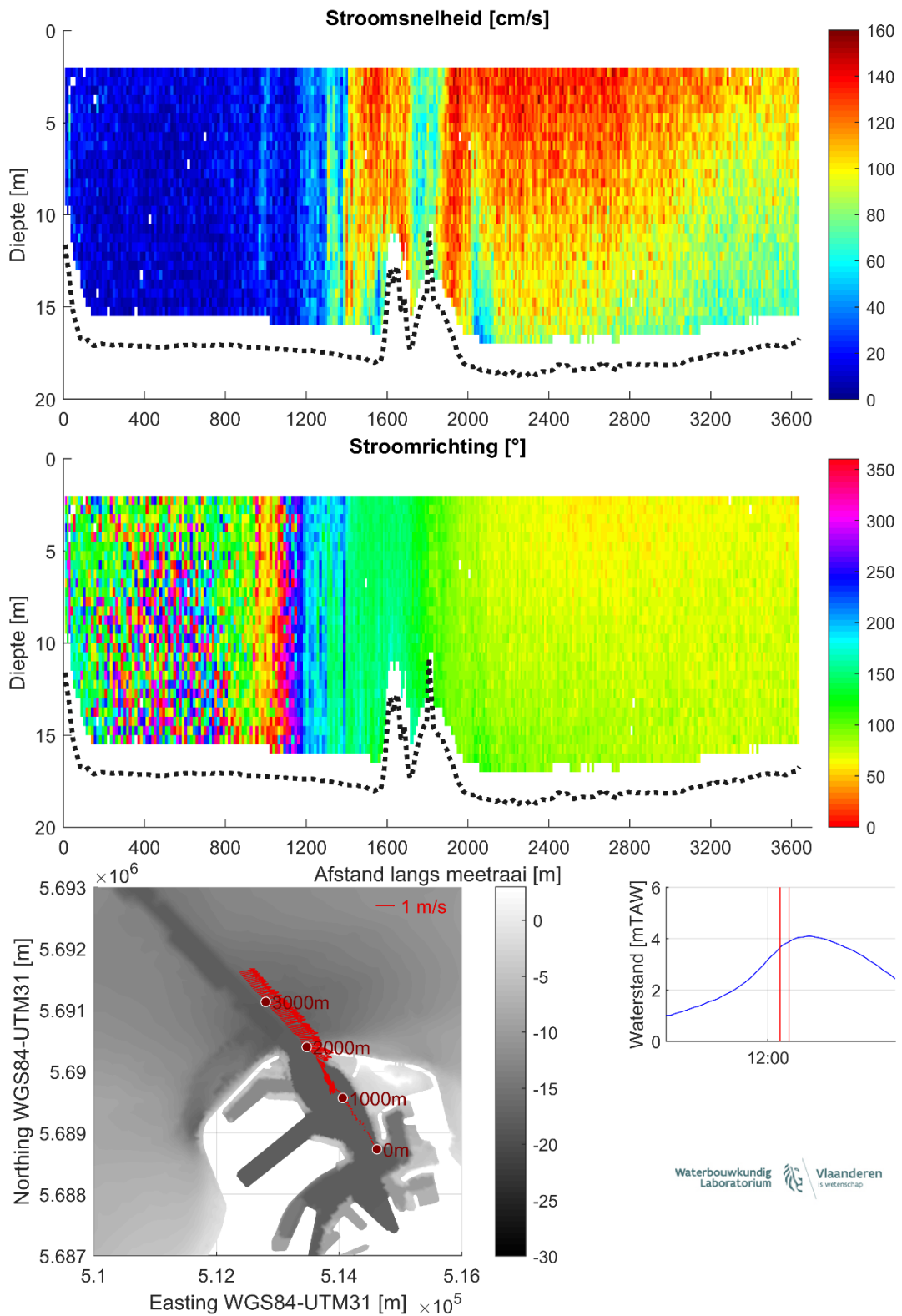
Figuur 15 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 10: snelheids grootte (top), -richting (midden) en diepte-gemiddelde vectoren (onder)



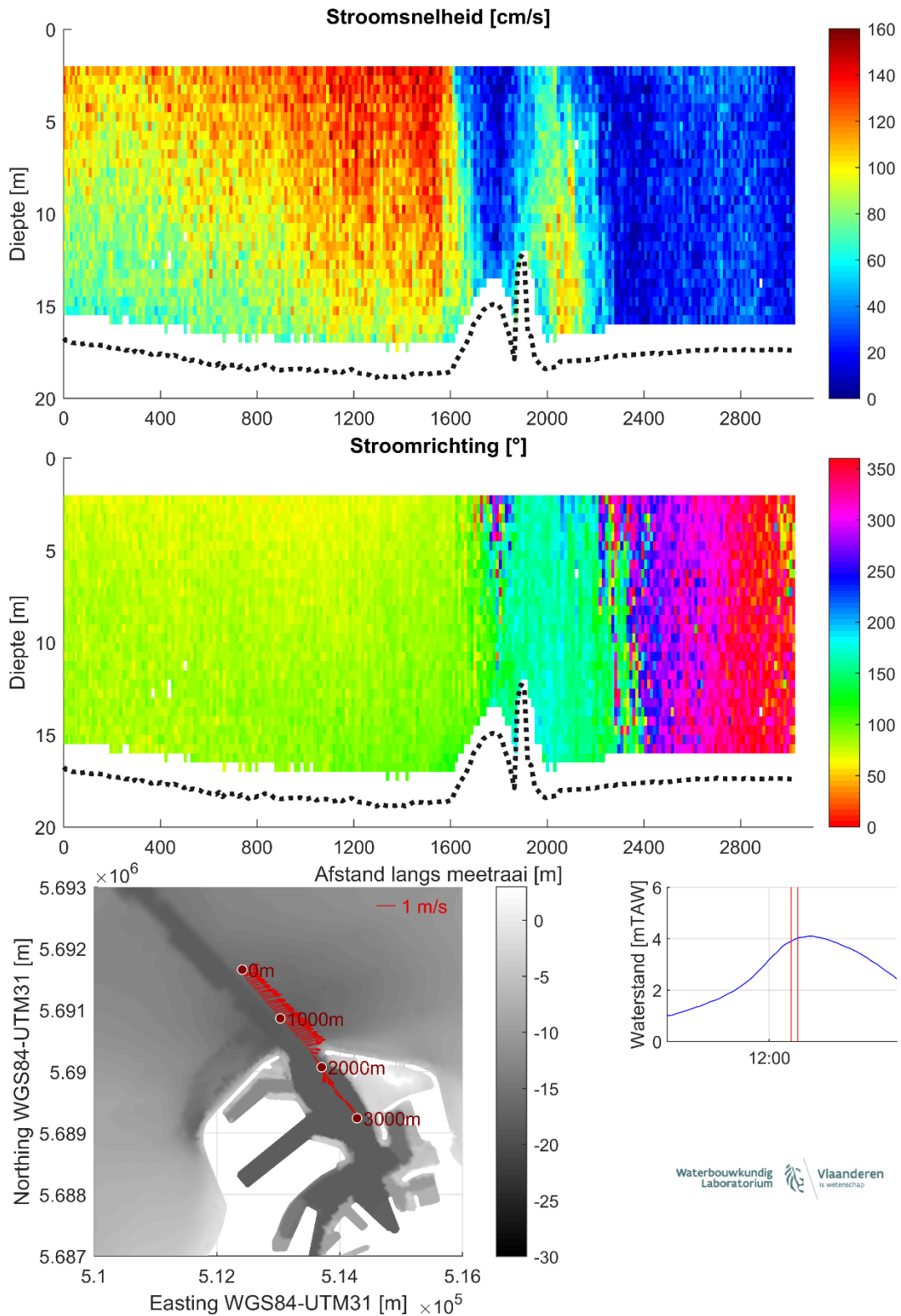
Figuur 16 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 11: snelheids grootte (top), -richting (midden) en diepte-gemiddelde vectoren (onder)



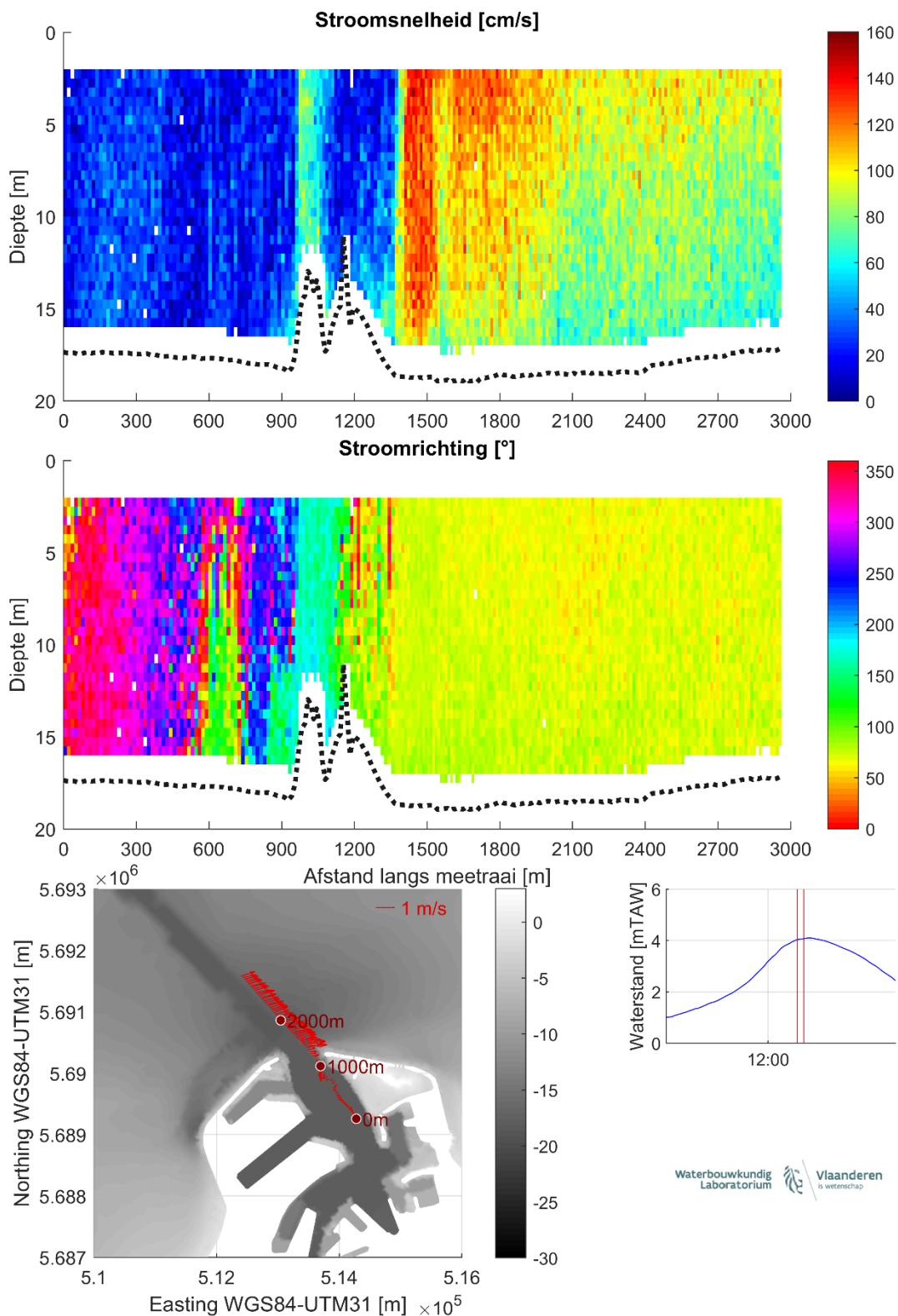
Figuur 17 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 12: snelheids grootte (top), -richting (midden) en diepte-gemiddelde vectoren (onder)



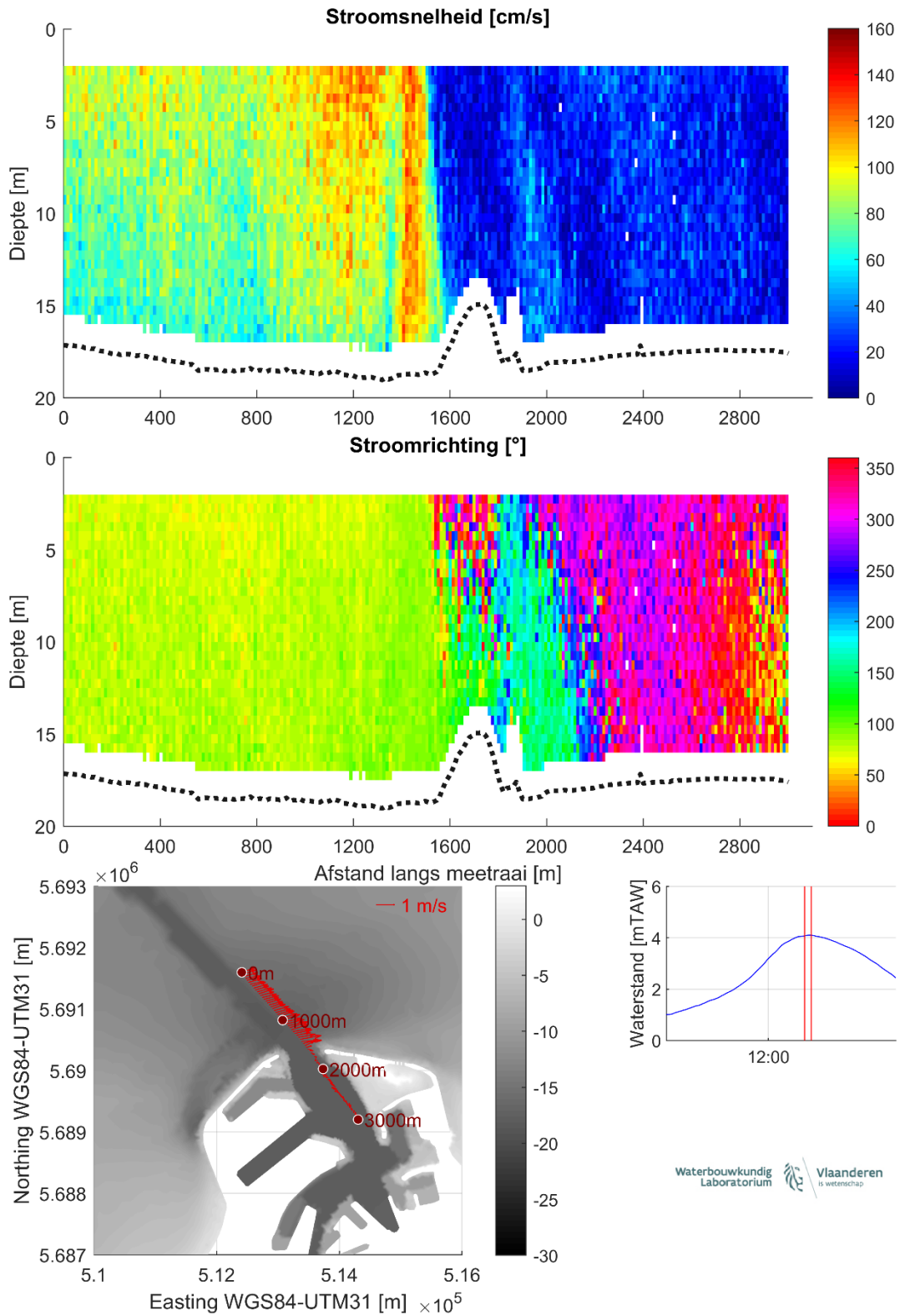
Figuur 18 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 13: snelheids grootte (top), -richting (midden) en diepte-gemiddelde vectoren (onder)



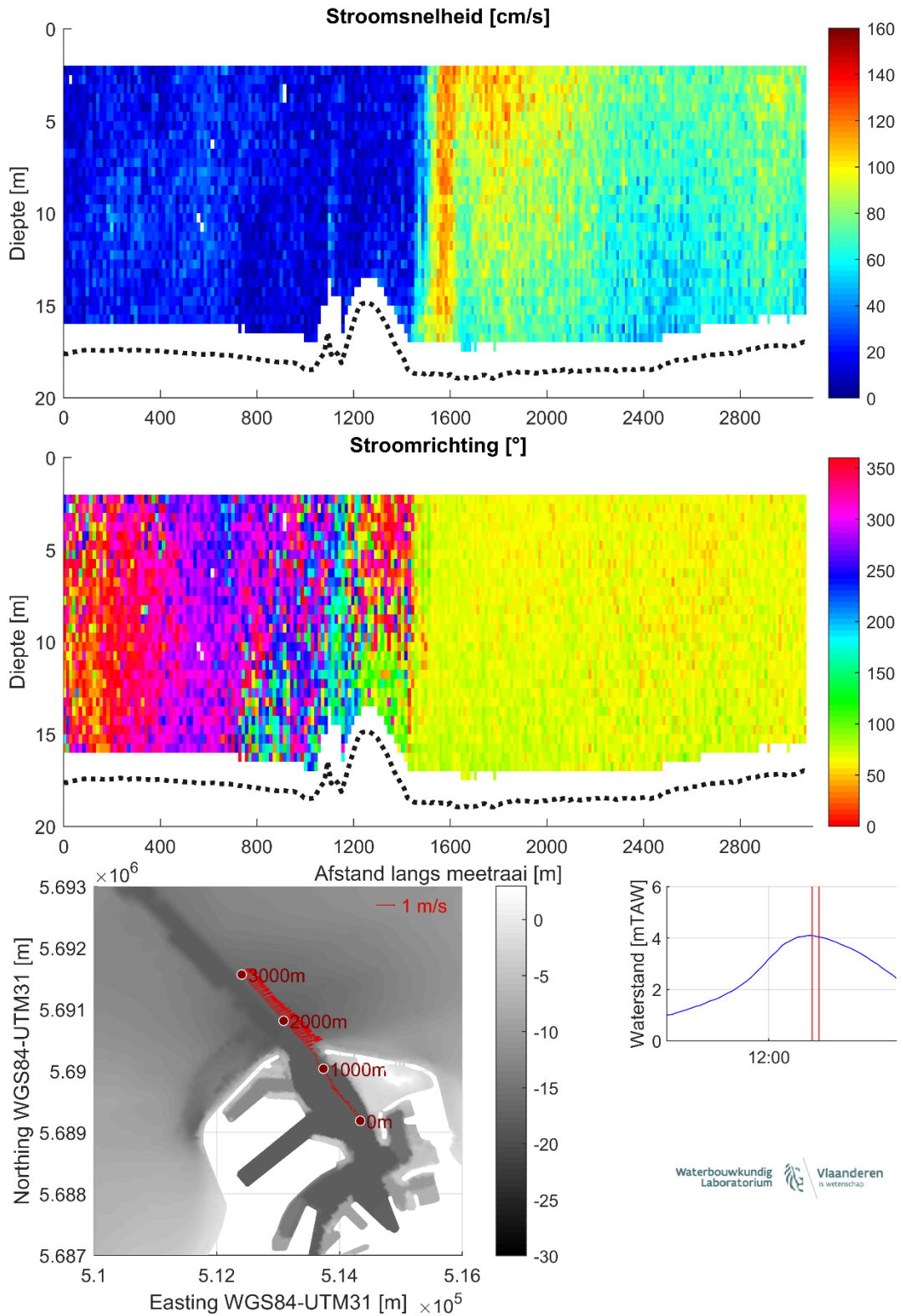
Figuur 19 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 14: snelheids grootte (top), -richting (midden) en diepte-gemiddelde vectoren (onder)



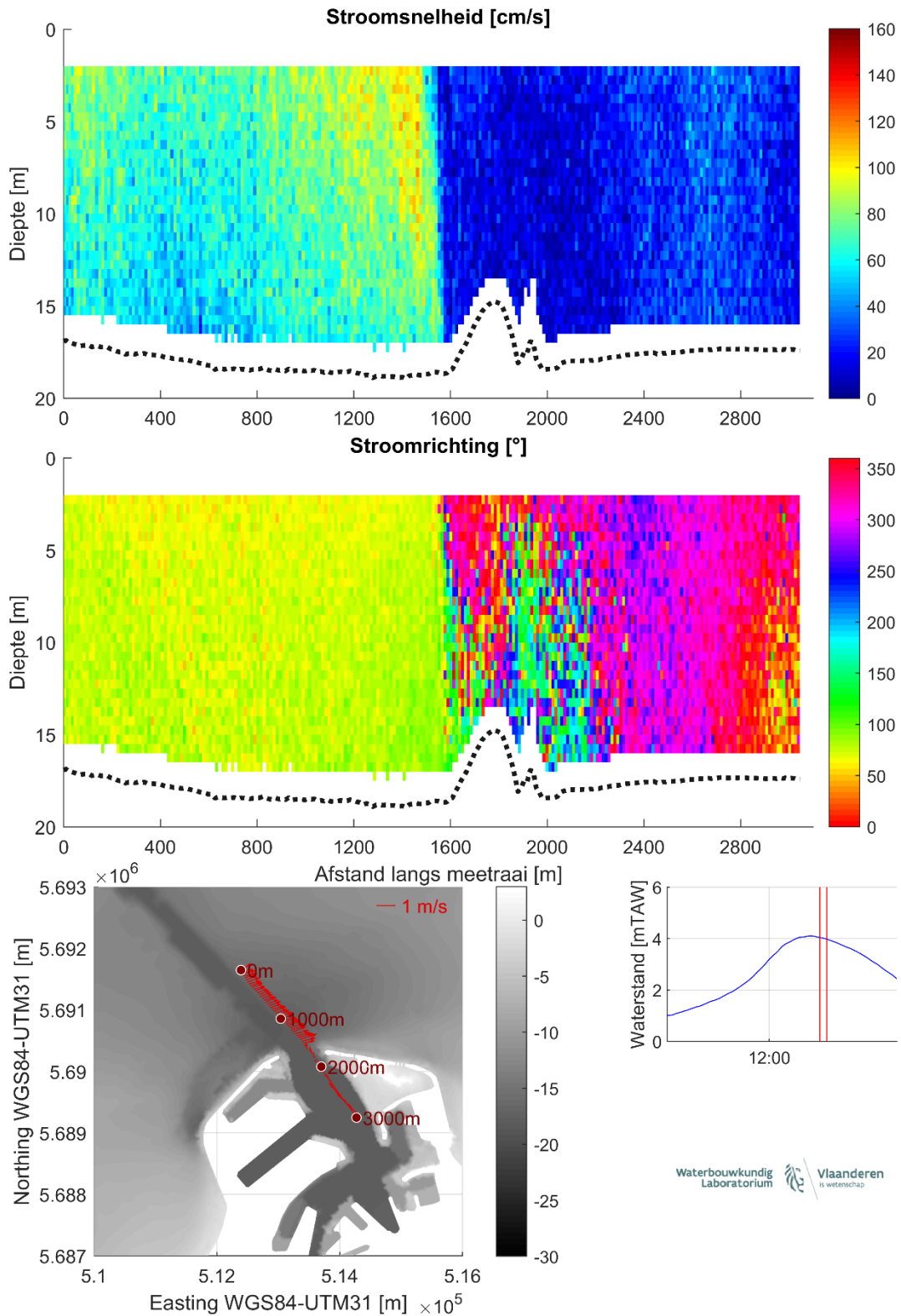
Figuur 20 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 15: snelheids grootte (top), -richting (midden) en diepte-gemiddelde vectoren (onder)



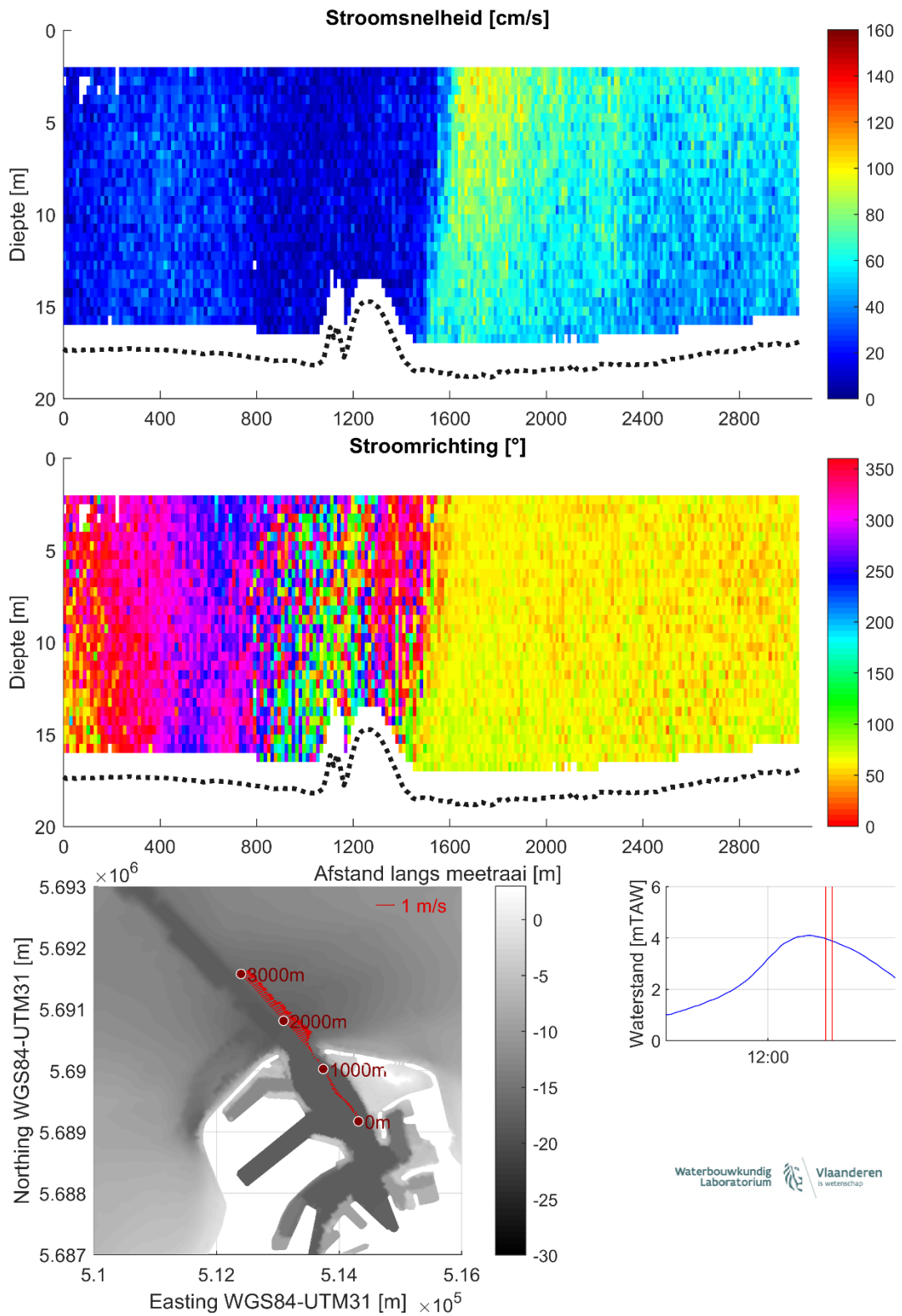
Figuur 21 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 16: snelheids grootte (top), -richting (midden) en diepte-gemiddelde vectoren (onder)



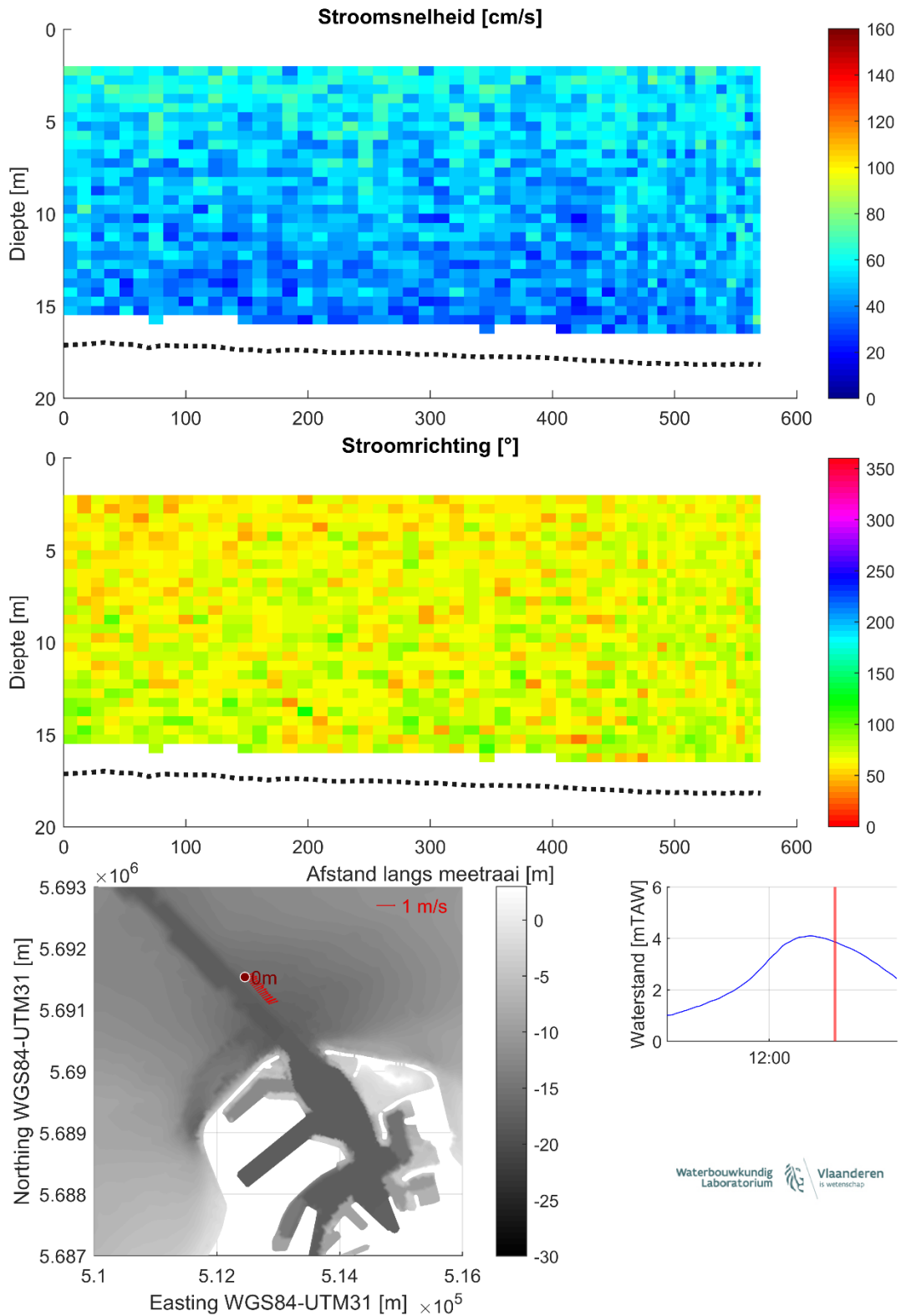
Figuur 22 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 17: snelheids grootte (top), -richting (midden) en diepte-gemiddelde vectoren (onder)



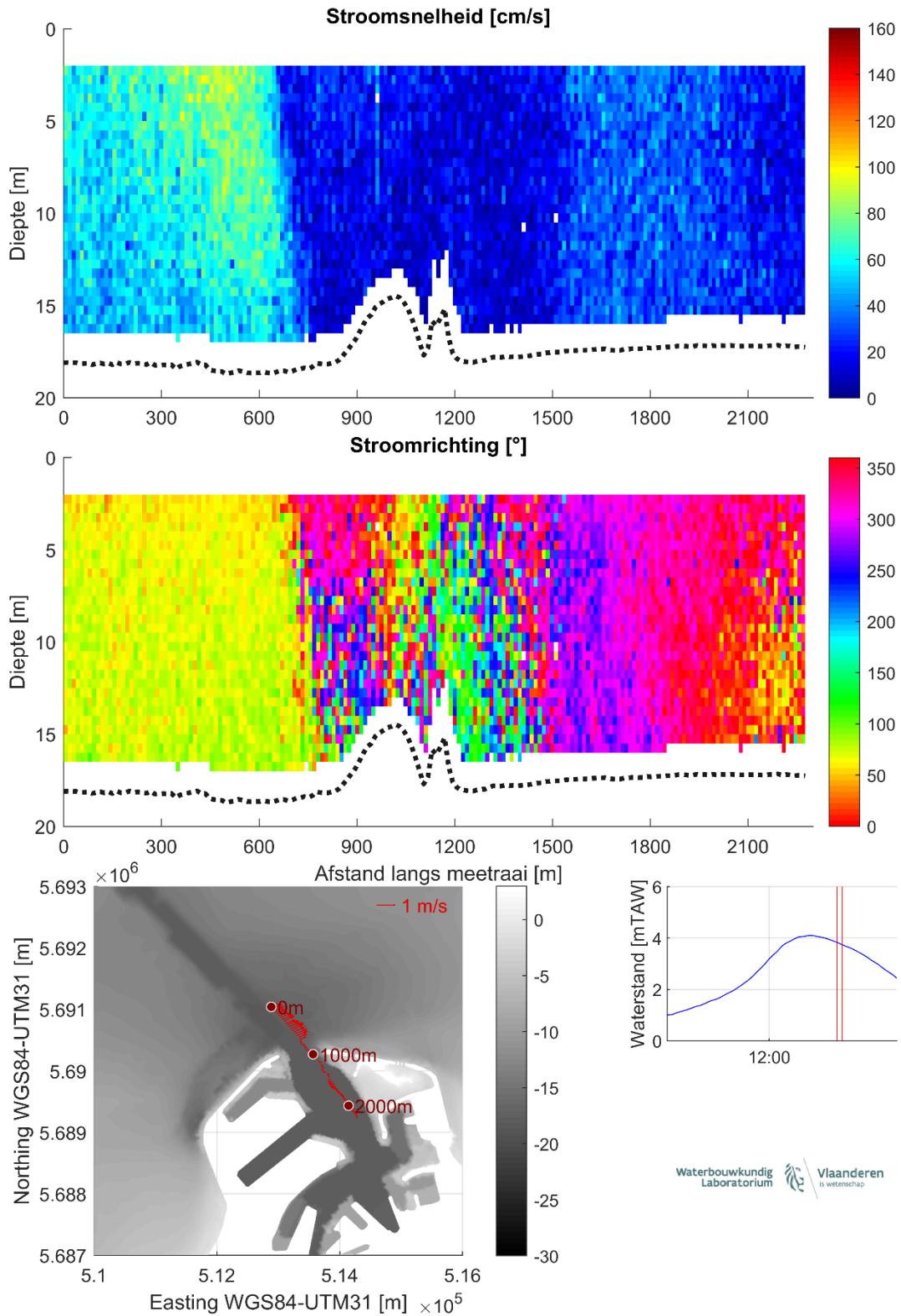
Figuur 23 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 18: snelheids grootte (top), -richting (midden) en diepte-gemiddelde vectoren (onder)



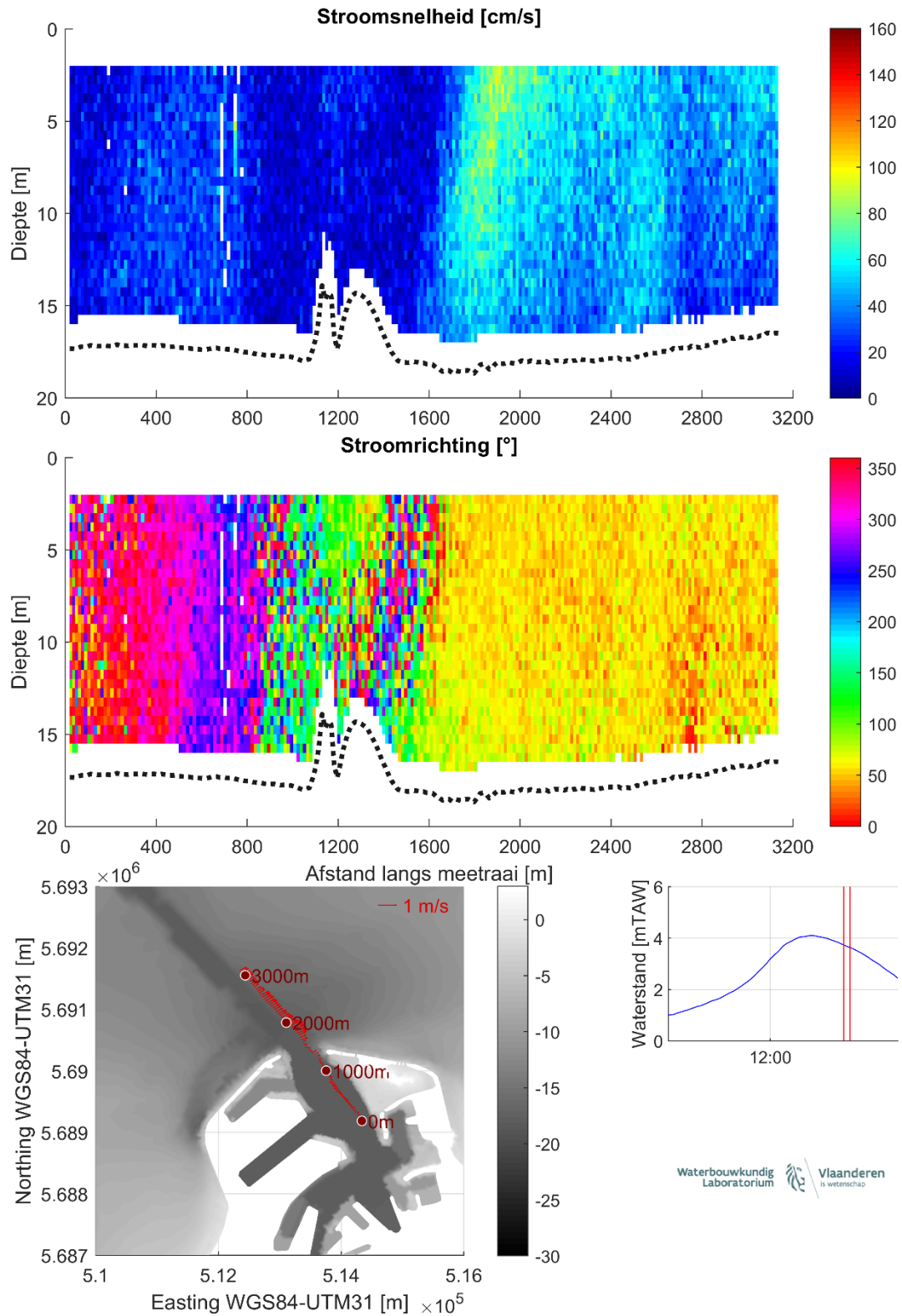
Figuur 24 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 19: snelheids grootte (top), -richting (midden) en diepte-gemiddelde vectoren (onder)



Figuur 25 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 20: snelheids grootte (top), -richting (midden) en diepte-gemiddelde vectoren (onder)



Figuur 26 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 21: snelheids grootte (top), -richting (midden) en diepte-gemiddelde vectoren (onder)



Figuur 27 – Stroomgegevens 14/08/2023 raai 22: snelheids grootte (top), -richting (midden) en diepte-gemiddelde vectoren (onder)

DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be