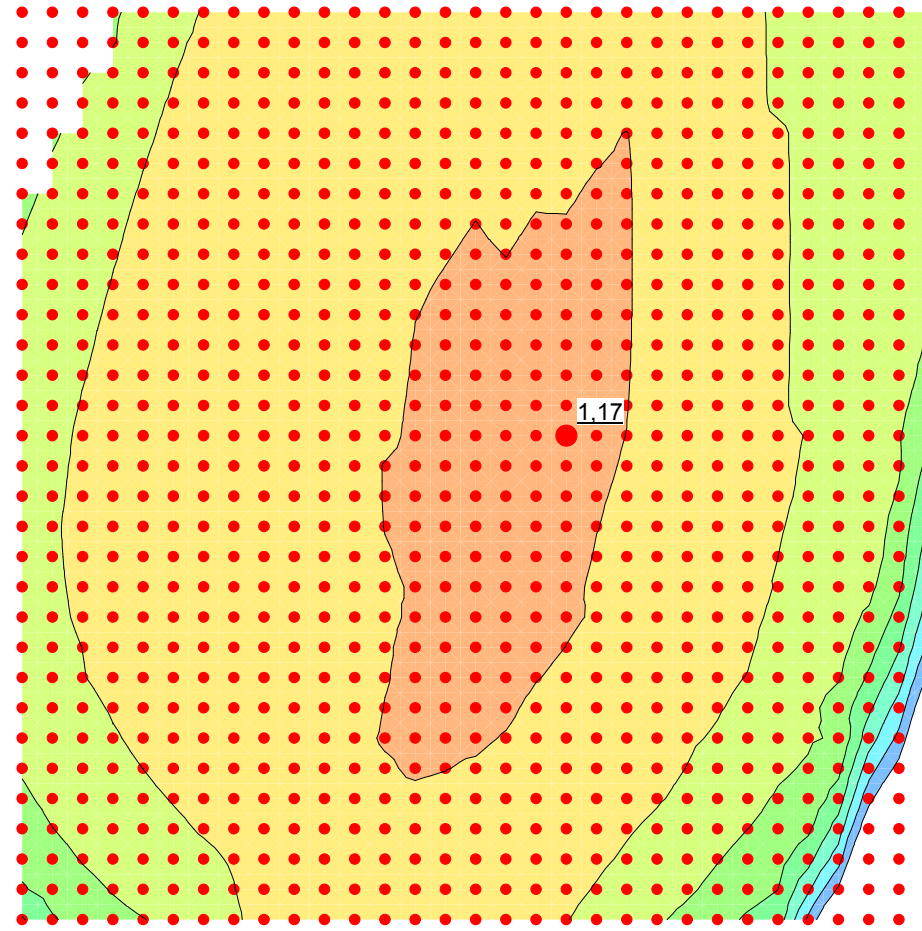
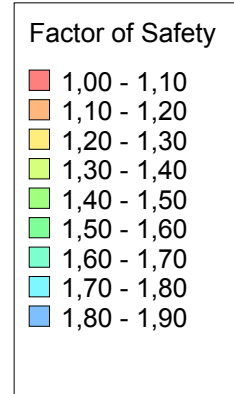


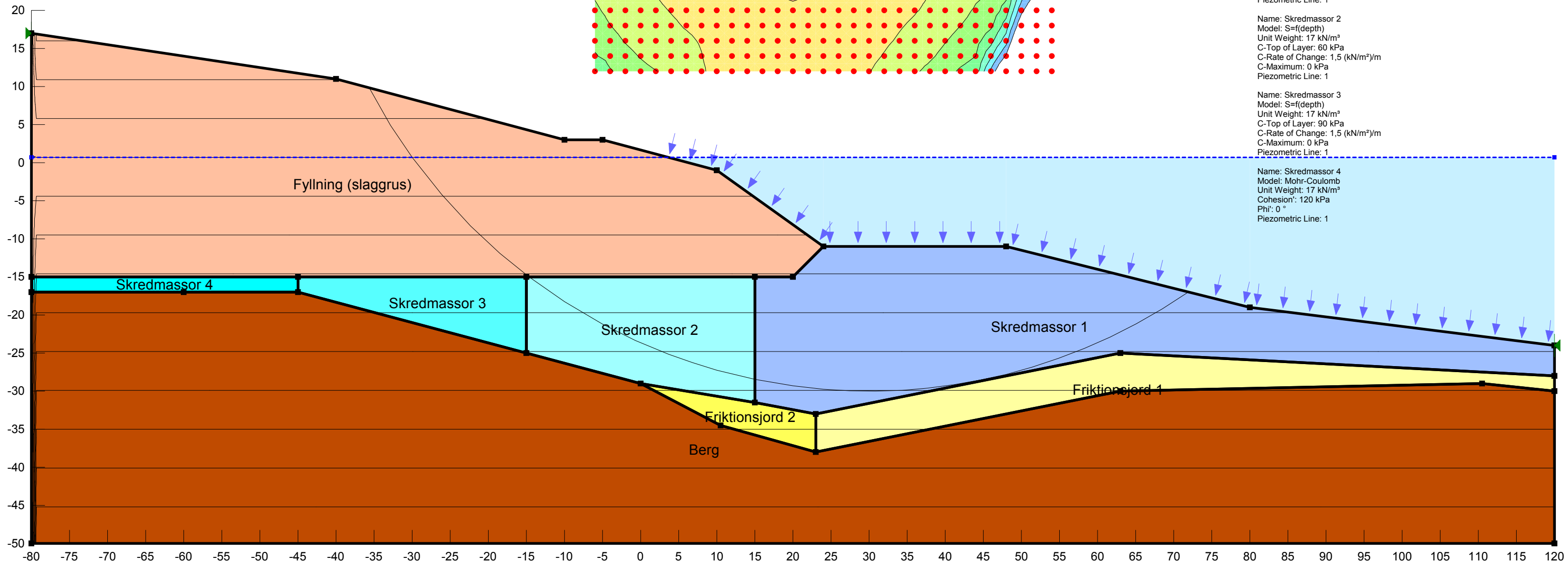
Bilaga 7

Lövsta KVV Energihamn
 Västra tippen
 Sektion 2 (Befintlig slänt)
 Fall 1 (Lös fyllning)
 Odränerad analys

Resisting Moment: 452 660,12 kN-m
 Activating Moment: 385 527,19 kN-m
 Center: (30; 44) m
 Radius: 74 m

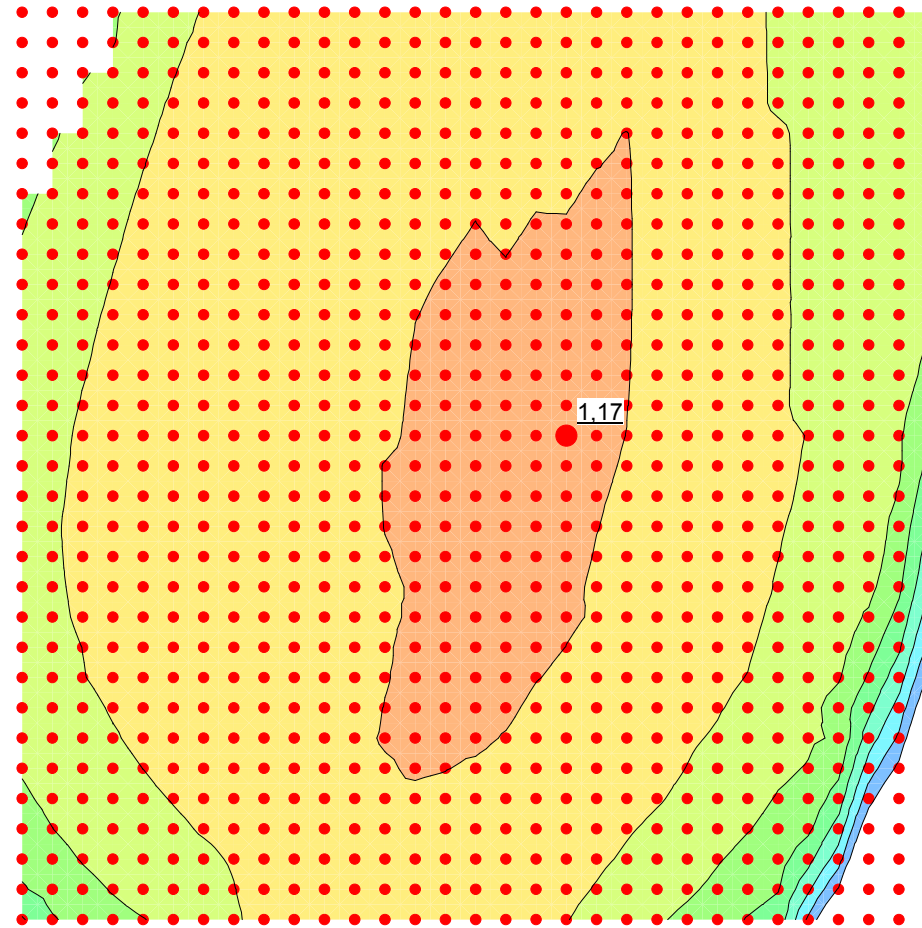
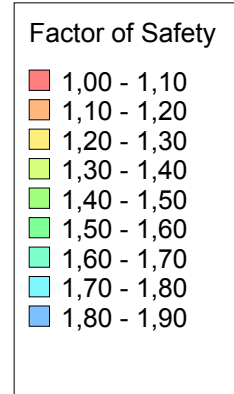


- Name: Berg
 Model: Bedrock (Impenetrable)
 Piezometric Line: 1
- Name: Friktionsjord 1
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 28 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Friktionsjord 2
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 35 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Fyllning (slaggrus)
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 22 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 35 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 19 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Skredmassor 1
 Model: S=f(depth)
 Unit Weight: 17 kN/m³
 C-Top of Layer: 5 kPa
 C-Rate of Change: 1,5 (kN/m²)/m
 C-Maximum: 0 kPa
 Piezometric Line: 1
- Name: Skredmassor 2
 Model: S=f(depth)
 Unit Weight: 17 kN/m³
 C-Top of Layer: 60 kPa
 C-Rate of Change: 1,5 (kN/m²)/m
 C-Maximum: 0 kPa
 Piezometric Line: 1
- Name: Skredmassor 3
 Model: S=f(depth)
 Unit Weight: 17 kN/m³
 C-Top of Layer: 90 kPa
 C-Rate of Change: 1,5 (kN/m²)/m
 C-Maximum: 0 kPa
 Piezometric Line: 1
- Name: Skredmassor 4
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 17 kN/m³
 Cohesion: 120 kPa
 Phi: 0 °
 Piezometric Line: 1

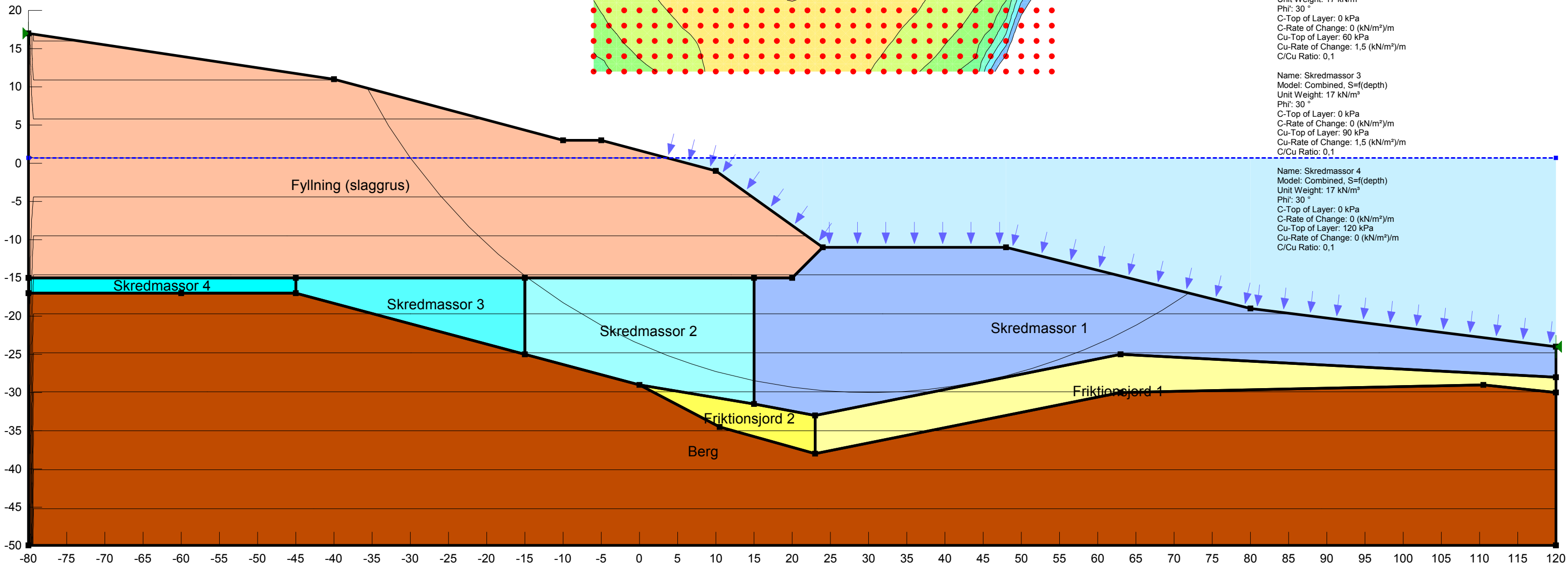


Lövsta KVV Energihamn
 Västra tippen
 Sektion 2 (Befintlig slänt)
 Fall 1 (Lös fyllning)
 Kombinerad analys

Resisting Moment: 452 707,66 kN-m
 Activating Moment: 385 527,19 kN-m
 Center: (30; 44) m
 Radius: 74 m

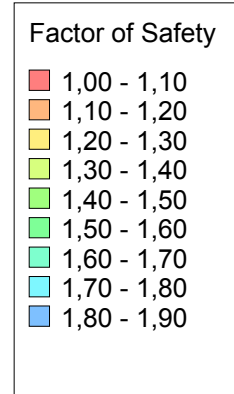


- Name: Berg
Model: Bedrock (Impenetrable)
- Name: Friktionsjord 1
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 28 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
- Name: Friktionsjord 2
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
- Name: Fyllning (slaggrus)
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 22 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 19 kN/m³
- Name: Skredmassor 1
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 17 kN/m³
Phi: 30 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
Cu-Top of Layer: 5 kPa
Cu-Rate of Change: 1,5 (kN/m²)/m
C/Cu Ratio: 0
- Name: Skredmassor 2
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 17 kN/m³
Phi: 30 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
Cu-Top of Layer: 60 kPa
Cu-Rate of Change: 1,5 (kN/m²)/m
C/Cu Ratio: 0,1
- Name: Skredmassor 3
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 17 kN/m³
Phi: 30 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
Cu-Top of Layer: 90 kPa
Cu-Rate of Change: 1,5 (kN/m²)/m
C/Cu Ratio: 0,1
- Name: Skredmassor 4
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 17 kN/m³
Phi: 30 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
Cu-Top of Layer: 120 kPa
Cu-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
C/Cu Ratio: 0,1

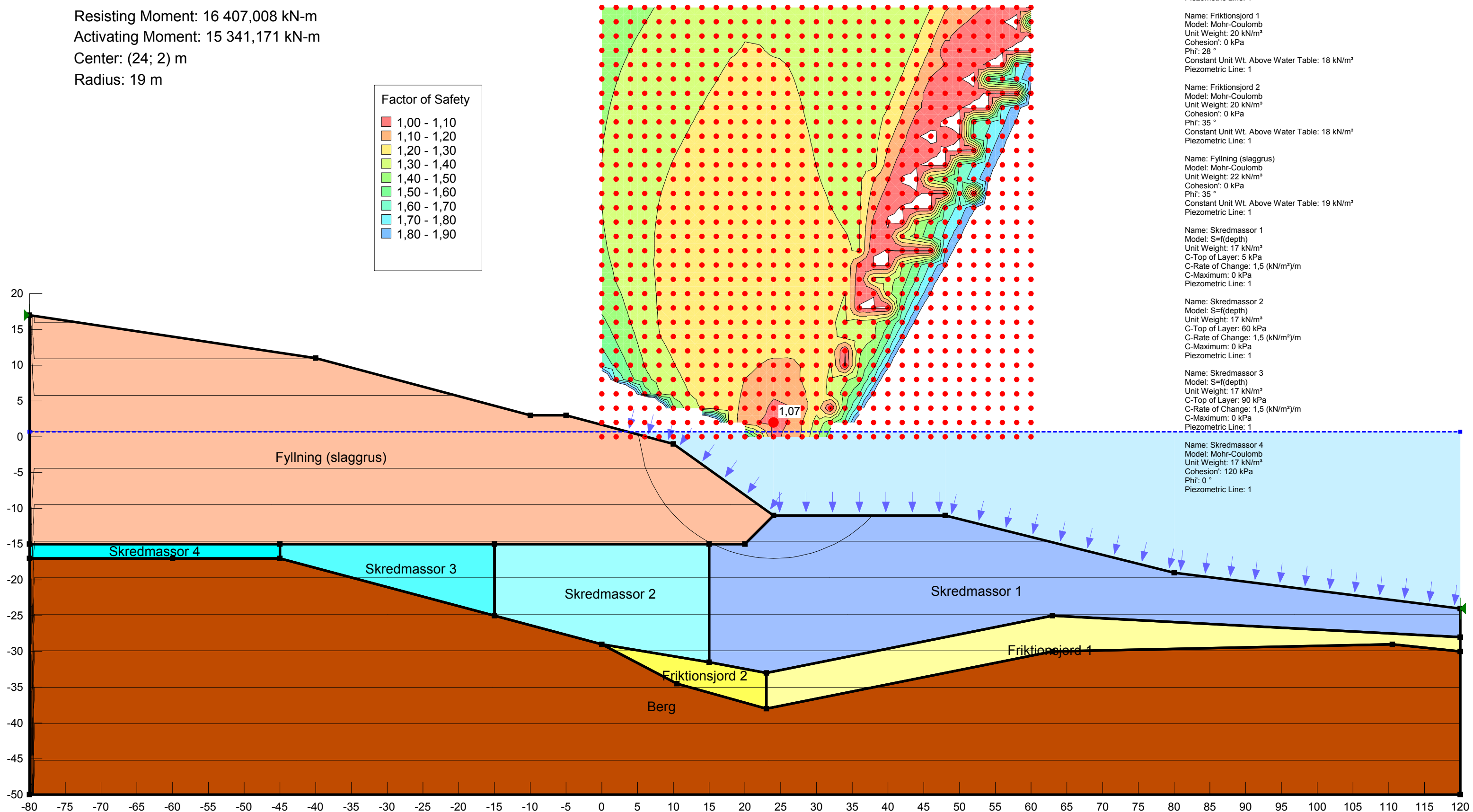


Lövsta KVV Energihamn
 Västra tippen
 Sektion 2 (Befintlig slänt)
 Fall 1 (Lös fyllning)
 Odränerad analys

Resisting Moment: 16 407,008 kN-m
 Activating Moment: 15 341,171 kN-m
 Center: (24; 2) m
 Radius: 19 m

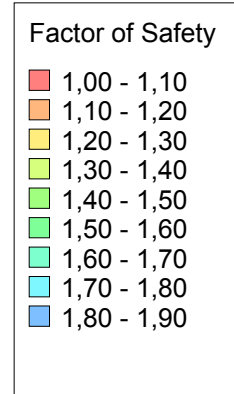


- Name: Berg
 Model: Bedrock (Impenetrable)
 Piezometric Line: 1
- Name: Friktionsjord 1
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 28 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Friktionsjord 2
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 35 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Fyllning (slaggrus)
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 22 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 35 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 19 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Skredmassor 1
 Model: S=f(depth)
 Unit Weight: 17 kN/m³
 C-Top of Layer: 5 kPa
 C-Rate of Change: 1,5 (kN/m²)/m
 C-Maximum: 0 kPa
 Piezometric Line: 1
- Name: Skredmassor 2
 Model: S=f(depth)
 Unit Weight: 17 kN/m³
 C-Top of Layer: 60 kPa
 C-Rate of Change: 1,5 (kN/m²)/m
 C-Maximum: 0 kPa
 Piezometric Line: 1
- Name: Skredmassor 3
 Model: S=f(depth)
 Unit Weight: 17 kN/m³
 C-Top of Layer: 90 kPa
 C-Rate of Change: 1,5 (kN/m²)/m
 C-Maximum: 0 kPa
 Piezometric Line: 1
- Name: Skredmassor 4
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 17 kN/m³
 Cohesion: 120 kPa
 Phi: 0 °
 Piezometric Line: 1



Lövsta KVV Energihamn
 Västra tippen
 Sektion 2 (Befintlig slänt)
 Fall 1 (Lös fyllning)
 Kombinerad analys

Resisting Moment: 16 410,125 kN-m
 Activating Moment: 15 341,171 kN-m
 Center: (24; 2) m
 Radius: 19 m



- Name: Berg
Model: Bedrock (Impenetrable)

- Name: Friktionsjord 1
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 28 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³

- Name: Friktionsjord 2
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 22 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³

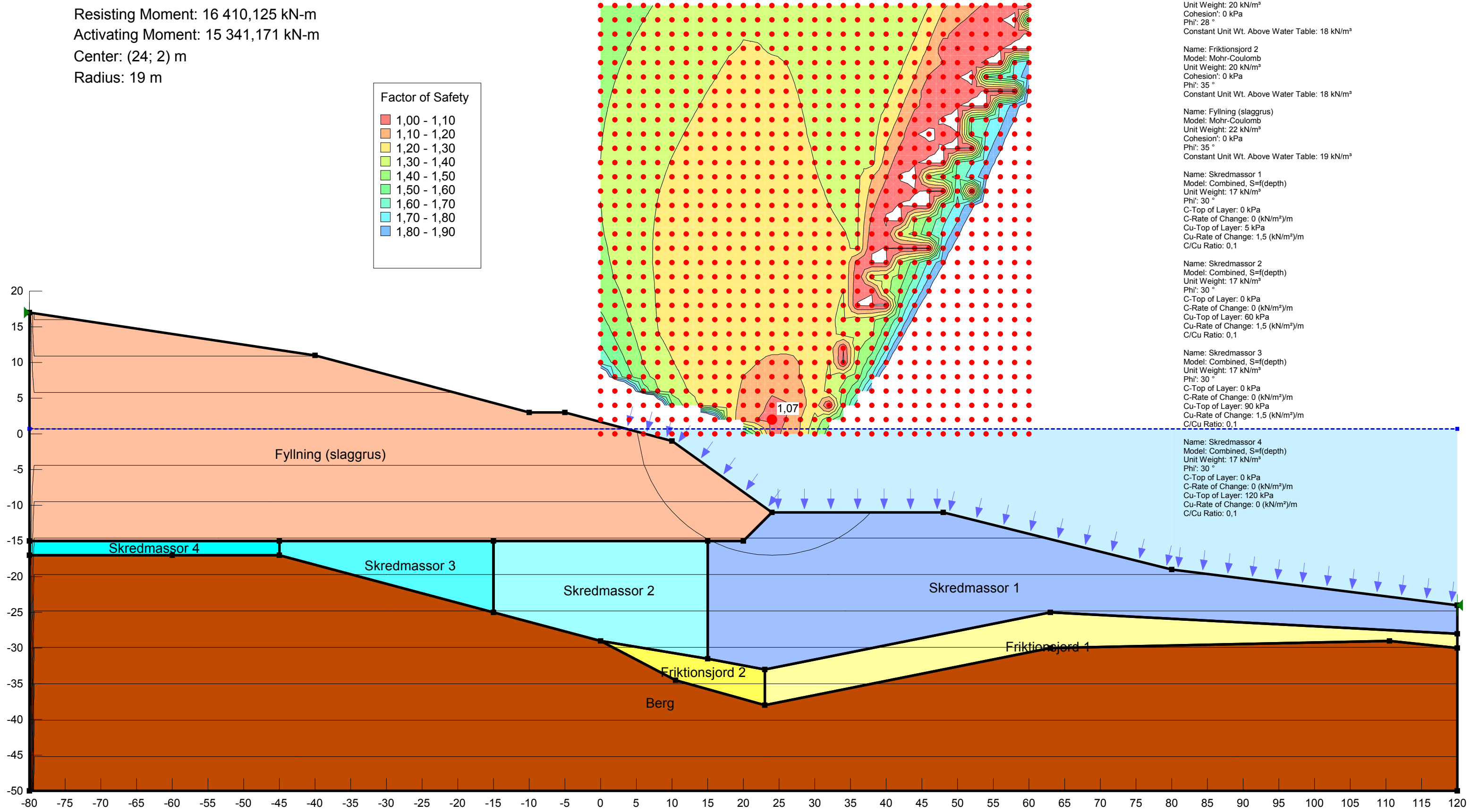
- Name: Fyllning (slaggrus)
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 22 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 19 kN/m³

- Name: Skredmassor 1
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 17 kN/m³
Phi: 30 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
Cu-Top of Layer: 5 kPa
Cu-Rate of Change: 1,5 (kN/m²)/m
C/Cu Ratio: 0,1

- Name: Skredmassor 2
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 17 kN/m³
Phi: 30 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
Cu-Top of Layer: 60 kPa
Cu-Rate of Change: 1,5 (kN/m²)/m
C/Cu Ratio: 0,1

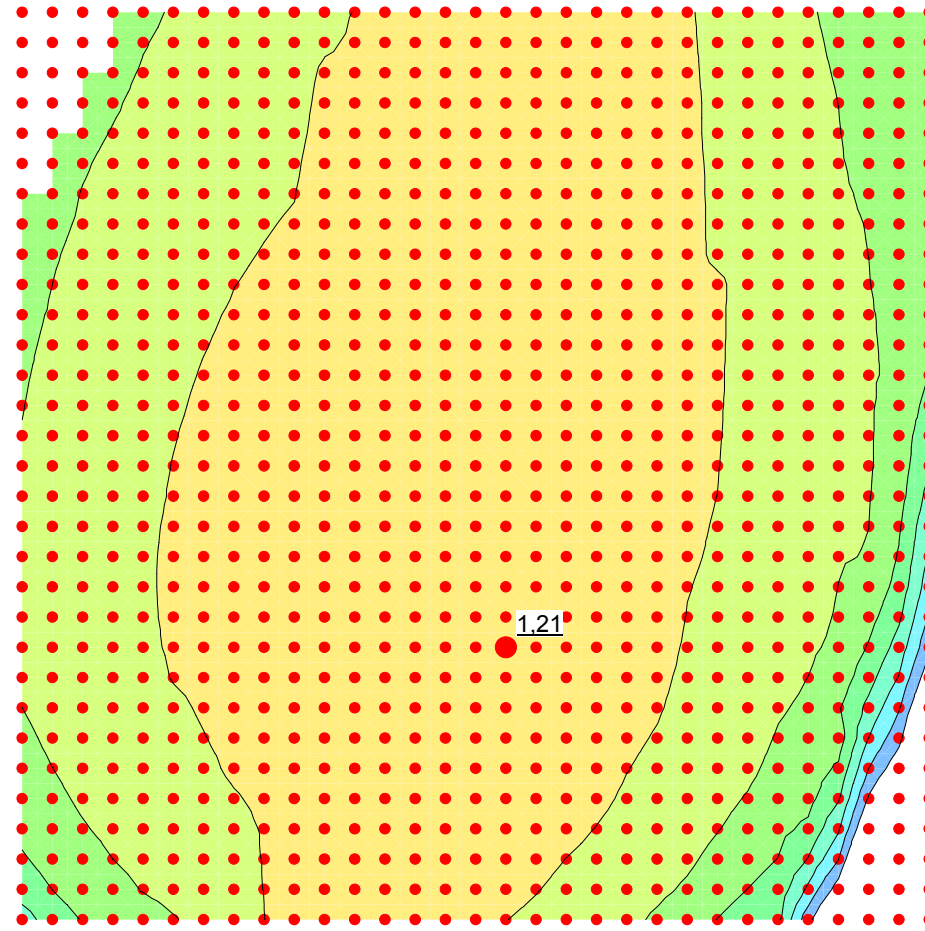
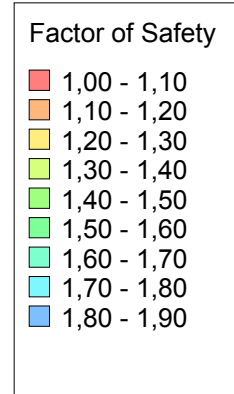
- Name: Skredmassor 3
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 17 kN/m³
Phi: 30 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
Cu-Top of Layer: 90 kPa
Cu-Rate of Change: 1,5 (kN/m²)/m
C/Cu Ratio: 0,1

- Name: Skredmassor 4
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 17 kN/m³
Phi: 30 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
Cu-Top of Layer: 120 kPa
Cu-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
C/Cu Ratio: 0,1

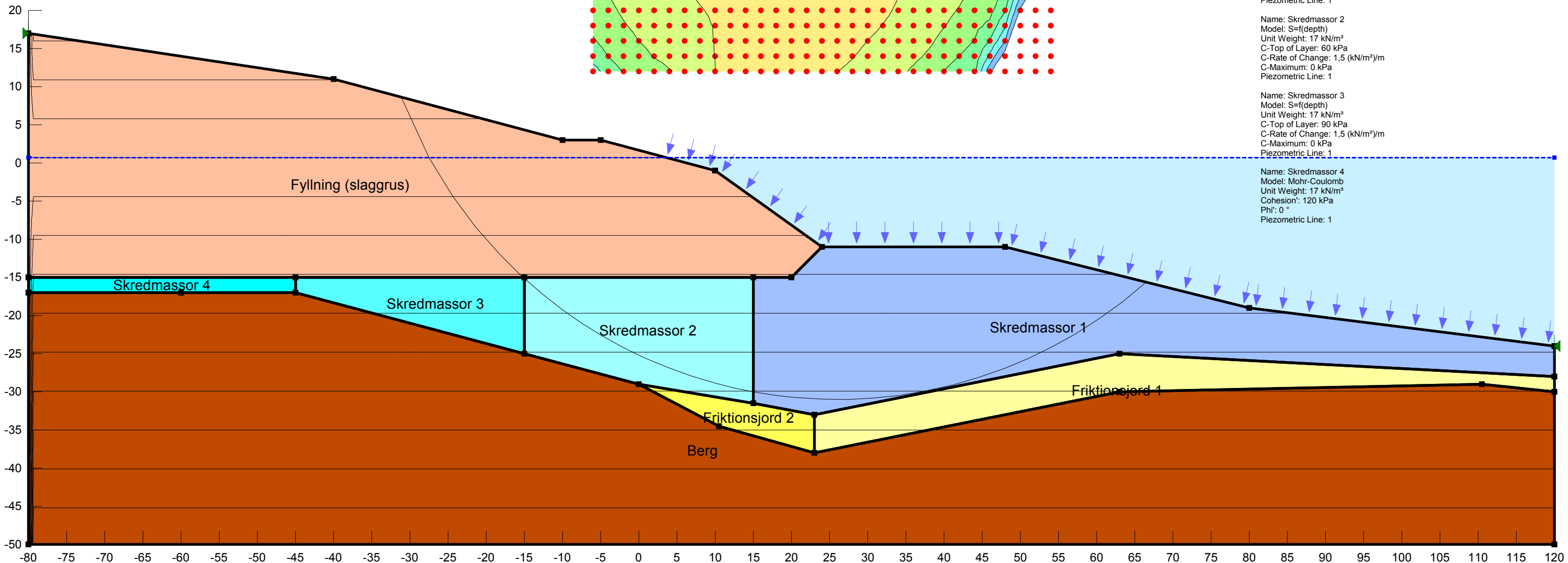


Lövsta KVV Energihamn
 Västra tippen
 Sektion 2 (Befintlig slänt)
 Fall 2 (Fast fyllning)
 Odränerad analys

Resisting Moment: 358 099,17 kN-m
 Activating Moment: 296 108,2 kN-m
 Center: (26; 30) m
 Radius: 61 m

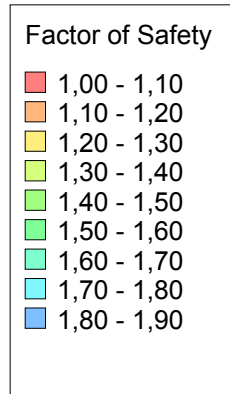


- Name: Berg
 Model: Bedrock (Impenetrable)
 Piezometric Line: 1
- Name: Friktionsjord 1
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 28 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Friktionsjord 2
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 35 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Fyllning (slaggrus)
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 22 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 38 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 19 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Skredmassor 1
 Model: S=f(depth)
 Unit Weight: 17 kN/m³
 C-Top of Layer: 5 kPa
 C-Rate of Change: 1,5 (kN/m²)/m
 C-Maximum: 0 kPa
 Piezometric Line: 1
- Name: Skredmassor 2
 Model: S=f(depth)
 Unit Weight: 17 kN/m³
 C-Top of Layer: 60 kPa
 C-Rate of Change: 1,5 (kN/m²)/m
 C-Maximum: 0 kPa
 Piezometric Line: 1
- Name: Skredmassor 3
 Model: S=f(depth)
 Unit Weight: 17 kN/m³
 C-Top of Layer: 90 kPa
 C-Rate of Change: 1,5 (kN/m²)/m
 C-Maximum: 0 kPa
 Piezometric Line: 1
- Name: Skredmassor 4
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 17 kN/m³
 Cohesion: 120 kPa
 Phi: 0 °
 Piezometric Line: 1

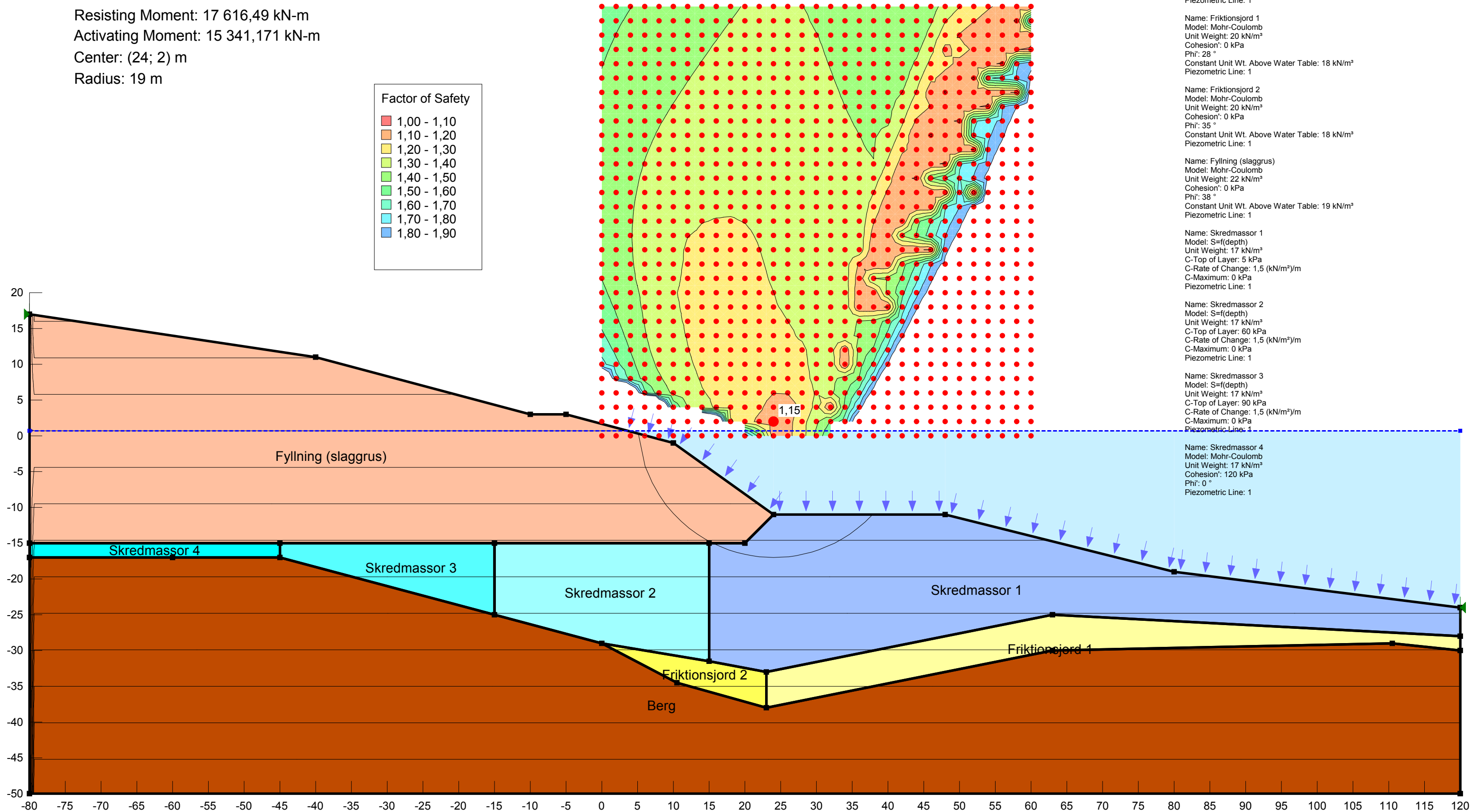


Lövsta KVV Energihamn
 Västra tippen
 Sektion 2 (Befintlig slänt)
 Fall 2 (Fast fyllning)
 Odränerad analys

Resisting Moment: 17 616,49 kN-m
 Activating Moment: 15 341,171 kN-m
 Center: (24; 2) m
 Radius: 19 m



- Name: Berg
 Model: Bedrock (Impenetrable)
 Piezometric Line: 1
- Name: Friktionsjord 1
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 28 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Friktionsjord 2
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 35 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Fyllning (slaggrus)
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 22 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 38 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 19 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Skredmassor 1
 Model: S=f(depth)
 Unit Weight: 17 kN/m³
 C-Top of Layer: 5 kPa
 C-Rate of Change: 1,5 (kN/m²)/m
 C-Maximum: 0 kPa
 Piezometric Line: 1
- Name: Skredmassor 2
 Model: S=f(depth)
 Unit Weight: 17 kN/m³
 C-Top of Layer: 60 kPa
 C-Rate of Change: 1,5 (kN/m²)/m
 C-Maximum: 0 kPa
 Piezometric Line: 1
- Name: Skredmassor 3
 Model: S=f(depth)
 Unit Weight: 17 kN/m³
 C-Top of Layer: 90 kPa
 C-Rate of Change: 1,5 (kN/m²)/m
 C-Maximum: 0 kPa
 Piezometric Line: 1
- Name: Skredmassor 4
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 17 kN/m³
 Cohesion: 120 kPa
 Phi: 0 °
 Piezometric Line: 1



Bilaga 8

Lövsta KVV Energhamn
 Västra tippen
 Sektion 3 (Befintlig slänt)
 Fall 1 (Lös fyllning)
 Odränerad analys

Name: Berg
 Model: Bedrock (Impenetrable)
 Piezometric Line: 1

Name: Sprängsten
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion': 0 kPa
 Phi': 38 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1

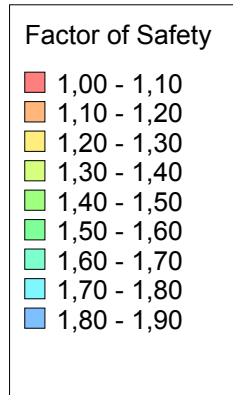
Name: Skredmassor 1
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 16 kN/m³
 Cohesion': 20 kPa
 Phi': 0 °
 Piezometric Line: 1

Name: Skredmassor 2
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 17 kN/m³
 Cohesion': 30 kPa
 Phi': 0 °
 Piezometric Line: 1

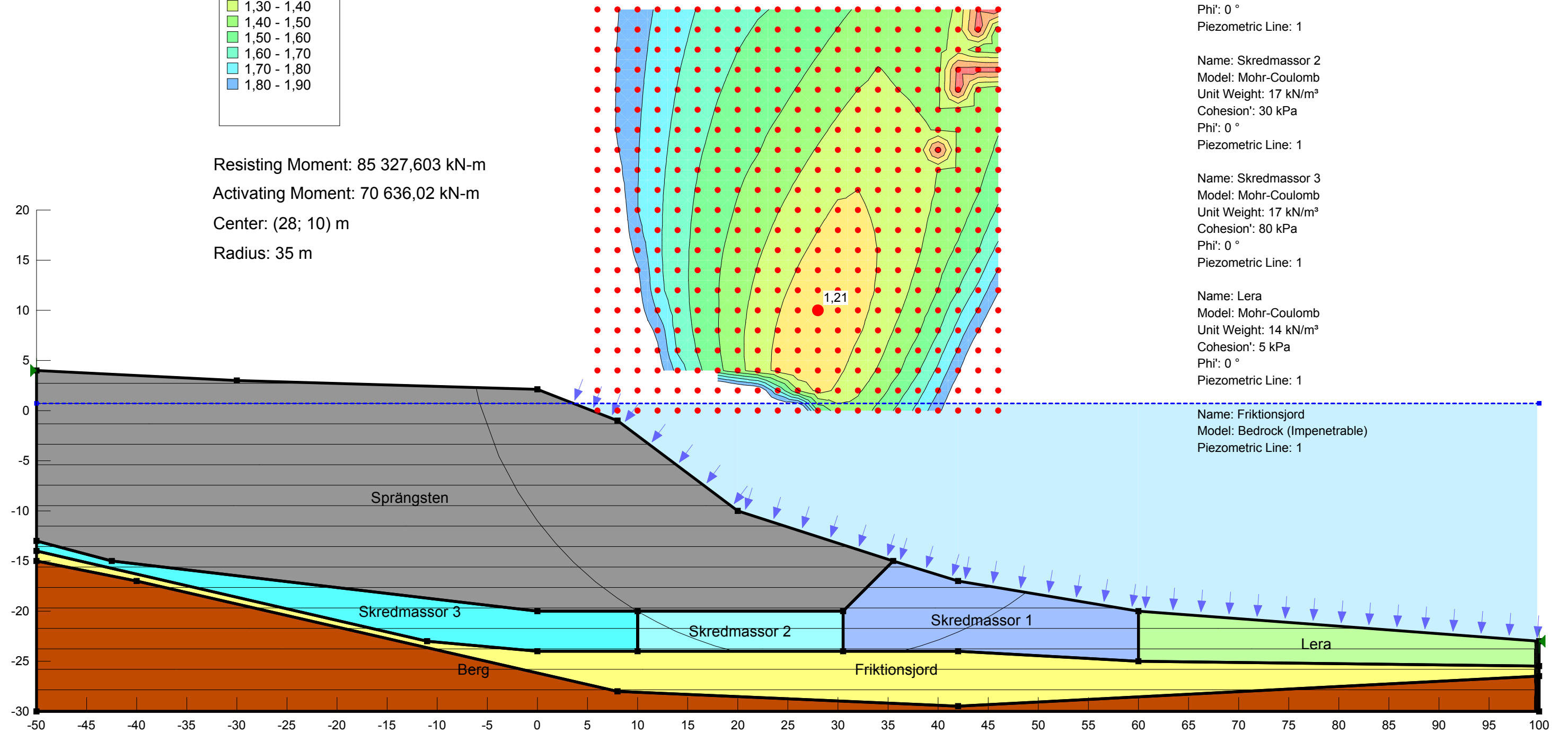
Name: Skredmassor 3
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 17 kN/m³
 Cohesion': 80 kPa
 Phi': 0 °
 Piezometric Line: 1

Name: Lera
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 14 kN/m³
 Cohesion': 5 kPa
 Phi': 0 °
 Piezometric Line: 1

Name: Friktionsjord
 Model: Bedrock (Impenetrable)
 Piezometric Line: 1



Resisting Moment: 85 327,603 kN-m
 Activating Moment: 70 636,02 kN-m
 Center: (28; 10) m
 Radius: 35 m



Lövsta KVV Energihamn
 Västra tippen
 Sektion 3 (Befintlig slänt)
 Fall 2 (Fast fyllning)
 Odränerad analys

Name: Berg
 Model: Bedrock (Impenetrable)
 Piezometric Line: 1

Name: Sprängsten
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 42 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1

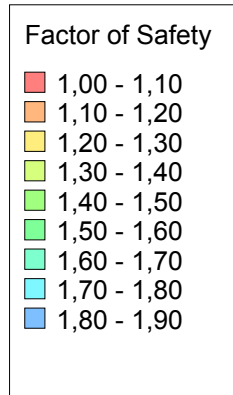
Name: Skredmassor 1
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 16 kN/m³
 Cohesion: 20 kPa
 Phi: 0 °
 Piezometric Line: 1

Name: Skredmassor 2
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 17 kN/m³
 Cohesion: 30 kPa
 Phi: 0 °
 Piezometric Line: 1

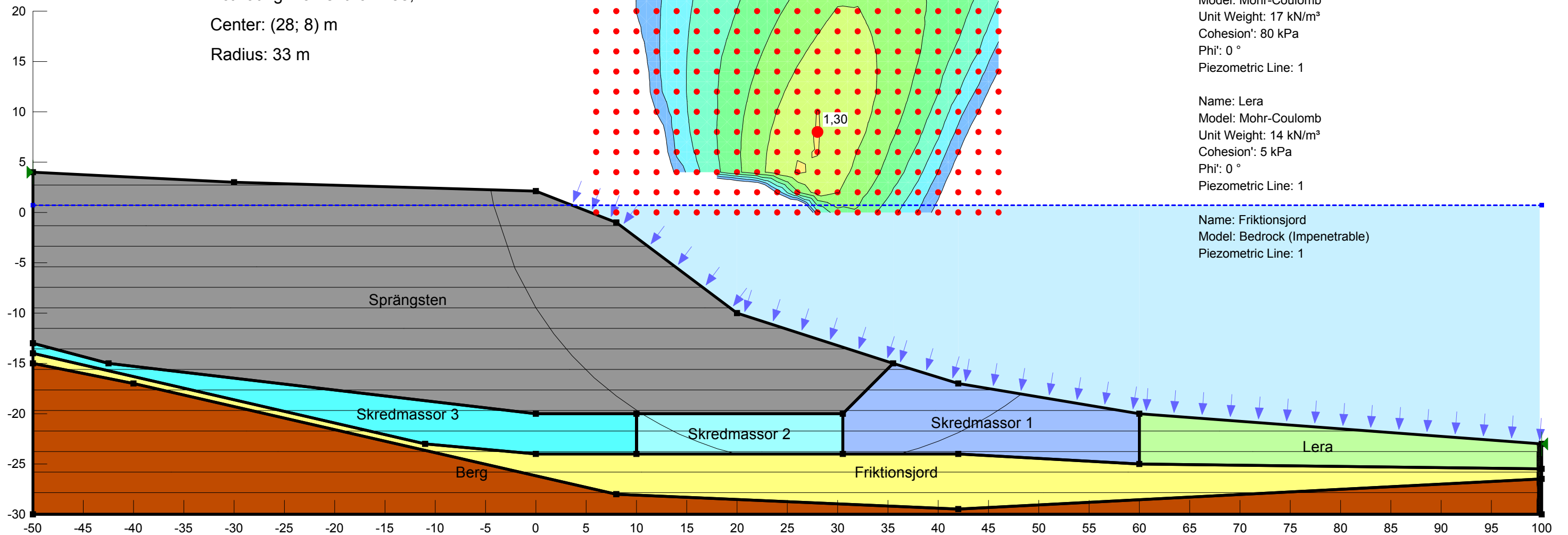
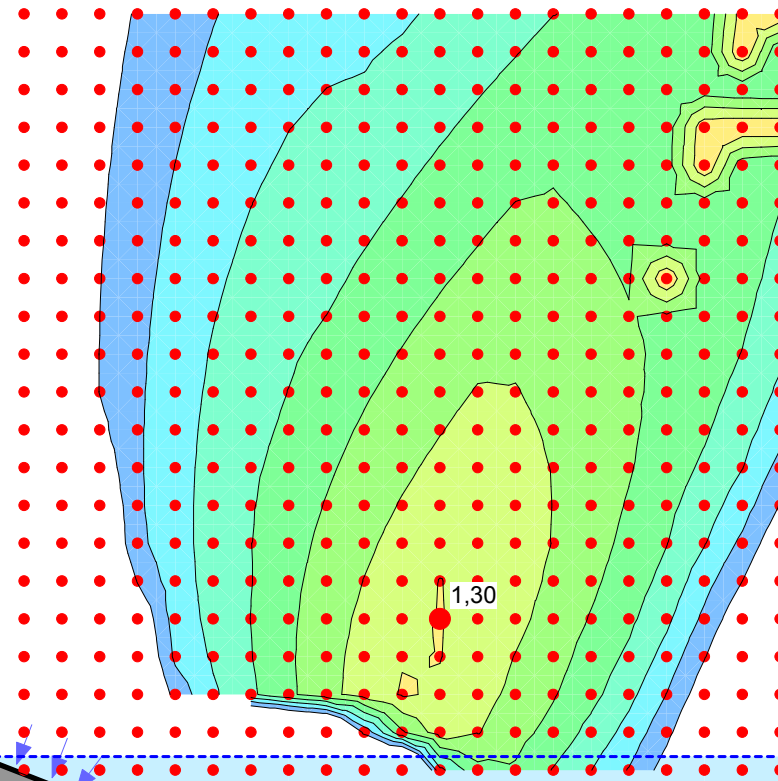
Name: Skredmassor 3
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 17 kN/m³
 Cohesion: 80 kPa
 Phi: 0 °
 Piezometric Line: 1

Name: Lera
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 14 kN/m³
 Cohesion: 5 kPa
 Phi: 0 °
 Piezometric Line: 1

Name: Friktionsjord
 Model: Bedrock (Impenetrable)
 Piezometric Line: 1



Resisting Moment: 81 310,99 kN-m
 Activating Moment: 62 758,777 kN-m
 Center: (28; 8) m
 Radius: 33 m



Lövsta KVV Energihamn

Sättningar

Rev	Datum		Revideringen avser		Signatur
Dokumentnamn					
A977 Sättningar.docx					
Granskad av: Hans Klingenberg				Granskningsdatum	
Upprättad av: David Horn					
2019-10-01	Solna	David Horn	Lövsta KVV Energihamn	A977	-
Datum	Ort	Namn	Arbetsnamn	Uppdragsnr.	Rev

Upprättad av
David Horn

Ort, datum
2019-10-01

Uppdragsnummer
A977

Reviderad den

Arbetsnamn
Lövsta KVV Energihamn

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	1
0 ALLMÄNT	2
0.1 STYRANDE DOKUMENT	2
1 ADMINISTRATIVA UPPGIFTER	3
2 BAKGRUND	3
3 GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN	5
3.1 PLAN- OCH HÖJDSYSTEM	5
3.2 UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR	5
4 SÄTTNINGSBERÄKNINGAR	6
4.1 BERÄKNINGSMETODIK	6
4.2 BERÄKNINGSMODELL	6
4.3 BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR	6
4.3.1 <i>Jordprofil</i>	6
4.3.2 <i>Portryck och grundvatten</i>	6
4.3.3 <i>Materialparametrar</i>	6
4.3.4 <i>Kryppparametrar</i>	7
4.4 RESULTAT	8

Sättningar

Upprättad av
David Horn

Ort, datum
2019-10-01

Uppdragsnummer
A977

Reviderad den

Arbetsnamn
Lövsta KVV Energihamn

Bilagor

1. MUR med tillhörande ritningar, upprättad av Sweco 2019-06-17 (Bifogas ej)
2. Sättningsberäkningar, daterade 2019-05-07 (Bifogas ej)

Upprättad av
David Horn

Ort, datum
2019-10-01

Uppdragsnummer
A977

Reviderad den

Arbetsnamn
Lövsta KVV Energihamn

SAMMANFATTNING

På uppdrag av Stockholm Exergi har KFS utfört en sättningsutredning inom området bakom kajen.

Sättningsberäkningar har utförts med en förenklad geometri och jordprofil för en grov uppskattning av totalsättningarna och hur lång tid det tar för sättningarna att utvecklas i fyllningen bakom kajen.

Beräkningar har utförts i sektion A, 0/100, efter utfyllnad från bottennivån ca -5,0 upp till nivån +3,4 och i sektion B, 0/200, efter utfyllnad från bottennivån ca -5,5 upp till nivån +3,5.

Med antagna förutsättningar bedöms sättningarna i sektion A uppgå till 34 cm utan krypning och 48 cm med krypning och i sektion B uppgå till 42 cm utan krypning och 65 cm med krypning. Sättningar beräknade med krypning är ca 50 % större än beräknade sättningar utan krypning. Ett (1) år efter det att utfyllnadsarbetena avslutats kvarstår ca 10 cm av sättningarna.

Med en permeabilitet motsvarande finsilt bedöms det ta ca 5 år innan 90 % konsolidering uppnåtts.

Upprättad av
David Horn

Ort, datum
2019-10-01

Uppdragsnummer
A977

Reviderad den

Arbetsnamn
Lövsta KVV Energihamn

0 ALLMÄNT

0.1 Styrande dokument

Grundförfattning:

BFS 2015:6 EKS 10

beslutade 2015-10-27

Tekniska råd:

TK Geo 13 (TDOK 2013:0667)

Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner

TR Geo 13 (TDOK 2013:0668)

Trafikverkets tekniska råd för geokonstruktioner

IEG Rapport 2:2008, Rev 3

Tillämpningsdokument Grunderna i Eurokod 7

Beräkningsstandard:

SS-EN 1997 (EK7),

1997-1

publicerad 2010-04-27

1997-1:2005/AC:2009

publicerad 2009-03-26

Ort, datum
2019-10-01Uppdragsnummer
A977Upprättad av
David Horn

Reviderad den

Arbetsnamn
Lövsta KVV Energihamn

1 ADMINISTRATIVA UPPGIFTER

Konstruktör: KFS AnläggningsKonstruktörer ABKontaktpersoner: Hans Klingenberg, hans.klingenberg@kfs.se, 08-470 05 62
David Horn, david.horn@kfs.se, 08-470 05 71**Beställare:** Stockholm Exergi

KFS AnläggningsKonstruktörer AB:s ledningssystem är certifierat i enlighet med SS-EN ISO 9001:2008 och SS-EN ISO 14001:2004.

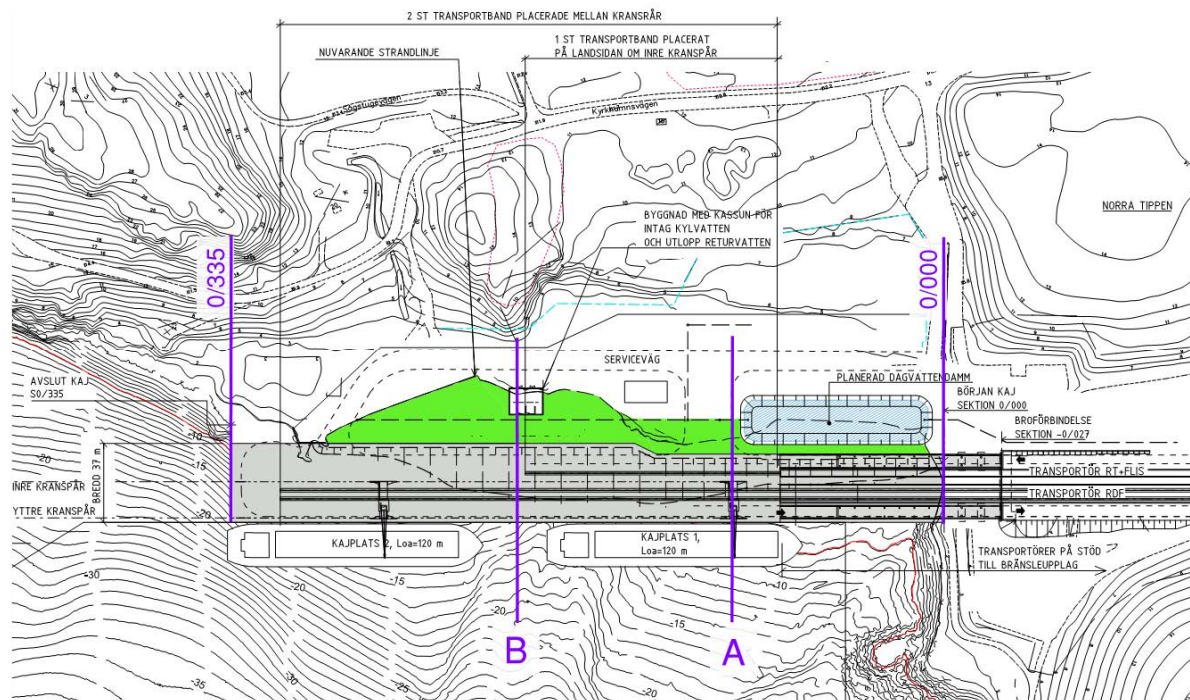
Certifieringsnummer: 5080, 5080 M.

Certifieringsorgan: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

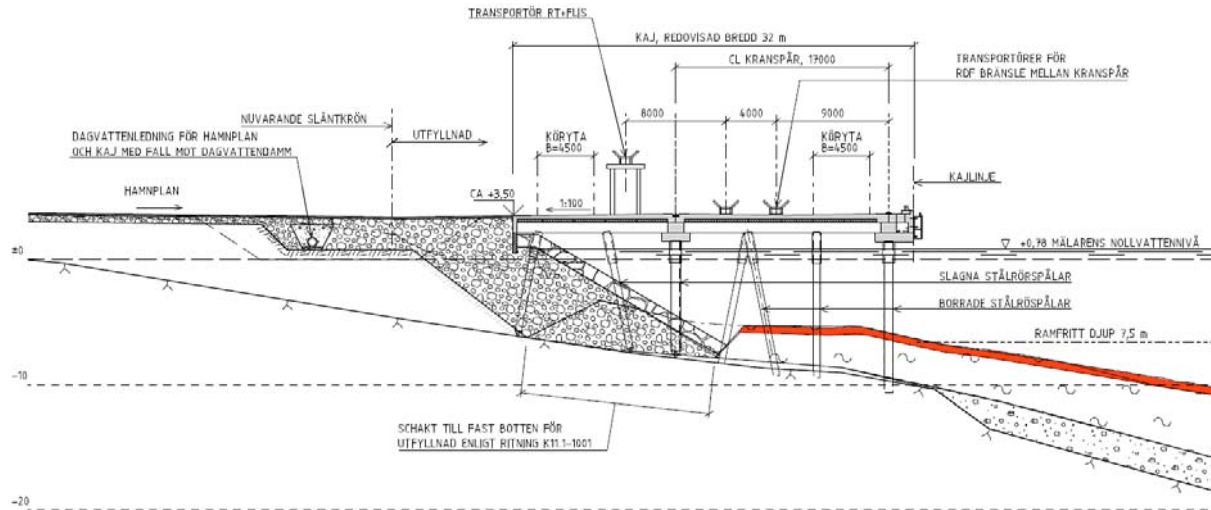
2 BAKGRUND

Följande beräkningar har upprättats för att bedöma sättningar och tidsförlopp vid utfyllnad i vattenområdet bakom kajen.

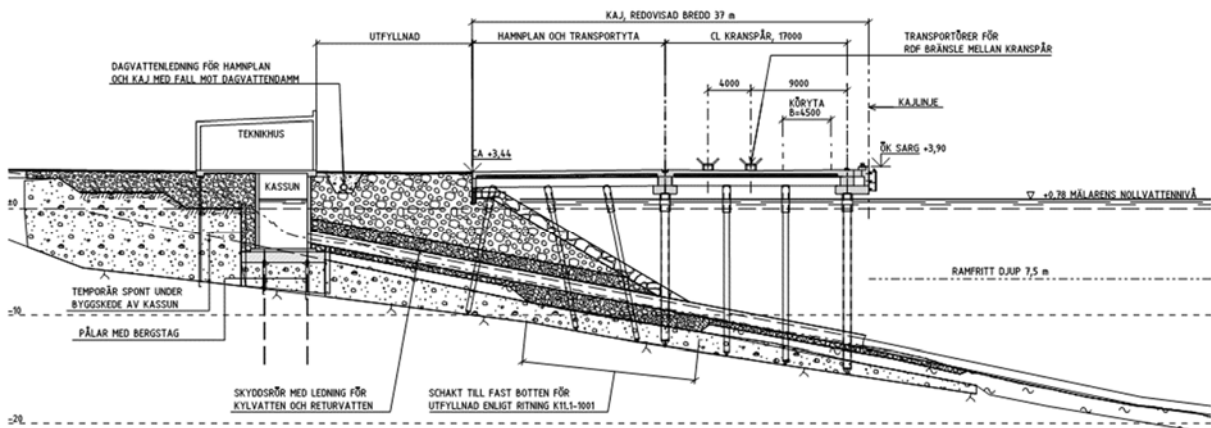
Studerat förslag till utfyllnad redovisas på översiktsplan, figur 2.1, i kajsektion 0/100, figur 2.2, och i kajsektion 0/200, figur 2.3. Läget för valda borrhål framgår av figur 2.4.



Figur 2.1. Översiktsplan med studerade sektioner A-D. Utfyllt område är markerat med grönt.
(Utdrag ur KFS ritning K10-10.1-1001)



Figur 2.2. Utfyllnad i sektion A, 0/100.



Figur 2.3. Utfyllnad i sektion B, 0/200.

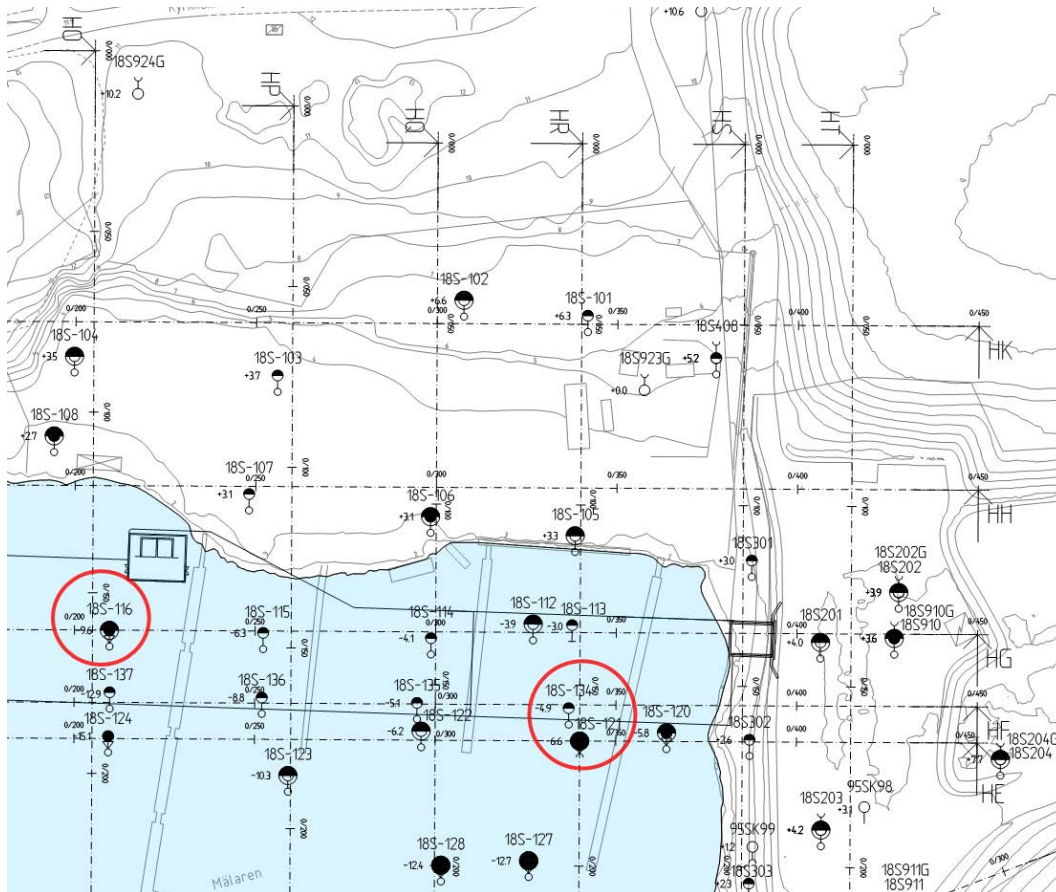
Ort, datum
2019-10-01

Uppdragsnummer
A977

Upprättad av
David Horn

Reviderad den

Arbetsnamn
Lövsta KVV Energihamn



Figur 2.4. Läge för borrhål 18S-116 vid sektion HO (0/180) och borrhål 18S-121 vid sektion HR (0/050).

3 GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN

3.1 Plan- och höjdsystem

Höjdsystem: RH 2000
Koordinatsystem: SWEREF 99 18 00

3.2 Utförda undersökningar

Undersökningar utförda av Sweco inom detta projekt redovisas i bilaga 1.

Upprättad av
David Horn

Ort, datum
2019-10-01

Uppdragsnummer
A977

Reviderad den

Arbetsnamn
Lövsta KVV Energihamn

4 SÄTTNINGSBERÄKNINGAR

4.1 Beräkningsmetodik

Beräkna slutsättningen, tidpunkt för när 90% konsolidering inträffar samt kvarstående sättning 1 år efter avslutad utfyllning.

Sättningsberäkningarna har utförts med följande antaganden.

- normalkonsoliderad lera
- permeabilitet motsvarande finsilt
- dubbelsidig dränering

4.2 Beräkningsmodell

Sättningsberäkningar har utförts med programmet GeoSuite Settlement version 16 med jordmodellerna "Chalmersmodellen utan krypning" och "Chalmersmodellen med krypning".

4.3 Beräkningsförutsättningar

4.3.1 Jordprofil

En förenklad jordprofil har antagits enligt figur 2.2, sektion A, och figur 2.3, sektion B. Jordprofilerna har antagits enligt underlag från borrhål 18S-116 och 18S-121. I beräkningarna är sulfidhaltig lera benämnt som lera.

Sektion A

Lerans mäktighet antas vara 1 m.

Materialparametrar enligt borrhål 18S-121 har antagits gälla.

Färdig mark antas vara på nivån +3,4. Befintlig bottennivå antas vara på nivån -5,0.
8,4 m fyllning motsvarar en tillskottsspänning på ca 110 kPa.

Sektion B

Lerans mäktighet antas vara 2 m.

Materialparametrar enligt borrhål 18S-116 har antagits gälla.

Färdig mark antas vara på nivån +3,5. Befintlig bottennivå antas vara på nivån -5,5.
9 m fyllning motsvarar en tillskottsspänning på ca 120 kPa.

4.3.2 Portryck och grundvatten

Hydrostatiskt tryck råder från havsvattennivån. I beräkningarna antas nivån +0,7, vilket ungefär motsvarar MW = +0,87.

4.3.3 Materialparametrar

Lerans tunghet har antagits till 15 kN/m³.

Upprättad av
 David Horn

 Ort, datum
 2019-10-01

 Uppdragsnummer
 A977

Reviderad den

 Arbetsnamn
 Lövsta KVV Energihamn

σ'_c , σ'_L , M_L och M' har valts från resultat av undersökningar i borrhål 18S-116 och 18S-121.

Leran antas vara normalkonsoliderad.

M_0 är beräknat enligt $M_0 = 250 \cdot c_u$.

a_0 och a_1 har antagits till 0,8 respektive 1,0.

Materialparametrar för permeabilitet (k_i och β_k) har valts från resultat av undersökningar i borrhål 18S-116 och 18S-121.

Värdena uppgår till ca $2 \cdot 10^{-9}$ m/s (0,070 m/år), vilket motsvarar permeabiliteten för finsilt.

Valda materialparametrar redovisas för punkt 18S-116 i tabell 4.1 och för punkt 18S-121 i tabell 4.2.

Tabell 4.1. Förutsättningar för sättningsberäkningar i 18S-116.

Lager	Djup [m]	M_0 [kN/m ²]	M_L [kN/m ²]	M' [-]	σ'_c [kN/m ²]	σ'_L [kN/m ²]	k_i [m/år]	β_k [-]
Lera	0-2	1500	264	15,5	13	36	0,060	1,8

Tabell 4.2. Förutsättningar för sättningsberäkningar i 18S-121.

Lager	Djup [m]	M_0 [kN/m ²]	M_L [kN/m ²]	M' [-]	σ'_c [kN/m ²]	σ'_L [kN/m ²]	k_i [m/år]	β_k [-]
Lera	0-1	1250	97	11,5	12	23	0,075	3,2

4.3.4 Kryppparametrar

Krypning har beräknats med kryppparametrar beräknade enligt Chalmersmodellen. Då konsolideringsgraden varierar för de olika lastfallen har kryptalen beräknats för respektive modell.

Referenstiden, t_{ref} , är satt till ungefär 1 dag (motsvarar $\approx 0,00274$ år i modellen).

b_1 har antagits vara 1,10.

b_0 har räknats ut enligt $b_0 = \sigma'_0 / \sigma'_c = OCR^{-1}$.

Med normalkonsoliderad lera (OCR=1) blir $b_0 = 1$.

Punkt 18S-116

Kryptalet r_1 kan räknas ut enligt $r_1 = 75 / w_N^{1.5}$. I punkt 18S-116 är vattenkvoten, w_N , 103 %, vilket ger $r_1 = 72$.

Enligt TR Geo 13 kap 5.2.2.3.6 kan kryptalet räknas ut enligt $r_s = \ln 10 / \alpha_s$. Enligt TR Geo 13 Tab 5.2-1 är $\alpha_{s \max} = 0,021$ (vid $w_N = 100\%$) för sulfidlera, vilket ger $r_1 = 110$.

I beräkningarna har $r_1 = 90$ valts.

För spänningssituationer över förkonsolideringstrycket ($\sigma'_0 + \Delta\sigma'_0 \geq \sigma'_c$) kan kryptalet r_0 räknas ut enligt ekvation $r_0 = \psi \cdot (b_1 - b_0) + r_1$.

ψ kan väljas mellan 2000 – 3000. I beräkningarna har $\psi = 2500$ valts.

Med normalkonsoliderad lera (OCR=1) blir $r_0 = 2500 \cdot (1,1 - 1) + 90 = 250 + 90 = 340$.

Upprättad av
David Horn

Ort, datum
2019-10-01

Uppdragsnummer
A977

Reviderad den

Arbetsnamn
Lövsta KVV Energihamn

Punkt 18S-121

I punkt 18S-121 är vattenkvoten, w_N , 119 %, vilket ger $r_1 = 57$. Enligt TR Geo 13 Tab 5.2-1 är $\alpha_{s \max} = 0,025$ (vid $w_N = 120\%$) för sulfidlera, vilket ger $r_1 = 90$. I beräkningarna har $r_1 = 75$ valts.

Med normalkonsoliderad lera ($OCR=1$) blir $r_0 = 2500 \cdot (1,1-1) + 75 = 250 + 75 = 325$.

4.4 Resultat

För detaljerat resultat se bilaga 4.

Resultat från utförda sättningsberäkningar redovisas i tabell 4.3.

Tabell 4.3. Resultat från sättningsberäkningar med normalkonsoliderad lera och överkonsoliderad lera.

Beräkning	Lerans mäktighet	Utan krypning		Med krypning		
		Total sättning (cm)	Tid U=90% (år)	Total sättning (cm)	Tid U=90% (år)	Sättning efter 1 år (cm)
A	1 m	34	0,4	48	4	39
B	2 m	42	0,3	65	5	53

Sättningarna blir ca 40 cm utan krypning och 50-65 cm med krypning, se figur 4.3 och figur 4.4. Tiden för att uppnå 90% av sättningsarna med krypning uppgår till ca 5 år.

Ett (1) år efter avslutad utfyllning kvarstår ca 10 cm av sättningsarna.

Sättningar beräknade med krypning är ca 50 % större jämfört med sättningsarna beräknade utan krypning.



Figur 4.3. Sättningar i sektion A, 0/100.

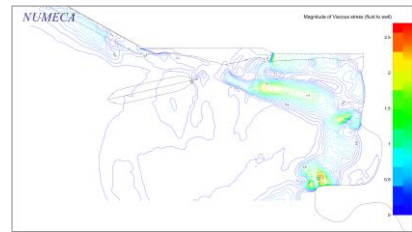
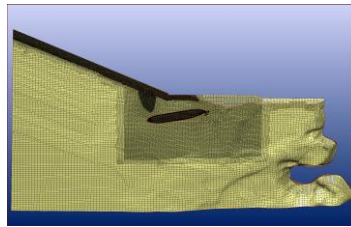
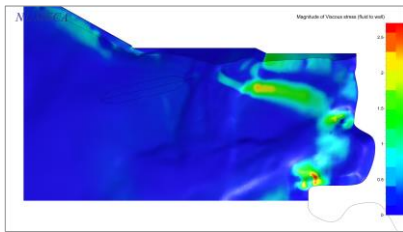


Figur 4.4. Sättningar i sektion B, 0/200.

Rapport.

Nr: [RE20188987-01-00-A]

Beräkning av propellerinducerade strömmar



KFS Anläggningskonstruktörer AB

Attn: Hans Klingenberg
Industrivägen 5
171 48 Solna

Reference:

Enligt SSPA:s offert "OF20188987-01-00-B.pdf" och KFS:s dokument "
CO108329-01-00-A Beställning beräkning propellerinducerade
strömmar_rev A_SKM_C554e19051013440_sign SSPA.pdf"

RAPPORT

Datum
2019-09-05
SSPA Rapportnummer:
RE20188987-01-00-A
Projektledare:
Kasper Ljungqvist
Författare
Da-Qing Li och Olov
Lundbäck
+46 31 7729053
da-qing.li@sspa.se

Beräkning av propellerinducerade strömmar i KVV Lövsta-Energihamn.

SSPA Sweden AB

Joacim Linder
*Vice President, Head of Department
Maritime Consulting*

SSPA Sweden AB

Kasper Ljungqvist
*Project Manager
Maritime Consulting*

Revisionshistorik

Rev.	Datum	Beskrivning	Signatur
A	2019-06-17	Första utgåvan med resultat för fall 1, 3 och 6.	
A	2019-06-20	Andra utgåvan med uppdaterade resultat för fall 1, samt ny resultat för fall 8 inkluderas.	
A	2019-08-08	Rapport och resultat för Fall 1 – Fall 8	
A	2019-09-05	Rapport och resultat för alla fall (Fall 1 – Fall 9)	

Sammanfattning och rekommendationer

SSPA har av KFS Anläggningskonstruktörer AB för Fortums räkning, fått i uppdrag att undersöka propellerinducerade strömmar kring ett bulkfartyg, och hur de kan påverka sjöbotten i samband med ankomst och avgång bredvid planerad energihamn i Mälaren.

Baserat på detaljerad batymetridata och ritningar för planerad hamngeometri har en 3D-modell tagits fram vilken representerar sjöbotten och utfyllnaden på ett realistiskt sätt. Computational Fluid Dynamics (CFD) används till att beräkna propellerinducerade strömmar kring fartyget och nära sjöbotten samt skjuvspänning på sjöbotten. Till detta används en stationär RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes) metod för den berörda viskösa vattenmassan. Programvaran NUMECA FineMarine används för att lösa strömningsfält och NUMECA HexPress för att generera nätet. En scenariomatrix av åtta simuleringsfall definierades för ett bulkfartyg positionerat vid kajen. I tabellen nedan visas parametervariationerna som scenariomatriken omfattar.

Nr	Kondition ¹⁾	Kajplats nr/ Position ²⁾	Antal fartyg vid andra kajen ³⁾	Roder (+ = babord) (- = styrbord)	Effekt huvudmaskin % av MCR	Bogtruster (kraftens riktning)
1	Avgång	2 / SB	0	35°	60	Styrbord
2	Avgång	2 / BB	0	35°	20	Babord
3	Avgång	2 / BB	0	-35°	60	Babord
4	Avgång	2 / SB	0	0°	60	0
5	Ankomst	1 / BB	0	-35°	20	Styrbord
6	Ankomst	1 / SB	0	35°	20	Babord
7	Avgång	1 / SB	0	-35°	20	Styrbord
8	Avgång	1 / SB	0	0°	60	0

Anm 1): Ankomst=fartyget max djupgående, Avgång= fartyget i ballast

Anm 2): 1 = östra kajplatsen, 2= västra kajplatsen, SB = Styrbord till kaj, BB = Babord till kaj

Anm 3): I praktiken kan det finnas 1 fartyg ineliggande vid ankomst och avgång, men beräkningen förenklas enligt tabell och bedöms inte nämnvärt påverka resultatet.

Nedan följer en sammanfattning av simuleringsresultaten.

Bottenskjuvspänning

För fall Nr 1, Figur 13, uppträder en area med skjuvspänning på ca 2.0 Pa efter en halv fartygslängd bakom rodret. Den fortsätter längs östra sidan av fartyget mot den östra stranden, där en maximal skjuvspänning av ca 3.1 Pa nås vid ett ställe nära den sydöstra stranden. Eftersom bottenklarningen mellan sjöbotten och fartygets undersida är större än 8 m, förväntas ingen stark skjuvspänningen direkt under akterskeppet. Bogtrusterstrålen är riktad mot kajsidan men dess påverkan på sjöbotten är betydligt mindre än huvudpropellern i det här fallet.

Vid fall Nr 2, Figur 14, då fartyget är förtöjt vid kajplats 2 uppträder bottenskjuvspänningen huvudsakligen längs den lutande utfyllnaden med ett maximalt värde på 2.58 Pa på ett ställe.

För fall Nr 3, Figur 15, då fartyget har seglat ut en liten bit från kajen, har bottenskjuvspänningen minskat väsentligt. Ett maximalt värde på 1.86 Pa uppstår vid den lutande utfyllnaden. På resten av utfyllnaden observeras spänningsnivåer under 1.0 Pa.

För fall Nr 4, Figur 16, då fartyget har girat mer och seglat ut från kajen, har bottenskjuvspänningen längs den lutande utfyllnaden nästan försvunnit. Maximalt värde på 4.3 Pa uppkommer i ett område vidare västerut längs stranden.

Vid fall Nr 5, Figur 17, ankommer fartyget till kajplats 1 med 20%MCR i propellereffekt vid design-djupgående. Då syns bottenskjuvspänningen huvudsakligen bakom propeller och roder med ett maximalt värde på 1.3 Pa i det området.

För fall Nr 6, Figur 18, syns en kraftig skjuvspänning bakom akterskeppet som en konsekvens av interaktion mellan propellerstrålen, rodret och sjöbotten där klarning mellan fartyg och sjöbotten endast uppgår till ca 1 m. Där uppstår ett koncentrerat område med maximala skjuvspänningar upp till 50 Pa.

För fall Nr 7, Figur 19, då fartyget avgår från kajplats 2, uppstår en relativt kraftig skjuvspänning över en area strax bakom rodret med ett maximalt värde på 18.6 Pa i detta område.

För fall Nr 8, Figur 20, syns ett större område med hög skjuvspänning öster om akterskeppet nära strandlinje i öst, som en konsekvens av den starka propellerstrålen med en 60%MCR propellereffekt. Där uppstår ett koncentrerat område med maximala skjuvspänningar upp till 14.8 Pa.

För fall Nr 9, Figur 21, syns ett större område med relativt hög skjuvspänning bakom akterskeppet. Den maximala skjuvspänningen på 25.2 Pa uppträder vid skärningen mellan stålrör och botten, för ett stålrör som befinner sig i propellervaken. Fall 9 är lika som fall 7 men med stålrör i beräkningsmodellen.

Inducerade strömmar på en yta 0.2m ovanför sjöbotten

För fall Nr 1, fås en area öster om akterskeppet, ca en fartygslängd bakom rodret, en högsta inducerad strömningshastighet av ca 1.0 m/s (se Figur 22) på grund av den lokala höga skjuvspänningen. På ytan längre förut är hastigheterna något mindre men spår av propellerinducerade strömmar syns fortfarande, särskilt vid ett ställe bredvid den östra stranden.

För fall Nr 2, Figur 23, uppstår de höga hastigheterna främst längs utfyllnaden med en nivå under 0.9 m/s.

För fall Nr 3, Figur 24, uppstår de höga hastigheterna främst längs utfyllnaden med en nivå under 0.8 m/s.

För fall Nr 4, Figur 25, uppstår de höga hastigheterna främst i området bakom akterskeppet med en nivå under 1.5 m/s.

För fall Nr 5, Figur 26, uppstår de höga hastigheterna främst strax bakom akterskeppet med en nivå under 0.6 m/s.

För fall Nr 6, Figur 27, uppstår en maximal hastighet av 2.6m/s bakom rodret.

För fall Nr 7, Figur 28, syns en kraftig interaktionseffekt mellan skrov, propeller och sjöbotten så att höga inducerade strömmar uppkommer i området bakom akterskeppet, med en maximal hastighet på ca 4 m/s.

För fall Nr 8, Figur 29, träffar de inducerade strömmarna utfyllnaden först och rör sig vidare längs den östra strandlinjen, där når de en maximal hastighet på ca 3 m/s.

För fall Nr 9, Figur 30, uppkommer en maximal hastighet av 2.6m/s bakom rodret.

Rekommendationer

- (1) För att bedöma risk för sedimentrörelse och eventuell erosion av sediment ska de beräknade bottenskjuvspänningarna jämföras med det kritiska tröskelvärdet för aktuella sediment.
- (2) Om det kritiska tröskelvärdet inte är tillgängligt, är ett alternativ att jämföra propellerinducerade strömmar med de lokala naturligt förekommande strömmarna om mätdata på dem är tillgängliga. Om hastigheter på propellerströmmar är lägre än lokala naturligt förekommande strömmar är risken för sedimentrörelse små eftersom de naturliga strömmarna sannolikt redan har stabiliserat sediment i området.
- (3) Bottenskjuvspänningen påverkas också av bottens ojämnheter, d.v.s ytråheten. Om det finns mätdata på ytråheten av sjöbotten eller information om "ekvivalent sandråhet" i området kan strömningsberäkningarna förfinas och högre noggrannhet uppnås genom att modellera ytråhetens effekt i beräkningarna.
- (4) De maximala skjuvspänningar som uppstår i fall Nr 6,7,8 är relativt höga och kan betyda risk för erosion på sjöbotten. Finns det föroreningar i detta område bör det studeras vidare hur fartygets påverkan kan minskas.
- (5) Beräkningarna är utförda för ett stationärt strömningsfält vilket innebär att strömningsförhålland är väl stabiliserat motsvarande att fartyget har kört propeller och bogtruster under en lång tid. Dessa antaganden medför att resultaten bör betraktas som konservativa. För att identifiera en mer realistisk operationsprofil kan manöversimuleringar genomföras. Manöversimuleringar ger typisk profil för utnyttjande av bogtruster, huvudpropeller och roder. Dessa operationsprofiler kan användas som underlag för transienta CFD-simuleringar som ger en tidsvariation av strömningsfället under en avgång eller ankomst.

- (6) Studien är gjord med antagandet att fartyget ligger stilla. Det kan tillkomma en ökning av bottenskjuvspänningen när fartyget börja att rör sig med låg fart. Eventuell påverkan från passerande fartyg längs farleden utanför hamnläget kan simuleras för att få en jämförande uppskattning om påverkan av sjöfart i området.

Innehållsförteckning

1	Inledning	6
1.1	Bakgrund	6
1.2	Syfte.....	6
1.3	Grundläggande dokument och data från kunden:.....	6
2	Metod och genomförande	7
2.1	Huvuddimension på fartyg och propeller.....	7
2.2	Belastningskonditioner för propeller, roder och bogtruster.....	7
2.3	Simulerade scenarier	8
2.4	Beräkningsfall	9
2.5	Beräkningsdomän och randvillkor.....	11
2.6	CFD nät	12
2.7	Beräkningsmodeller.....	12
3	Resultat	13
3.1	Bottenskjuvspänning	13
3.2	Inducerade strömmar på en yta 0.2m ovanför sjöbotten.....	14
3.3	Kommentar	15
4	Ordlista	16
5	Figurförteckning	17
6	Figurer	19

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Arbetet omfattar CFD-simulering av en planerad energihamn vid Lövsta gamla soptipp i Mälaren norr om Hässelby, där en traditionell strandkaj ska byggas som betongdäckskaj grundlagt på stålörspålar, se Figur 2. På botten utanför kajläget finns en del föroreningar som eventuellt kan ge upphov till skada för vattenmiljön.

När ett fartyg rör sig genom vatten förflyttas vattenpartiklar i närheten av fartyget på grund av förskjutnings- och viskösa effekter. Sådana störningar kan ytterligare förstärkas när fartyget framförs i begränsade vatten, t ex nära en kaj i en hamn eller i grunt vatten. Störningsgraden beror främst på fartygets hastighet, propellerbelastning och vattendjup. För operation i närheten av hamn då fartyg körs med låga farter så är störningar orsakade av fartygsrörelse små. Däremot är propeller och bogtruster vanligen hårt belastade och utgör det huvudsakliga bidraget till propellerinducerade strömmar.

Med anledning av detta har SSPA blivit ombudade att genomföra en serie av CFD (Computational Fluid Dynamics) simuleringar av propellerinducerade strömmar vid hamnen.

1.2 Syfte

Syftet med den här studien är att beräkna hastigheter och skjuvspänning längs botten kring ett förtöjt fartyg vid ett antal operationsprofiler.

Studien omfattar ett bulkfartyg med ett max djupgående på $T = 6$ m, längden över allt på $Loa = 120$ m och bredden $B = 19$ m.

1.3 Grundläggande dokument och data från kunden:

1. Hamnkarta "K10.1-001.pdf"
2. Norra Hamnläget - Kaj och utfyllnad.dwg
3. Sjöbottensmätdata: " Bottenmodell Norra hamnen.dwg"
4. Beräkningsfall: "A9774920_Propellerströmmar simuleringmatris enligt möte 20190506.docx"

2 Metod och genomförande

Computational Fluid Dynamics (CFD) används till att beräkna propellerinducerade strömmar kring ett fartyg som förtöjts vid kajen men är på väg att lämna hamnen. Det är ett scenario som motsvarar fartygsavgång. Vidare simuleras fall där ett fartyg ankommer till hamnen. Vid avgång är fartyget initialt stillaliggande medan dess propeller och bogtruster arbetar ganska hårt för att generera de krafter och moment som krävs för att manövrera ut från kajen. Till detta används en stationär RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes) metod för att beräkna strömningsfältet i den berörda viskösa vattenmassan. Givet huvuddimensioner specificerade av kunden har ett fartyg, med typiska dimensioner på propeller, roder och bogtruster modellerats. Programvaran NUMECA FineMarine har används för att beräkna strömningsfältet och NUMECA HexPress för att generera beräkningsnätet (s.k. mesh).

2.1 Huvuddimension på fartyg och propeller

Ett bulkfartyg från SSPA:s databas valdes och skalades till dimensioner som motsvarar det av kunden specificerade designfartyget. En lämplig propeller från SSPAs propellerdatabas användes till att ta fram propellertryckkrafter och moment vid "Bollard pull" kondition.

Huvuddimensionerna för bulkfartyget presenteras i Tabell 1. Huvuddata för propellern och bogtruster presenteras i Tabell 2.

Tabell 1 Huvuddimensioner på bulkfartyg

Parameter	Enhet i [meter]	
Längden overall, Loa [m]	120	
Bredd, B [m]	19	
Djupgående, T [m]	T_F/F_A (Design)	T_F/F_A (Ballast)
	6/6	2.73/4.2

Tabell 2 Dimensioner på propeller och bogtruster

Parameter	Propeller	Bogtruster
Diameter, D [m]	3.9	1.2
Stigning ratio vid 0.75R, P/D [-]	0.711	NA
Area ratio, Ae/Ao [-]	0.53	NA
Antal blad, Z	4	4

2.2 Belastningskonditioner för propeller, roder och bogtruster

Propellern har simulerats vid ett lätt och ett tungt belastningsfall, som motsvarar en maskineffekt på 20% av MCR resp. 60% av MCR (Maximal Continuous Rating). En variation av rodervinkel på 0° och på 35° har simulerats. Fall med 60% av MCR och 35° rodervinkel antas representera ett scenario med

hårdare manövrering än normalt medan 20% MCR representerar ett mer normalt effektutnyttjande vid kajnära manövrering. Bogtrustern antas jobba på sin nominella maxeffekt. De uppskattade tryckkrafterna och momentet från propellern och bogtrustern redovisas i Tabell 3.

Tabell 3 Effekter och belastningar på propeller och bogtruster

Namn	Propeller vid 20% MCR	Propeller vid 60% MCR	Bogtruster
Effekt [kw]	940	2820	503
Tryckkraft [kN]	223	464	58
Moment [kNm]	86.4	179.7	10.9

2.3 Simulerade scenarier

En simuleringsmatris har definierats och visas i Tabell 4. Matrisen täcker de typiska scenarierna när fartyget manövreras i de båda planerade förtöjningslägena

Tabell 4 Simuleringsmatris

Nr	Kondition ¹⁾	Kajplats nr/ Position ²⁾	Antal fartyg vid andra kajen ³⁾	Roder (+ = babord) (- =styrbord)	Effekt huvudmaskin % av MCR	Bogtruster (kraftens riktning)
1	Avgång	2 / SB	0	35°	60	Styrbord
2	Avgång	2 / BB	0	35°	20	Babord
3	Avgång	2 / BB	0	-35°	60	Babord
4 ⁴⁾	Avgång	2 / SB	0	0°	60	0
5	Ankomst	1 / BB	0	-35°	20	Styrbord
6	Ankomst	1 / SB	0	35°	20	Babord
7	Avgång	1 / SB	0	-35°	20	Styrbord
8	Avgång	1 / SB	0	0°	60	0

Anm 1): Ankomst=fartyget max djupgående, Avgång= fartyget i ballast

Anm 2): 1 = östra kajplatsen, 2= västra kajplatsen, SB = Styrbord till kaj, BB = Babord till kaj

Anm 3): I praktiken kan det finnas 1 fartyg ineliggande vid ankomst och avgång, men beräkningen underlättas enligt tabell och bedöms inte nämnvärt påverka resultatet.

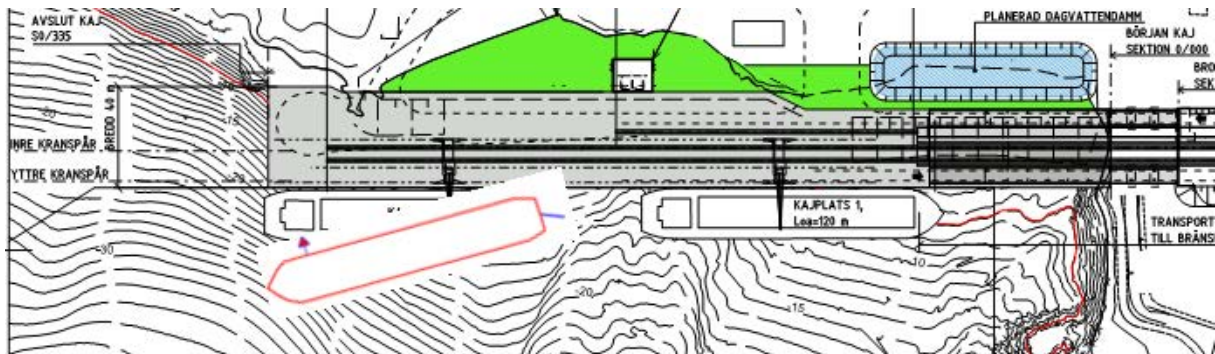
Anm 4) För Nr 4 utförs en beräkning av propellerströmmar i vattenmassan akterut med redovisning i ett vertikalt plan från botten och upp till vattenytan. Redovisningen utförs även i ett horisontellt plan med skärningslinjen mellan planen i propelleraxelns förlängning.

2.4 Beräkningsfall

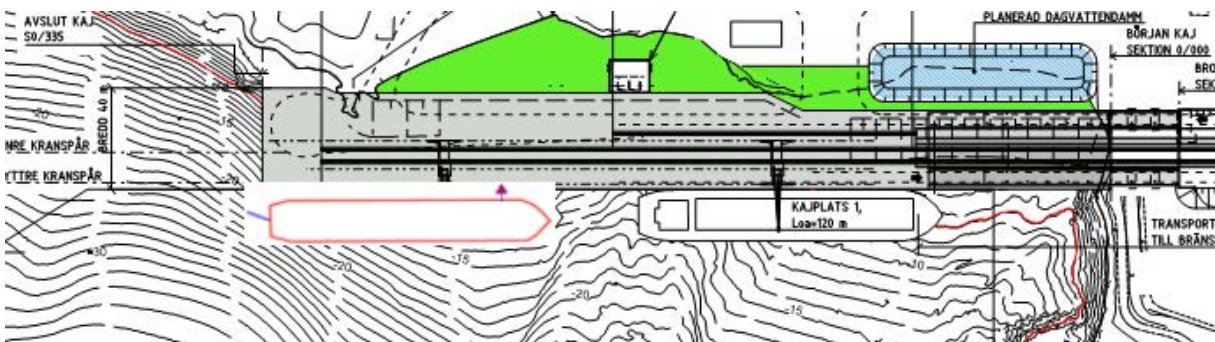
Den berörda geografiska area där hamnen planeras visas i Figur 2.

I nedanstående skisser beskrivs beräkningsfallen som anges i simuleringsmatrisen i Tabell 4.

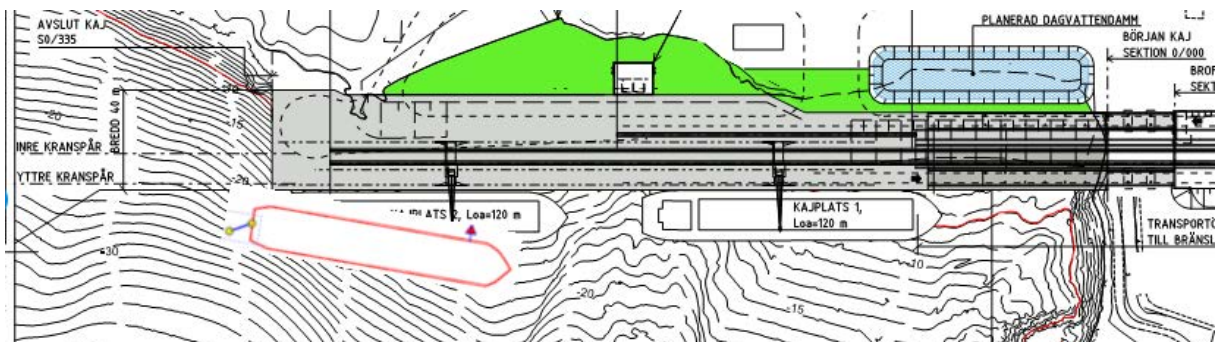
Nr 1. Avgång



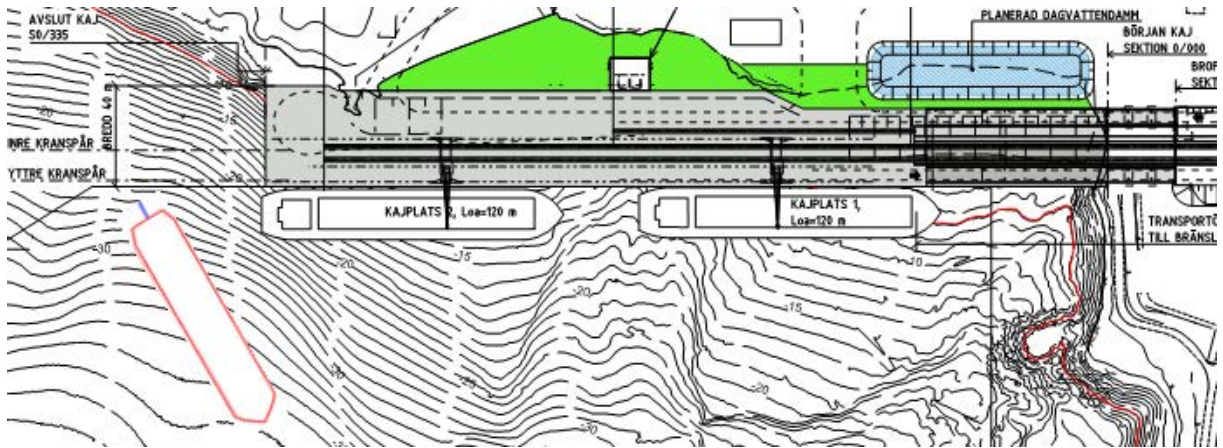
Nr 2. Avgång



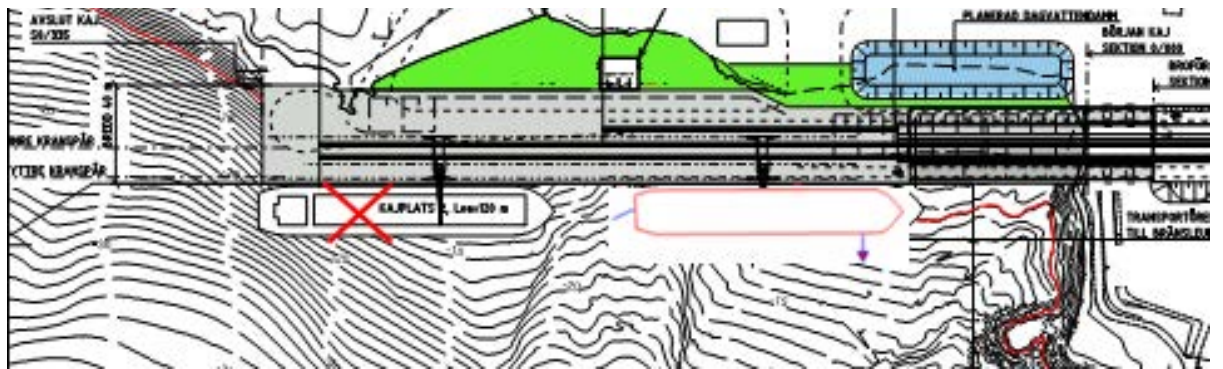
Nr 3. Avgång



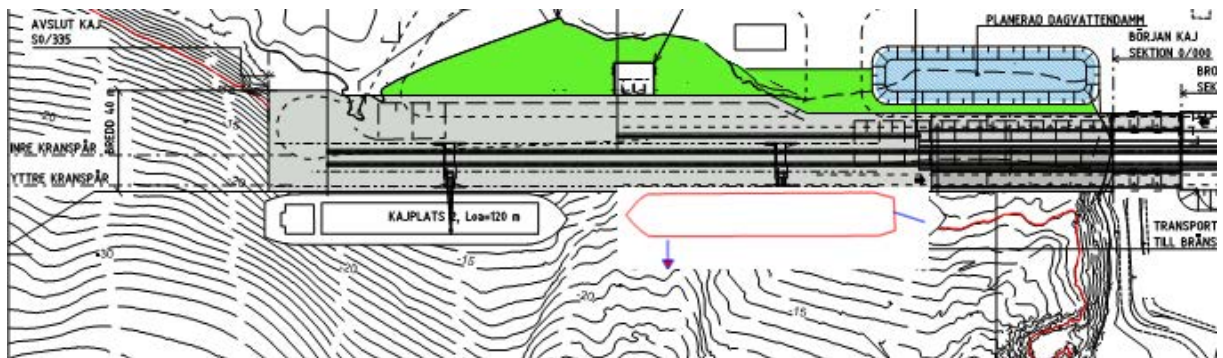
Nr 4. Avgång



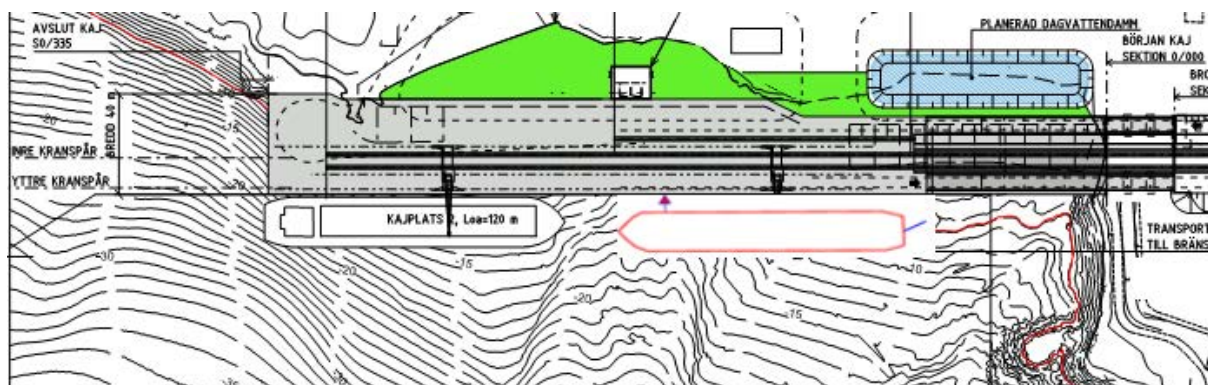
Nr 5. Ankomst



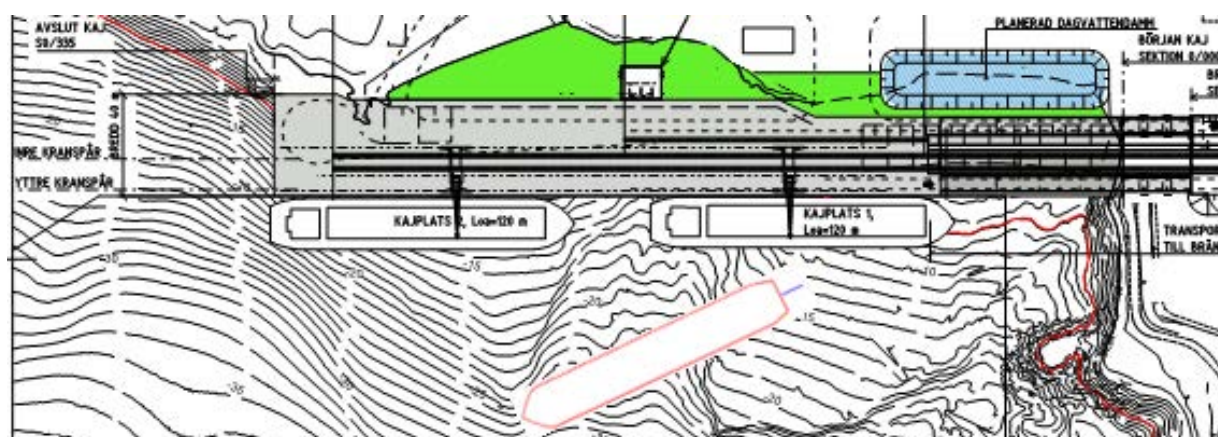
Nr 6. Ankomst



Nr 7. Avgång



Nr 8. Avgång



Figur 1 Skisser av beräkningsfallen i simuleringsmatrisen, Tabell 4

Fall Nr 9 är en optionell fall, där en del (28 st) av stålrör som stödjer kajdäcken är inkluderade i aktuellt arbete för att kunna studera påverkan på bottenskvivspänning när stålrör är på plats. Lastfallet för Fall Nr 9 är lika med Fall Nr 7.

2.5 Beräkningsdomän och randvillkor

Baserade på koordinaterna för mätpunkter i batymetridata har sjöbotten modelleras av ett antal NURBS (Non-uniform rational basis spline) ytor. Figur 3 visar ytrepresentationen av sjöbotten. Eftersom fartyget inte rör sig (genererar inga vågor) kan fria vattenytan modelleras som ett horisontalplan. Beräkningsdomänen består av sjöbotten inklusive den utfyllda betongslänten, fria vattenytan, fartyg och två vertikala plan som representerar begränsningsytan för fjärrfältet (se Figur 4).

För vattenytan har ett symmetrirandvillkor använts. På sjöbotten och fartygets skrovyta där viskösa effekter och gränsskikt ska simuleras har ett NO-SLIP randvillkor använts. För de vertikala plan som representerar gränsen till fjärrfältet har randvillkoret att hastigheten är noll antagits.

2.6 CFD nät

CFD beräkningsnät generades med hjälp av nätgeneratören HexPress. För varje fall har ett specifikt nät tagits fram för beräkning. Totalt har nio nät tagits fram. För att kunna lösa upp lokala hastighetsförändringar i propellervaken och vid skrovet har ett förfinat nät genererats längs propellerstrålen. Nätet har förfinats även i vertikal riktning mot skrovytan och sjöbotten. Antal celler för nät vid olika fall varierar från ca 7 till 11 miljoner celler. Eftersom HexPress inte tillåter att man definierar ett förfinat nät med en lutningsvinkel mot koordinataxel togs det cylindriska förfinade nätet rakt bakom propellern bort. Således har antalet celler blivit i vissa fall ett antal miljoner färre.

Beräkningsnät på skrovytan och sjöbotten redovisas i Figur 5 till Figur 11 för Fall Nr 1 till Nr 8. Där visas bl.a. att ett väl förfinat nät genererats på sjöbotten under fartyget, den upplösta bottenytan är ca 1.2x1.2 m².

2.7 Beräkningsmodeller

Propellern har modellerats som krafter fördelade inom ett cylindriskt nät (en "propellerdisk"). Krafterna introduceras i RANS ekvationerna som en källterm. Denna källterm leder till inducerade hastigheter i strömningsfältet. Samma princip används för bogtruster.

RANS ekvationerna löstes i stationär form (tidsmedelvärdesbildade). Viskös turbulens modelleras av SST $k-\omega$ turbulensmodellen. Mot fartygets skrov och sjöbotten applicerades vägg-funktion (law of the wall) som gränsskiktmodell. Vidare användes ett andra ordningens numeriskt diskretiseringsschema.

Notera att origo för CFD koordinatsystemet ligger vid västra hörnet av kajlinjen med $z=0$ på vattenytan, se Figur 5 och Figur 2. Beräkningarna är utförda med detta koordinatsystem. Även resultaten i rapporten är presenterade i CFD koordinatsystemet.

3 Resultat

I detta kapitel anges beräkningsresultat avseende propeller- och bogtruster-inducerade skjuvspänningar och strömmar nära sjöbotten för bulkfartyget i närheten av kajläge 1 och 2 vid de fall som visas i Tabell 4.

Resultaten presenteras i form av konturplottar, iso-kurvor och vektorplottar för skjuvspänningen på sjöbotten, och för inducerade hastigheter på en yta strax ovanför sjöbotten. Sådana plottar visas även på ett horisontellt plan på 4 m (vid design djupgående) eller 2 m (vid ballast djupgående) under vattenytan. Detta plan skär genom propelleraxeln och visas i syfte att illustrera propellerstrålen.

Konturplottar och iso-kurvor visar hur en variabels värden fördelar sig över ytan. Vektorplottar visar riktningen av skjuvspänning eller strömhastighet. Röd färg i bilderna indikerar höga värden och blå färg innebär låga värden. Dessutom visas fartygsposition av en svart konturlinje.

3.1 Bottenskuvspänning

Det som främst påverkar sedimentrörelse på sjöbotten är den s.k. bottenskuvspänningen som brukar betecknas τ_w och har enheten Pa (N/m^2). Bottenskuvspänningen redovisas i Figur 13 till Figur 20 för alla fall i simuleringsmatrisen. I varje figur har bottenskuvspänningen presenterats i tre olika former: (a) konturplottar, (b) iso-kurvor och (c) vektorplottar.

För fall Nr 1, Figur 13, uppträder en area med skjuvspänning av ca 2.0 Pa efter en halv fartyglängd bakom rodret. Den fortsätter längs östra sida av fartyget mot den östra stranden, där en maximal skjuvspänning av ca 3.1 Pa nås vid ett ställe nära den sydöstra stranden. Eftersom bottenklarningen mellan sjöbotten och fartygets undersida är större än 8 m, förväntas ingen stark skjuvspänningen direkt under akterskeppet. Bogtrusterstrålen är riktad mot kajsidan men dess påverkan på sjöbotten är betydligt mindre än huvudpropellern i det här fallet.

Vid fall Nr 2, Figur 14, då fartyget är förtöjt vid kajplats 2 uppträder bottenskuvspänningen huvudsakligen längs den lutande utfyllnaden med ett maximalt värde på 2.58 Pa på ett ställe.

För fall Nr 3, Figur 15, då fartyget har seglat ut en liten bit från kajen, har bottenskuvspänningen minskat väsentligt. Ett maximalt värde på 1.86 Pa uppstår vid den lutande utfyllnaden. På resten av utfyllnaden observeras spänningsnivåer under 1.0 Pa.

För fall Nr 4, Figur 16, då fartyget har girat mer och seglat ut från kajen, har bottenskuvspänningen längs den lutande utfyllnaden nästan försvunnit. Maximalt värde på 4.3 Pa uppkommer i ett område västerut längs stranden.

Vid fall Nr 5, Figur 17, ankommer fartyget till kajplats 1 med 20%MCR i propellereffekt vid design-djupgående. Då syns bottenskuvspänningen huvudsakligen bakom propeller och roder med ett maximalt värde på 1.3 Pa i det området.

För fall Nr 6, Figur 18, syns en kraftig skjuvspänning bakom akterskeppet som en konsekvens av interaktion mellan propellerstrålen, rodret och sjöbotten där klarning mellan fartyg och sjöbotten endast uppgår till ca 1 m. Där uppstår ett koncentrerat område med maximala skjuvspänningar upp till 50 Pa.

För fall Nr 7, Figur 19, då fartyget avgår från kajplats 2, uppstår en relativt kraftig skjuvspänning över en area strax bakom rodret med ett maximalt värde på 18.6 Pa i detta område.

För fall Nr 8, Figur 20, syns ett större område med hög skjuvspänning öster om akterskeppet nära strandlinjen i öst, som en konsekvens av den starka propellerstrålen med en 60%MCR propellereffekt. Där uppstår ett koncentrerat område med maximala skjuvspänningar upp till 14.8 Pa.

För fall Nr 9, Figur 21, syns ett större område med relativt hög skjuvspänning bakom akterskeppet. Dock uppträder den maximala skjuvspänningen på 25.2 Pa vid skärningen mellan stålrör och botten, för ett stålrör som befinner sig mitt i propellervaken. Se för Figur 41 en zoomad vy.

3.2 Inducerade strömmar på en yta 0.2m ovanför sjöbotten

Inducerade strömmar på en yta 0.2 m ovanför sjöbotten redovisas i Figur 22 till Figur 30. Förändringar av hastigheter på ytan är ungefärligt proportionella mot skjuvspänningsvariationerna.

För fall Nr 1, på area öster om akterskeppet ca en fartyglängd bakom rodret, erhålls en högsta inducerad strömningshastighet av ca 1.0 m/s (se Figur 22). På ytan längre förut är hastigheterna något mindre men propellerinducerade strömmar syns också där, särskilt vid ett ställe bredvid den östra stranden.

För fall Nr 2, Figur 23 uppstår de höga hastigheterna främst längs utfyllnaden med en nivå under 0.9 m/s.

För fall Nr 3, Figur 24, uppstår de höga hastigheterna främst längs utfyllnaden med en nivå under 0.8 m/s.

För fall Nr 4, Figur 25, uppstår de höga hastigheterna främst i området bakom akterskeppet med en nivå under 1.5 m/s.

För fall Nr 5, Figur 26, uppstår de höga hastigheterna främst strax bakom akterskeppet med en nivå under 0.6 m/s.

För fall Nr 6, Figur 27 uppstår en maximal hastighet av 2.6m/s bakom rodret.

För fall Nr 7, Figur 28, syns en kraftig interaktionseffekt mellan skrov, propeller och sjöbotten så att höga inducerade strömmar uppkommer i området bakom akterskeppet, med en maximal hastighet på ca 4 m/s.

För fall Nr 8, Figur 29 träffar de inducerade strömmarna utfyllnaden först och rör sig vidare längs den östra strandlinjen, där når de en maximal hastighet på ca 3 m/s.

För fall Nr 9, Figur 30 uppkommer en maximal hastighet av 2.6m/s bakom rodret.

3.3 Kommentrar

Det som främst påverkar sedimentrörelser på sjöbotten är bottenskjuvspänningen. De representerar den kraft per ytenhet med vilken vattnet verkar mot sjöbotten. Ju högre strömhastigheterna nära botten är, desto högre blir bottenskjuvspänningen. När bottenskjuvspänningen överstiger ett kritiskt tröskelvärde sker erosion genom att partiklar från botten dras upp av det strömmande vattnet och transporteras bort. Vid bottenskjuvspänningar lägre än den kritiska, sker deposition genom att partiklar som är lösta i vattnet landar på botten och ligger kvar. För vissa material finns det ett visst intervall mellan den kritiska bottenskjuvspänningen för erosion och den kritiska bottenskjuvspänningen för sedimentation, inom vilket det varken sker erosion eller deposition. Det kritiska värdet för erosion beror på en mängd faktorer som exempelvis sedimentets kornstorlek och materialsammansättning.

- (1) För att bedöma risk för sedimentrörelse och erosion ska de beräknade bottenskjuvspänningarna jämföras med kritiskt tröskelvärde för aktuellt sediment.
- (2) Om det kritiska tröskelvärdet inte är tillgängligt, är ett alternativ att jämföra propellerinducerade strömmar med de lokala naturligt förkommande strömmarna om mätdata på dem är tillgängliga. Om hastigheter på propellerströmmar är lägre än lokala naturligt förkommande strömmar är risken för sedimentrörelse små eftersom de naturliga strömmarna sannolikt redan har stabiliserat sediment i området.
- (3) Bottenskjuvspänningen påverkas också av bottenens ojämnheter, d.v.s ytråheten. Om det finns mätdata på ytråheten av sjöbotten eller information om "ekvivalent sandråhet" i området kan strömningsberäkningarna förfinas och högre noggrannhet uppnås genom att modellera ytråhetenseffekt i beräkning.
- (4) De maximala skjuvspänningar som uppstår i fall Nr 6,7,8 är relativt höga och kan betyda risk för erosion på sjöbotten. Finns det föroreningar i detta område bör det studeras hur fartygets påverkan kan minskas.
- (5) Beräkningarna är utförda för ett stationärt strömningsfält vilket innebär att strömningsförhållandena är väl stabiliserade, motsvarande att fartyget har kört propeller och bogtruster under en lång tid. Dessa antaganden medför att resultaten bör betraktas som konservativa. För att identifiera en mer realistisk operationsprofil kan manöversimuleringar genomföras. Manöversimuleringar ger typisk profil för utnyttjande av bogtruster, huvudpropeller och roder. Dessa operationsprofiler kan ge underlag för transienta CFD-simuleringar som ger en tidsvariation av strömningsfältet under en avgång eller ankomst.
- (6) Studien är gjord med antagandet att fartyget ligger stilla. Det kan tillkomma en ökning av bottenskjuvspänningen när fartyget börjar rörs sig. Eventuell påverkan av passerande fartyg längs farleden undanför hamnläget kan simuleras för att få en jämförande uppskattning om påverkan av sjötrafik i området.

4 Ordlista

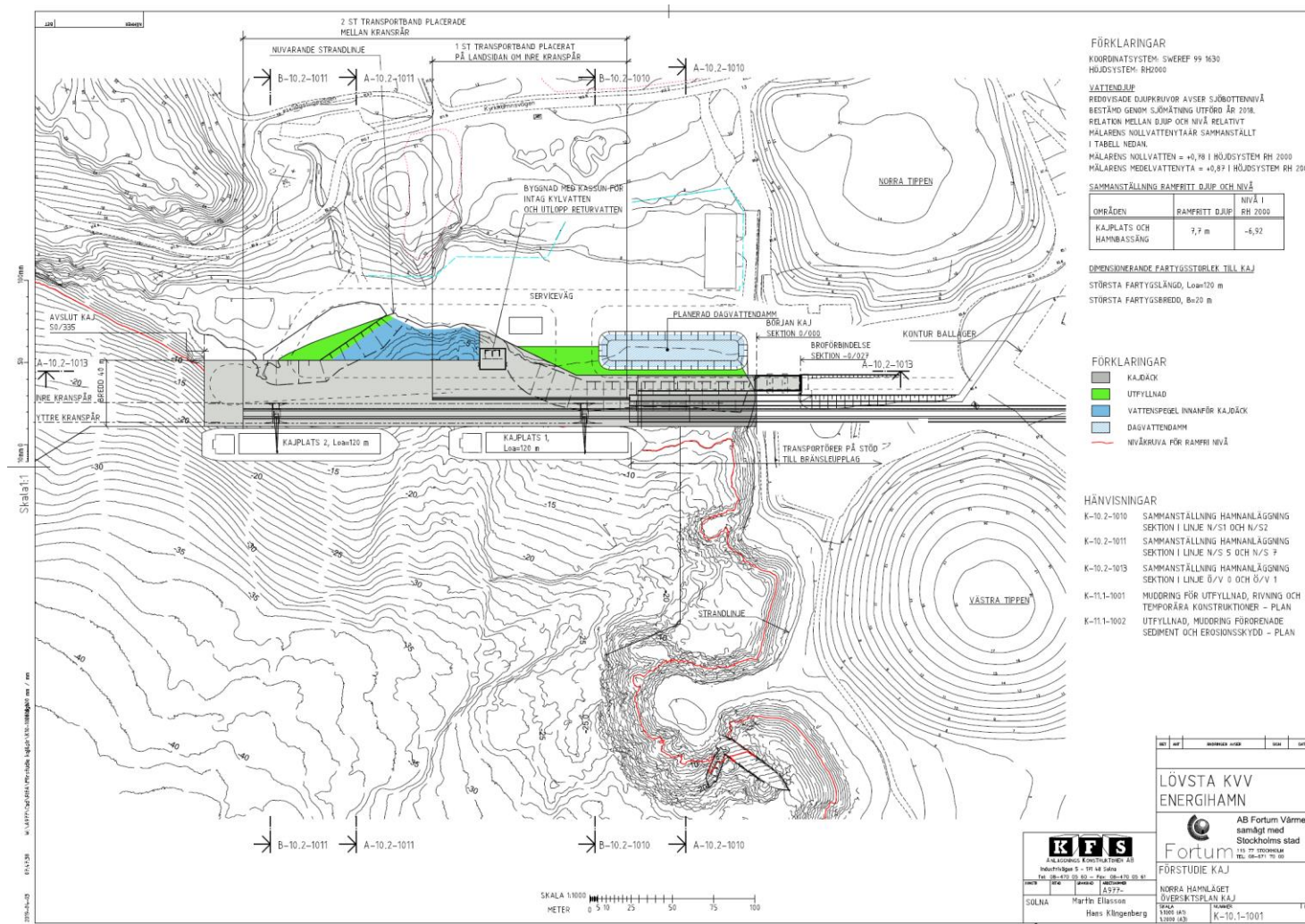
AGR	Adaptive Grid Refinement
B	fartygsbredd, [m]
CFD	Computational Fluid Dynamics
D	propellerdiameter, [m]
NA	data ej tillgänglig
P/D	propeller stigningsratio
Loa	fartygslängd överallt, [m]
T	fartygsdjupgående, [m]
τ_w	bottenskjuvspänning, [N/m ²]

5 Figurförteckning

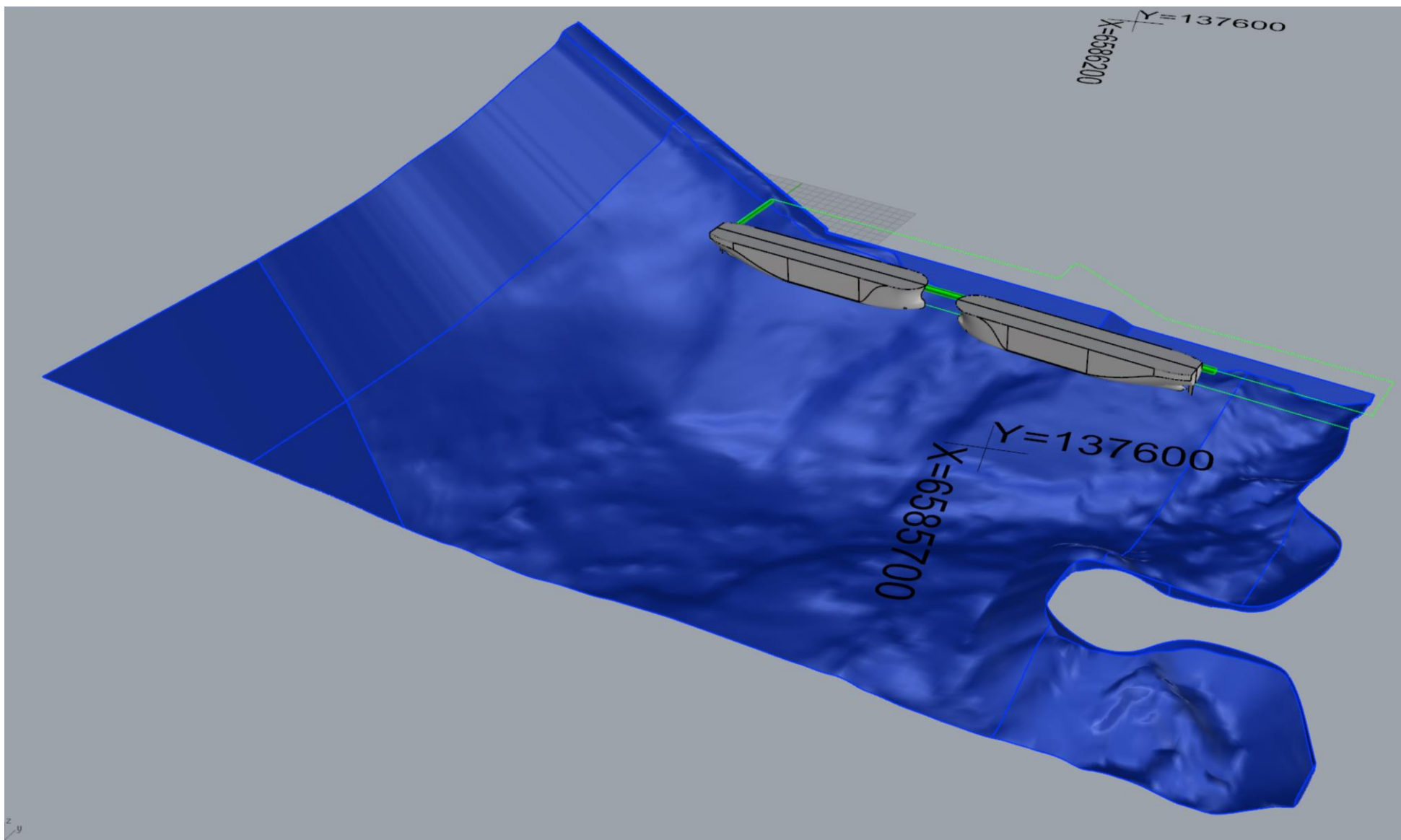
Figur 1 Skisser om beräkningsfallen som motsvarar simuleringsmatrisen i Tabell 4.....	11
Figur 2 Skiss över den planerade hamnen vid nya plats i Mälaren	19
Figur 3 Representation av bottenpografi i Rhinos (gröna linjer visar kajområdet)	20
Figur 4 Beräkningsdomän med fartygs förtöjt position längs kajkanten illustreras.	21
Figur 5 Beräkningsnät på skrovytan och sjöbotten för Fall Nr 1	22
Figur 6 Beräkningsnät på skrovytan och sjöbotten för Fall Nr 2	23
Figur 7 Beräkningsnät på skrovytan och sjöbotten för Fall Nr 3	24
Figur 8 Beräkningsnät på skrovytan och sjöbotten för Fall Nr 4	25
Figur 9 Beräkningsnät på skrovytan och sjöbotten för Fall Nr 5	26
Figur 10 Beräkningsnät på skrovytan och sjöbotten för Fall Nr 6 (likadant för Nr 7)	27
Figur 11 Beräkningsnät på skrovytan och sjöbotten för Fall Nr 8	28
Figur 12 Beräkningsnät på skrovytan och sjöbotten för Fall Nr 9	29
Figur 13 Bottenskjuvspänning för Fall Nr 1	32
Figur 14 Bottenskjuvspänning för Fall Nr 2	35
Figur 15 Bottenskjuvspänning för Fall Nr 3	38
Figur 16 Bottenskjuvspänning för Fall Nr 4	41
Figur 17 Bottenskjuvspänning för Fall Nr 5	44
Figur 18 Bottenskjuvspänning för Fall Nr 6	47
Figur 19 Bottenskjuvspänning för Fall Nr 7	50
Figur 20 Bottenskjuvspänning för Fall Nr 8	53
Figur 21 Bottenskjuvspänning för Fall Nr 9	56
Figur 22 Inducerade hastigheter på en yta 0.2m ovanför botten för Fall Nr 1	58
Figur 23 Inducerade hastigheter på en yta 0.2m ovanför botten för Fall Nr 2	60
Figur 24 Inducerade hastigheter på en yta 0.2m ovanför botten för Fall Nr 3	62
Figur 25 Inducerade hastigheter på en yta 0.2m ovanför botten för Fall Nr 4	64
Figur 26 Inducerade hastigheter på en yta 0.2m ovanför botten för Fall Nr 5	66
Figur 27 Inducerade hastigheter på en yta 0.2m ovanför botten för Fall Nr 6	68
Figur 28 Inducerade hastigheter på en yta 0.2m ovanför botten för Fall Nr 7	70
Figur 29 Inducerade hastigheter på en yta 0.2m ovanför botten för Fall Nr 8	72
Figur 30 Inducerade hastigheter på en yta 0.2m ovanför botten för Fall Nr 9	74
Figur 31 Inducerade hastigheter på horisontell plan $z = 2.06$ m, för Fall Nr 1.....	77
Figur 32 Inducerade hastigheter på horisontell plan $z = 2.06$ m, för Fall Nr 2.....	80
Figur 33 Inducerade hastigheter på horisontell plan $z = 2.06$ m, för Fall Nr 3.....	83
Figur 34 Inducerade hastigheter på ett vertikallplan genom fartygscentralplan, för Fall Nr 4	86
Figur 35 Inducerade hastigheter på horisontell plan $z = 2.06$ m, för Fall Nr 4.....	89
Figur 36 Inducerade hastigheter på horisontell plan $z = 4.0$ m, för Fall Nr 5	92
Figur 37 Inducerade hastigheter på horisontell plan $z = 4.0$ m, för Fall Nr 6	95
Figur 38 Inducerade hastigheter på horisontell plan $z = 2.06$ m, för Fall Nr 7	98
Figur 39 Inducerade hastigheter på horisontell plan $z = 2.06$ m, för Fall Nr 8	101
Figur 40 Inducerade hastigheter på horisontell plan $z = 2.06$ m, för Fall Nr 9.....	104
Figur 41 Zoomad vy på maximal bottenskjuvspänning område för Fall Nr 9	105

Samling av figurer

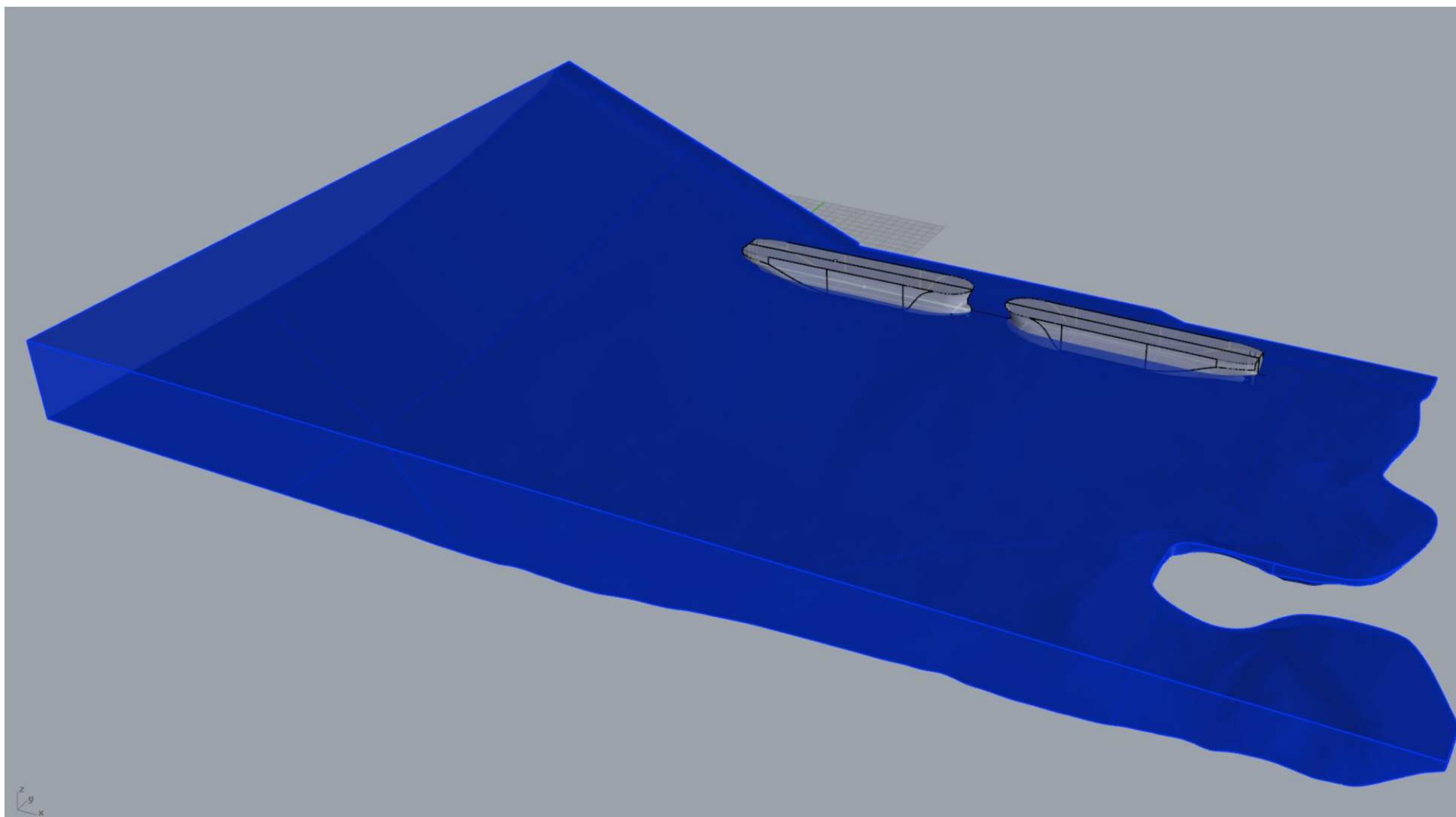
6 Figurer



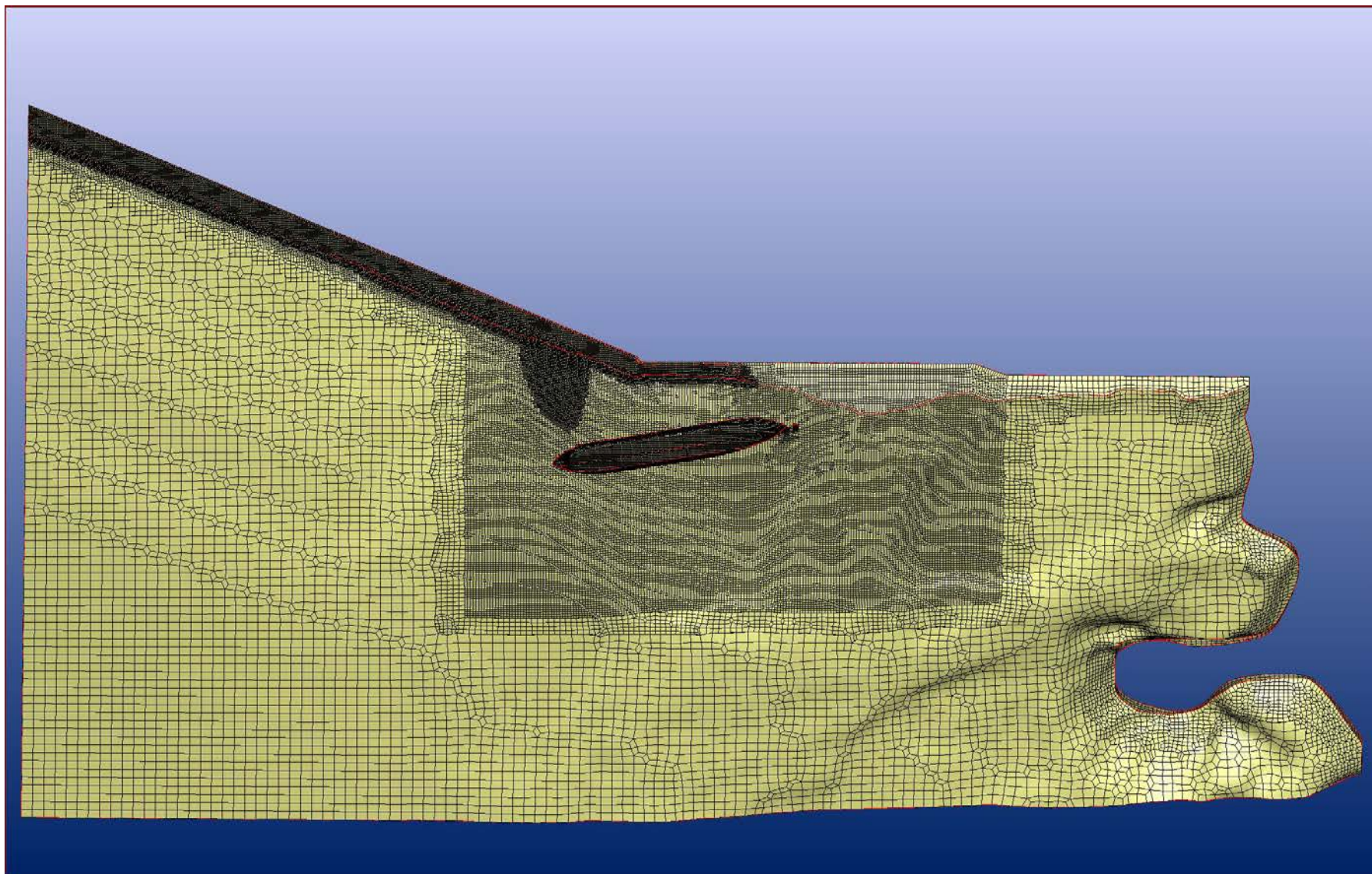
Figur 2 Skiss över den planerade hamnen i Mälaren



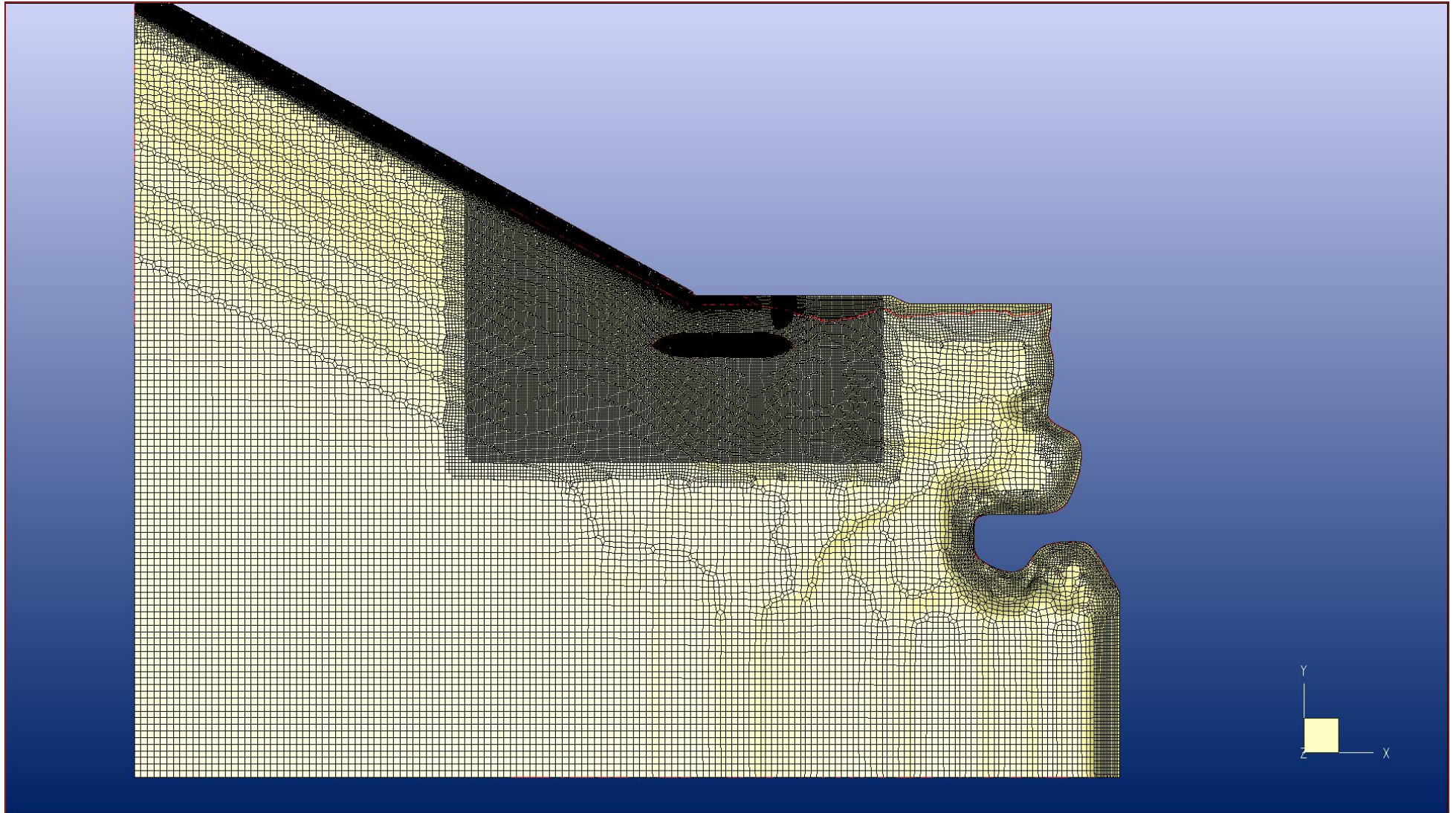
Figur 3 Representation av bottentopografi i Rhinos (gröna linjer visar kajområdet)



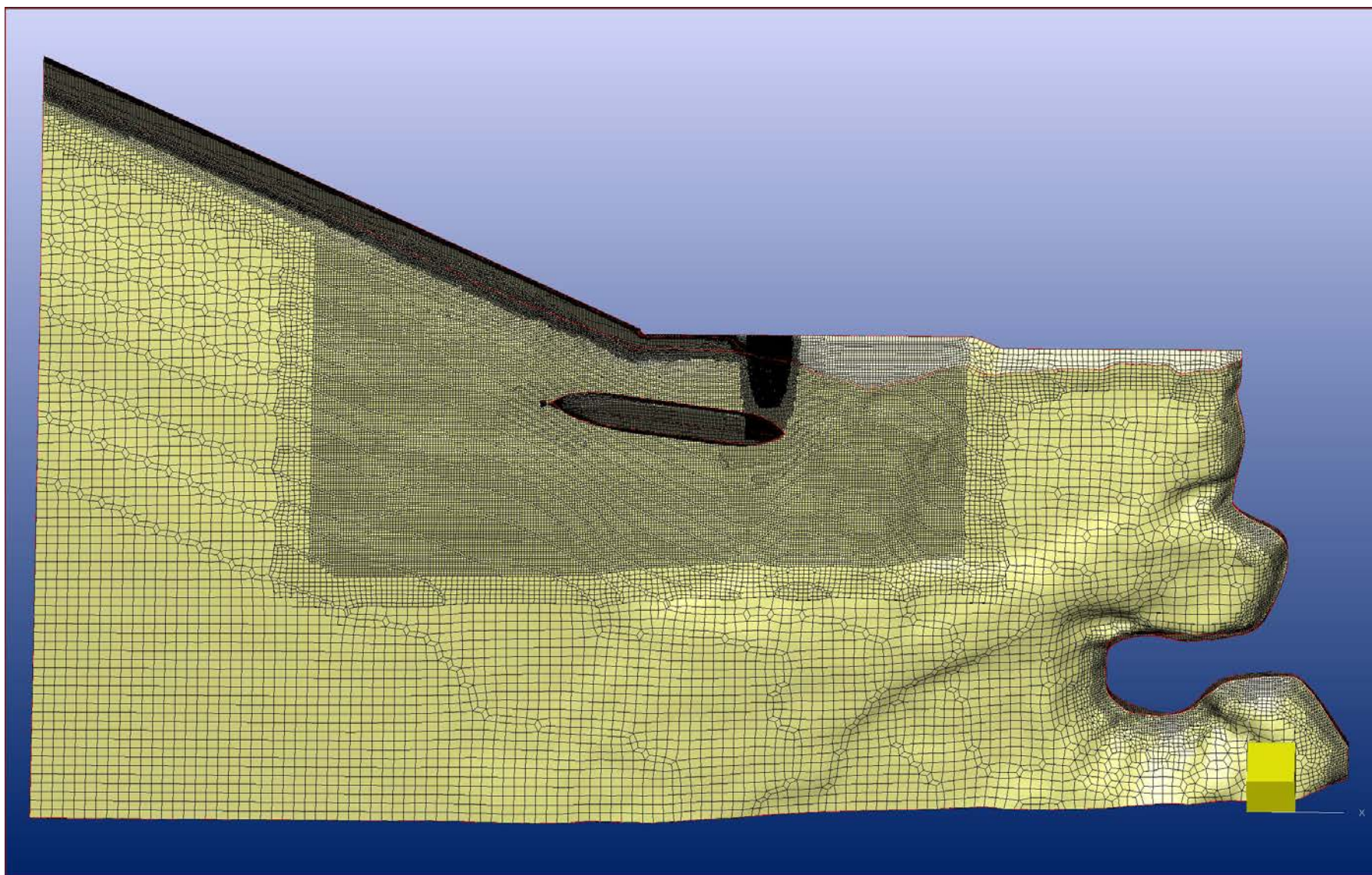
Figur 4 Beräkningsdomän med fartyg i förtöjd position invid kajen.



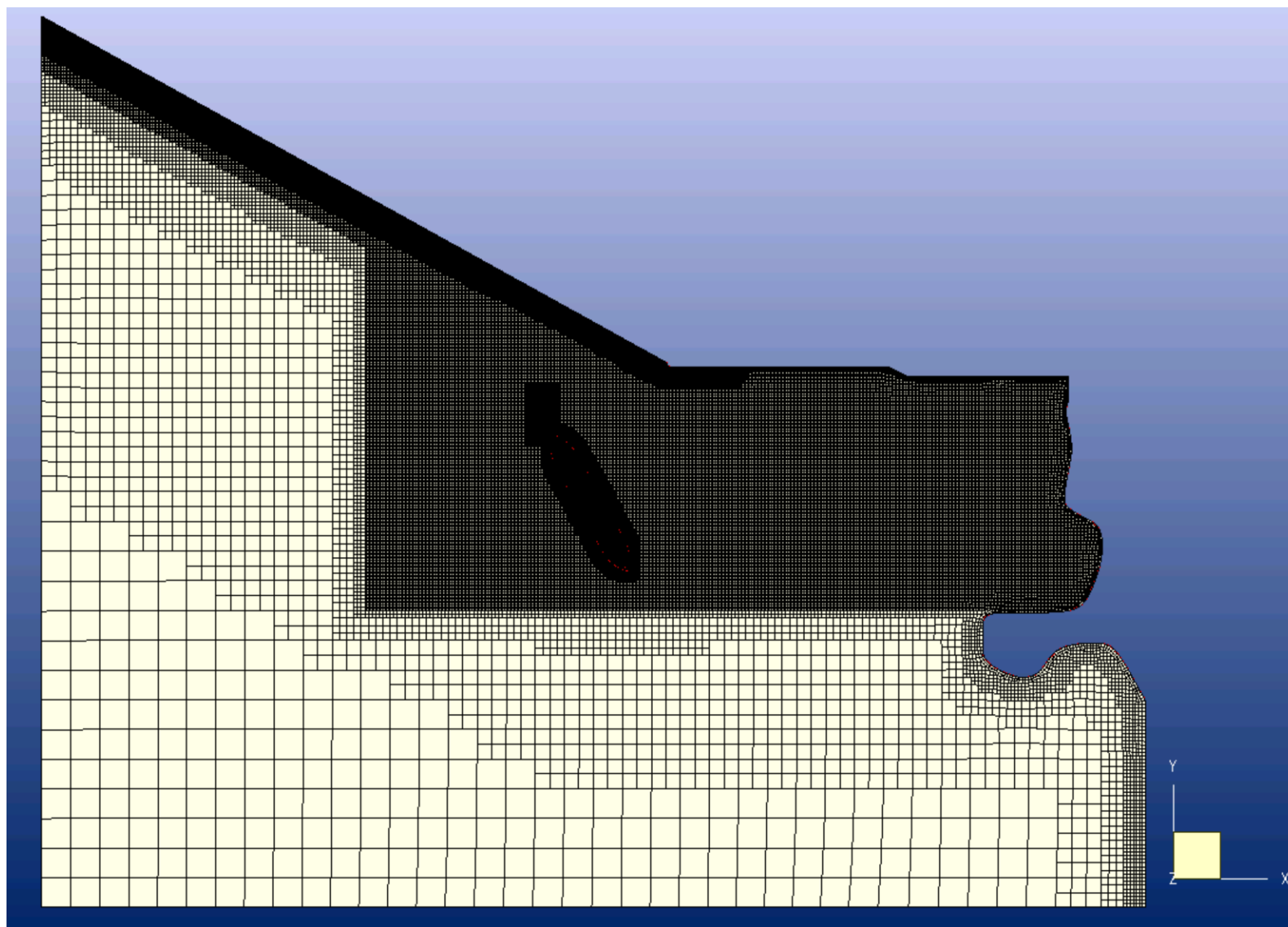
Figur 5 Beräkningsnät på skrovytan och sjöbotten för Fall Nr 1



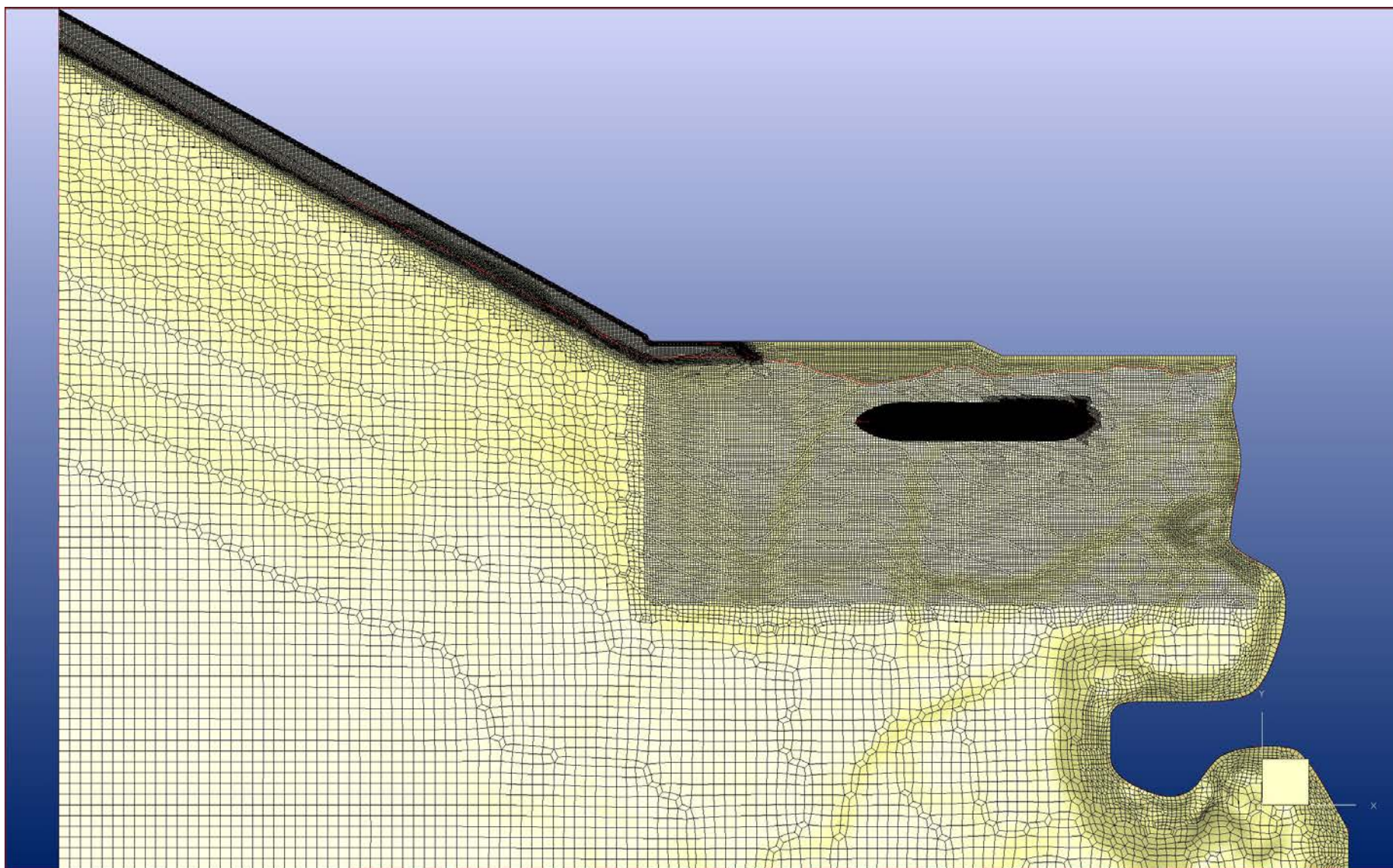
Figur 6 Beräkningsnät på skrovytan och sjöbotten för Fall Nr 2



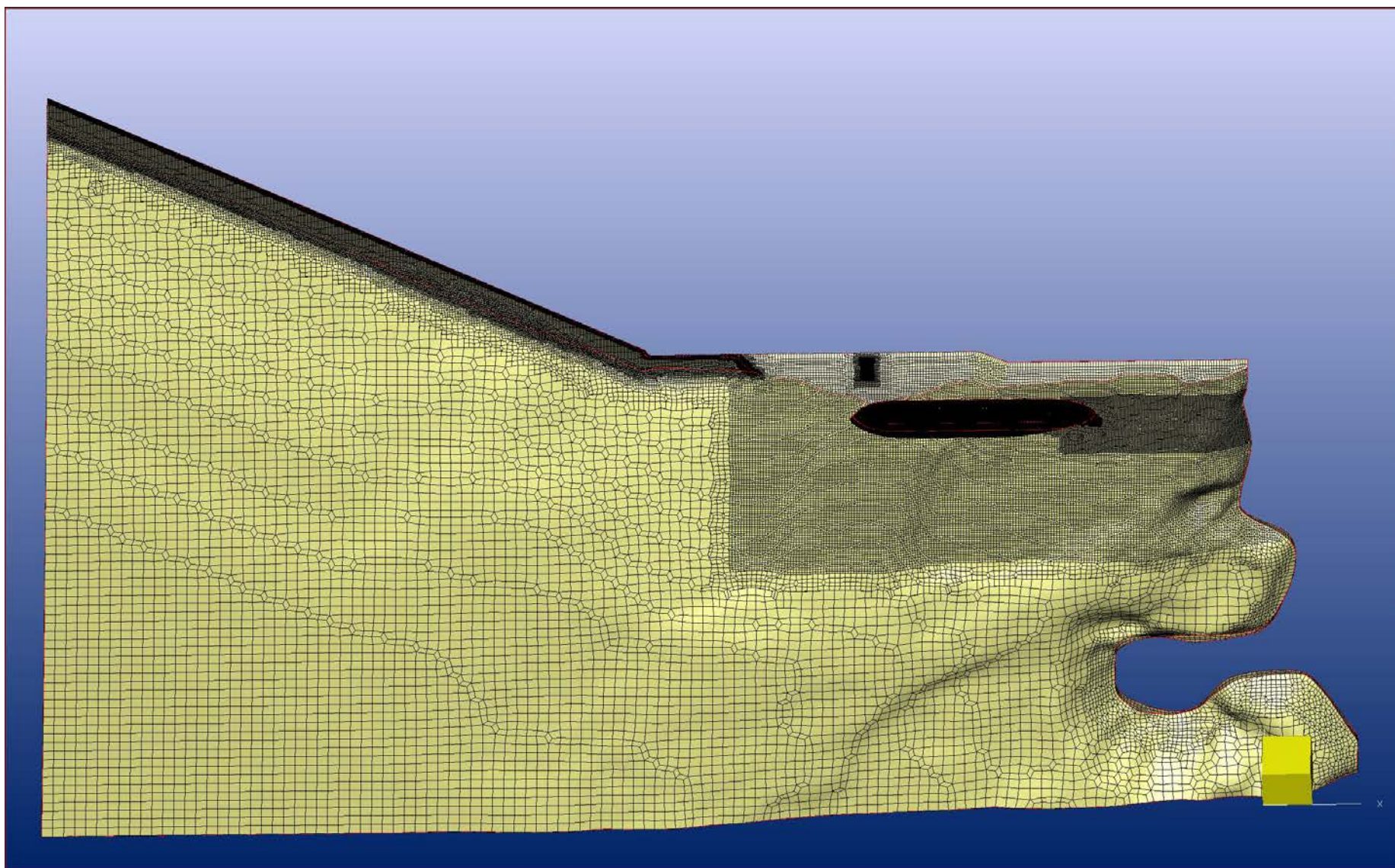
Figur 7 Beräkningsnät på skrovytan och sjöbotten för Fall Nr 3



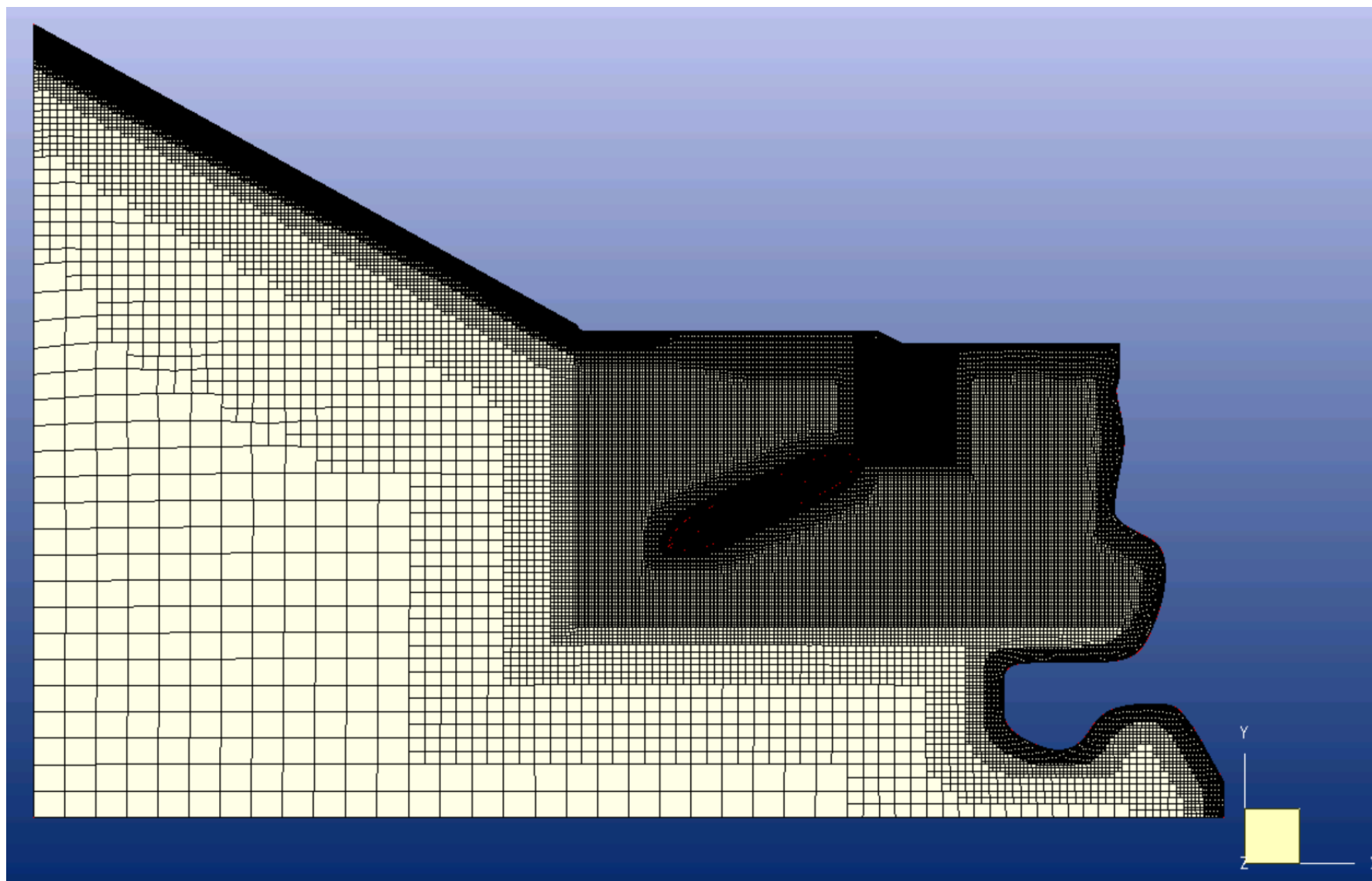
Figur 8 Beräkningsnät på skrovytan och sjöbotten för Fall Nr 4



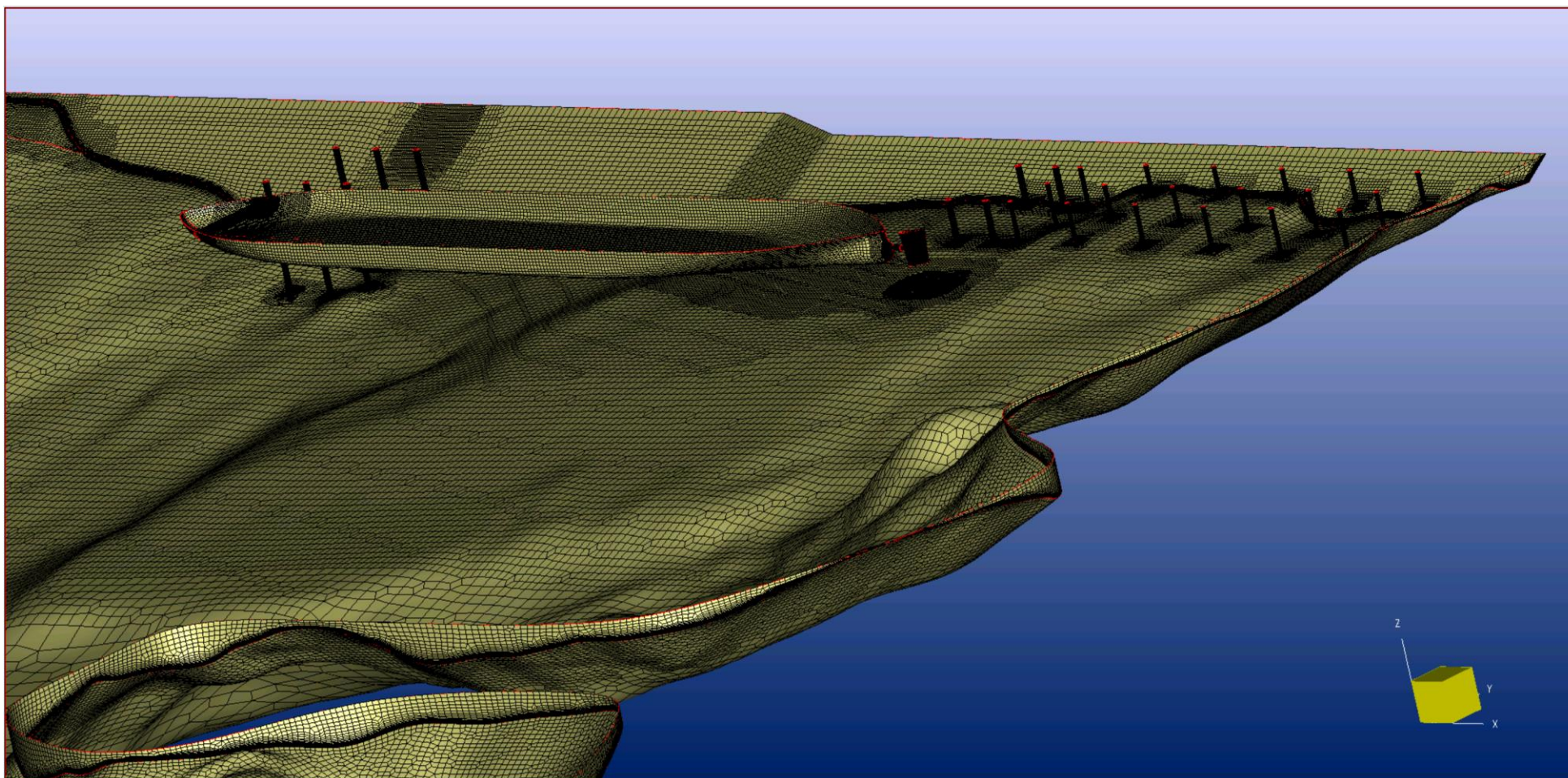
Figur 9 Beräkningsnät på skrovytan och sjöbotten för Fall Nr 5



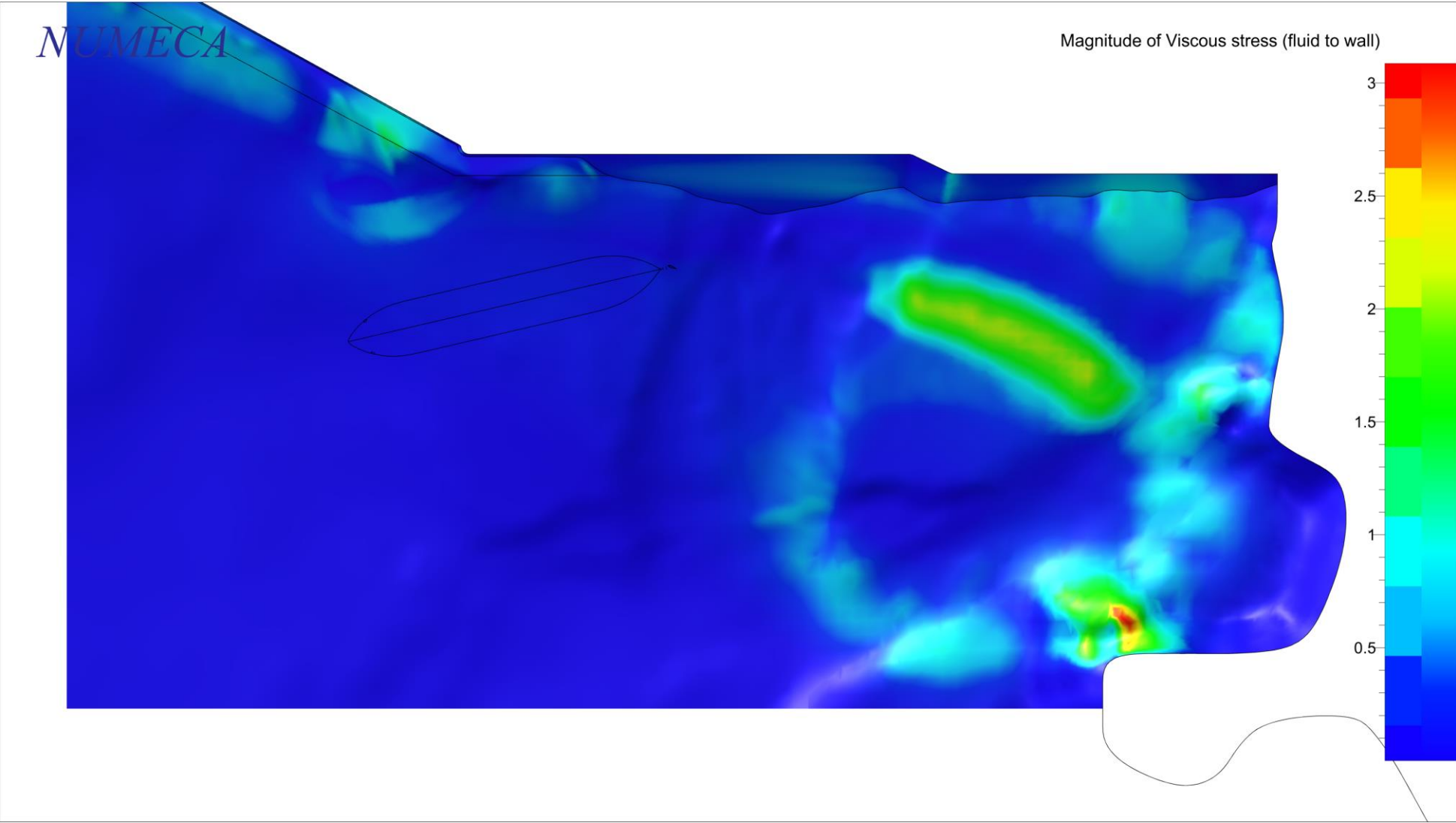
Figur 10 Beräkningsnät på skrovytan och sjöbotten för Fall Nr 6 (likadant för Nr 7)



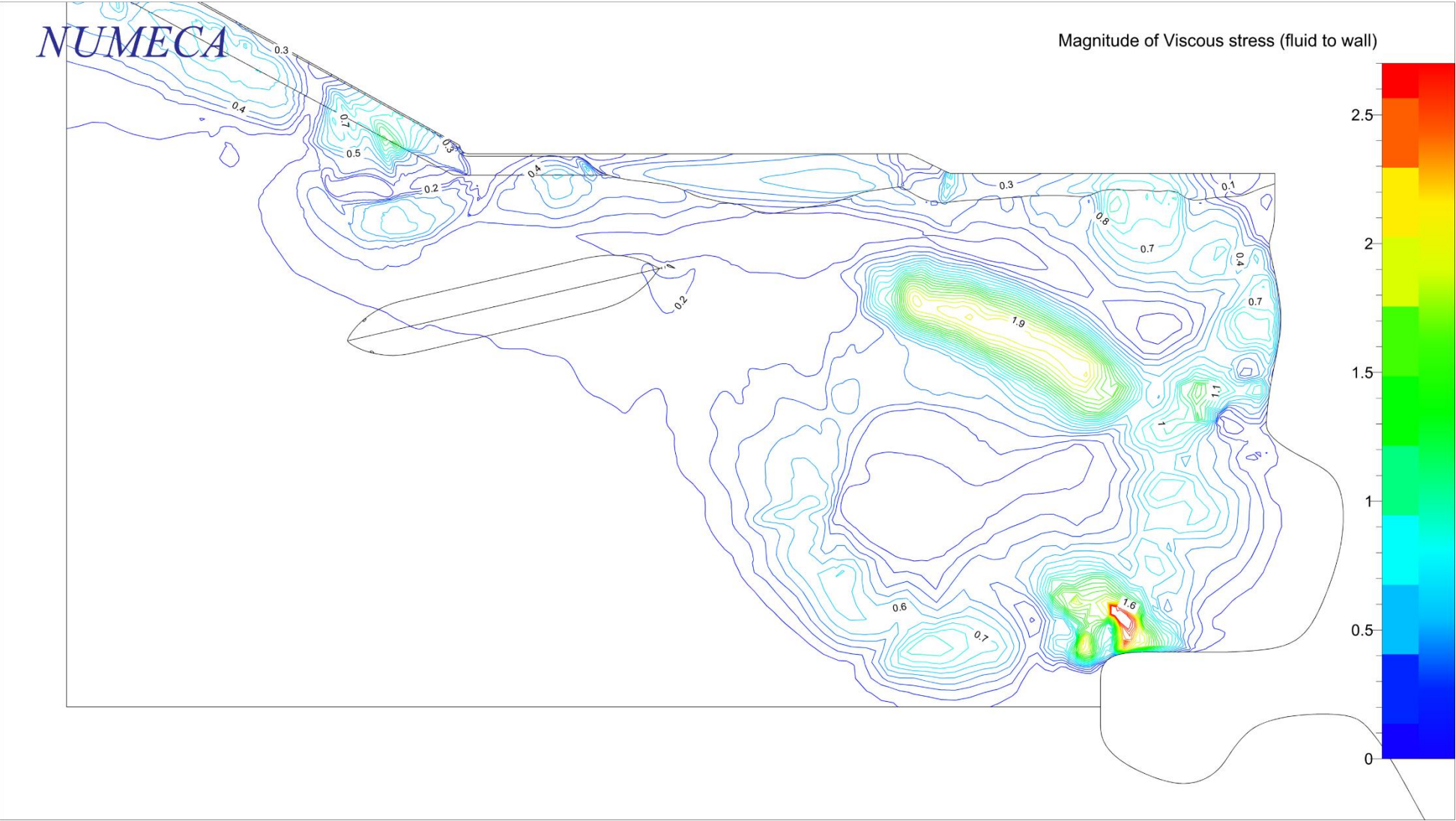
Figur 11 Beräkningsnät på skrovytan och sjöbotten för Fall Nr 8



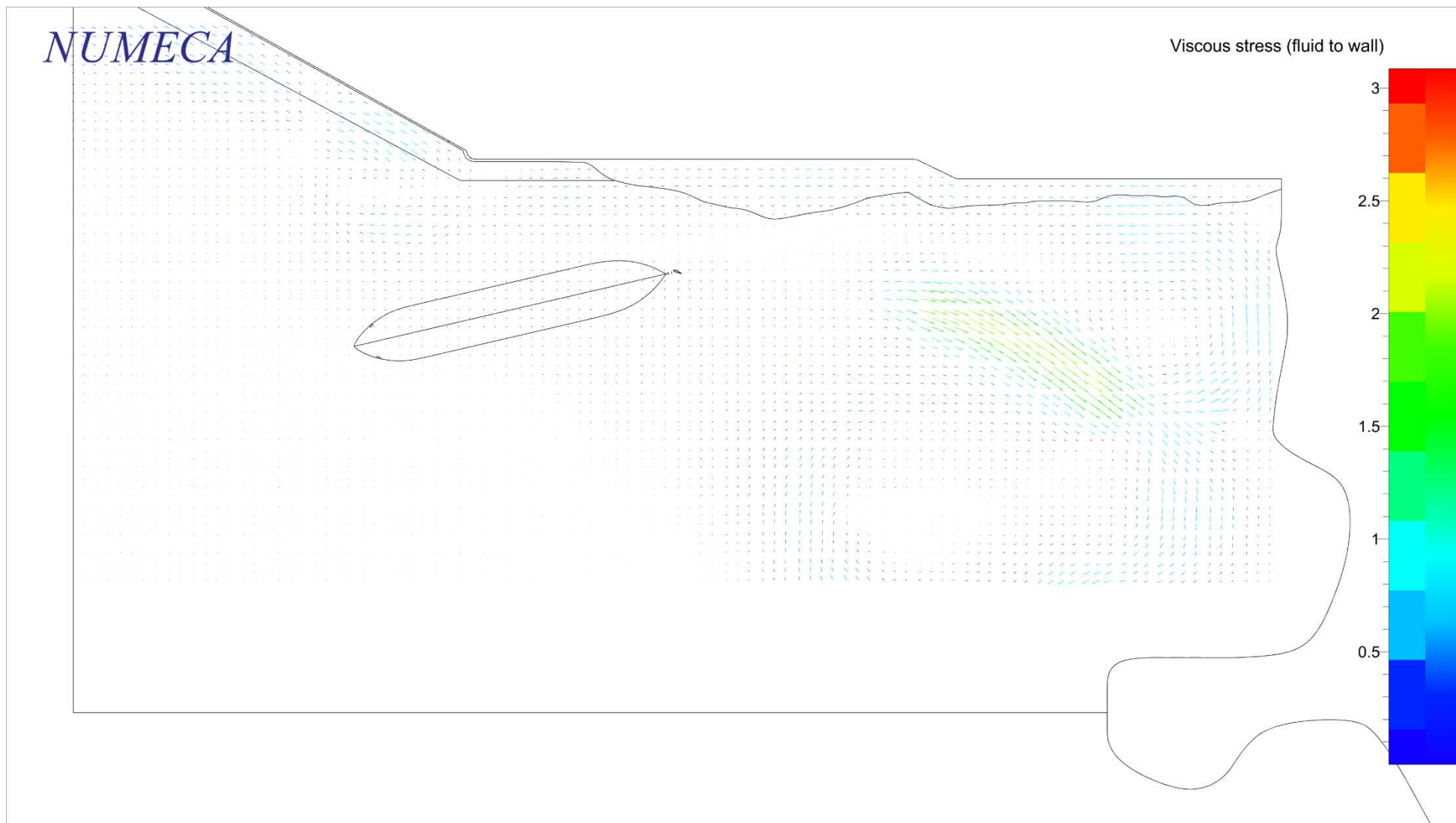
Figur 12 Beräkningsnät på skrovytan och sjöbotten för Fall Nr 9



(a) Konturplottar, Fall Nr 1

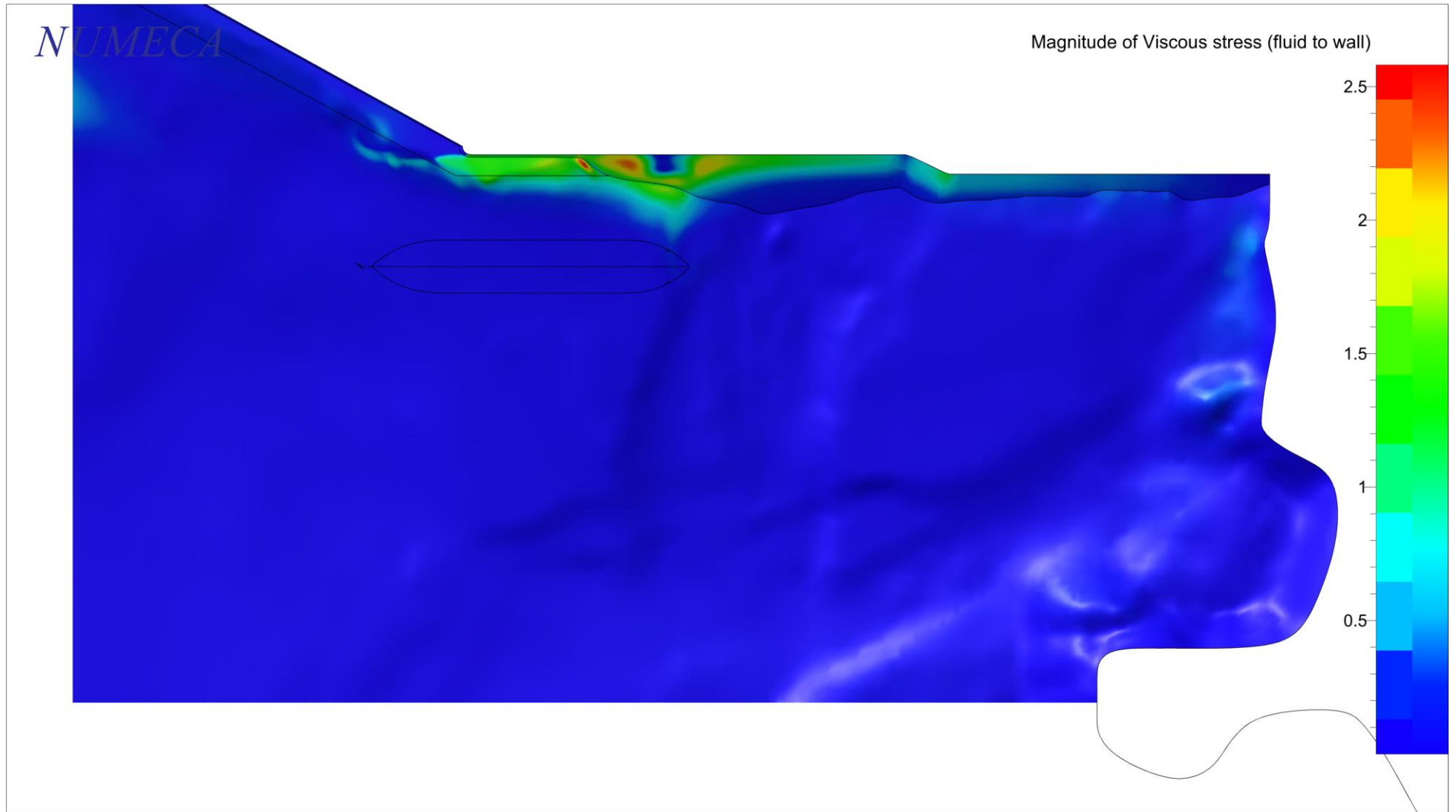


(b) Iso-kurvor, Fall Nr 1

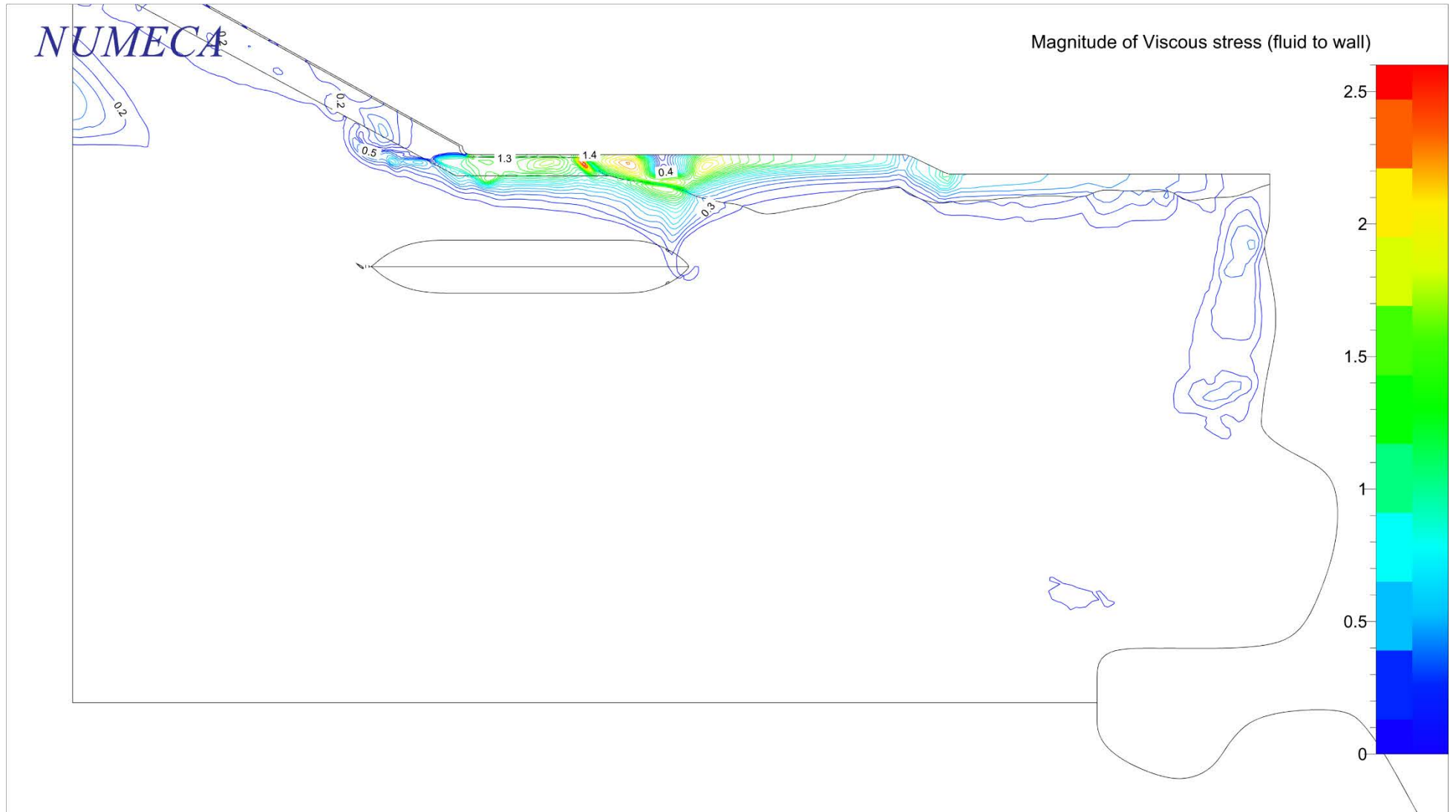


(c) Vektorplottar, Fall Nr 1

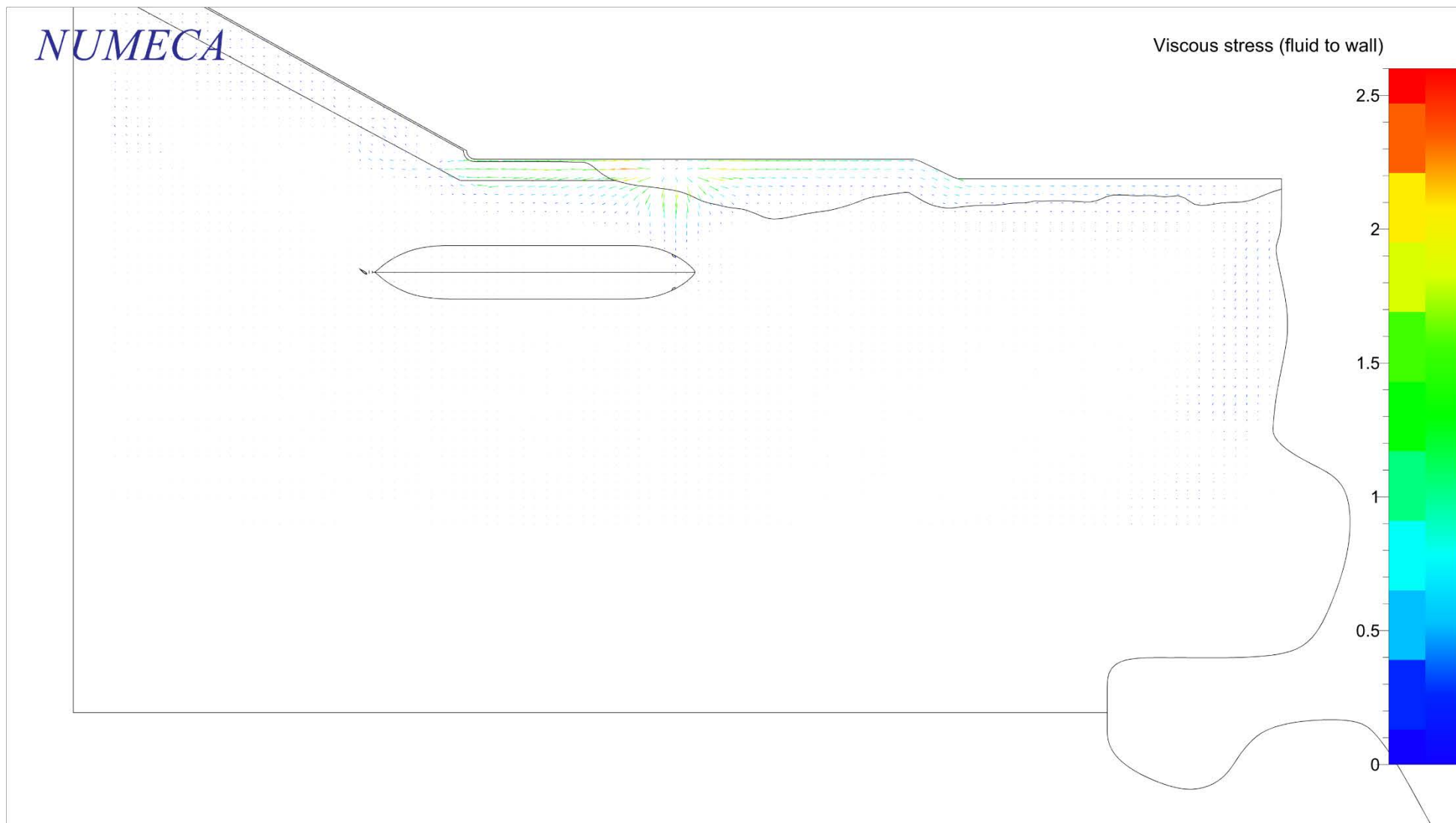
Figur 13 Bottenskjuvspänning för Fall Nr 1



(a) Konturplottar, Fall Nr 2

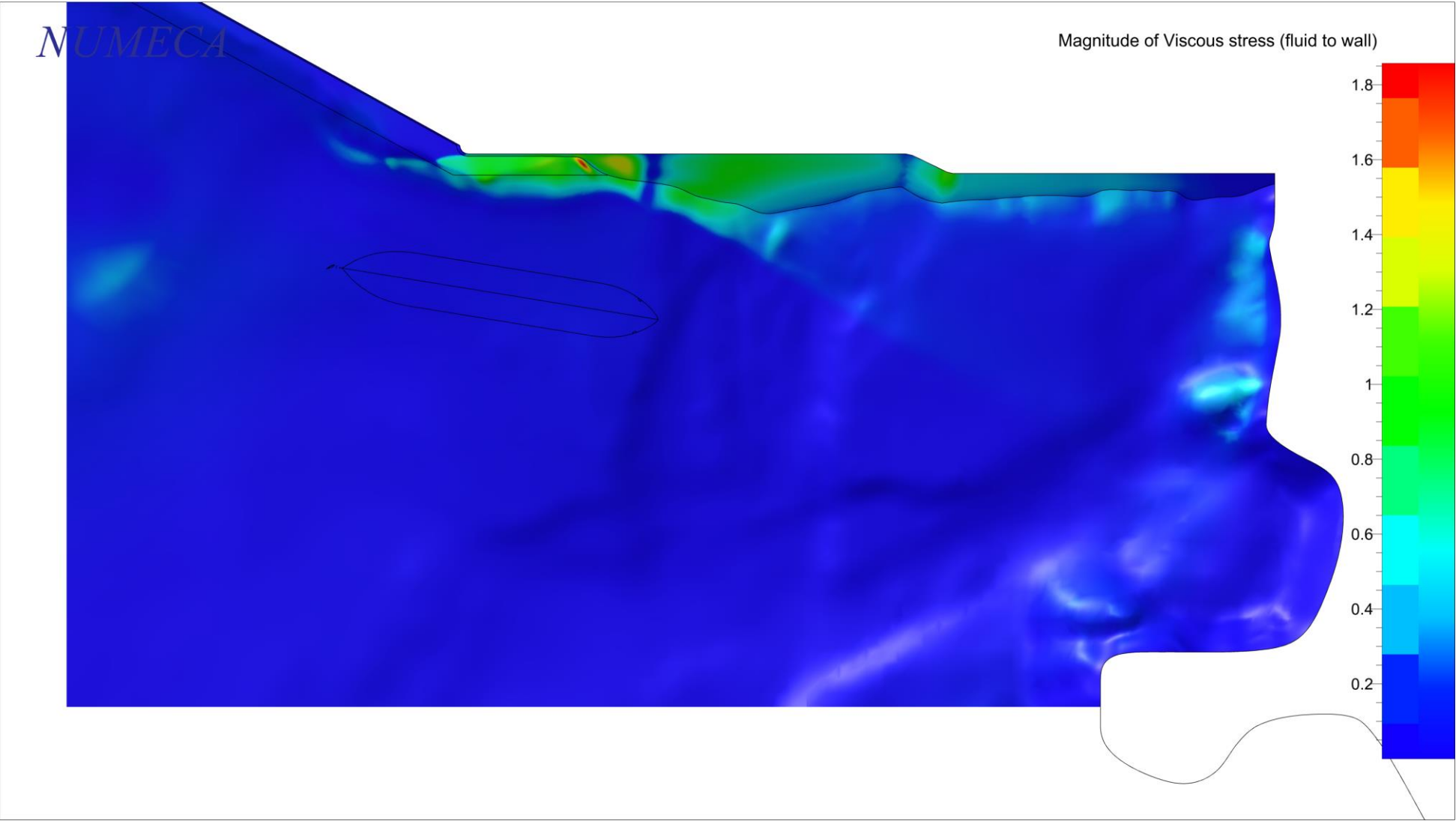


(b) Iso-kurvor, Fall Nr 2

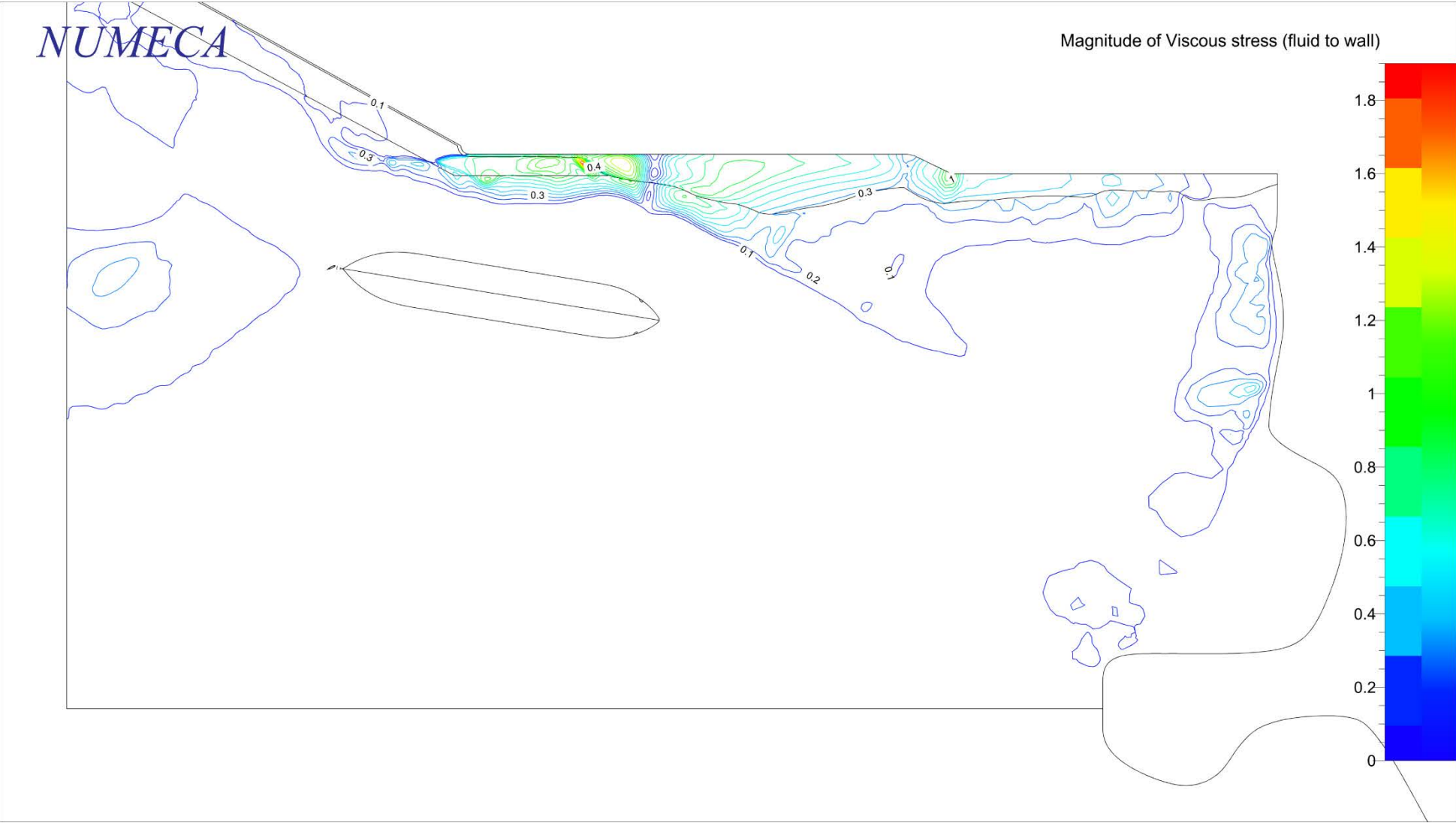


(c) Vektorplottar, Fall Nr 2

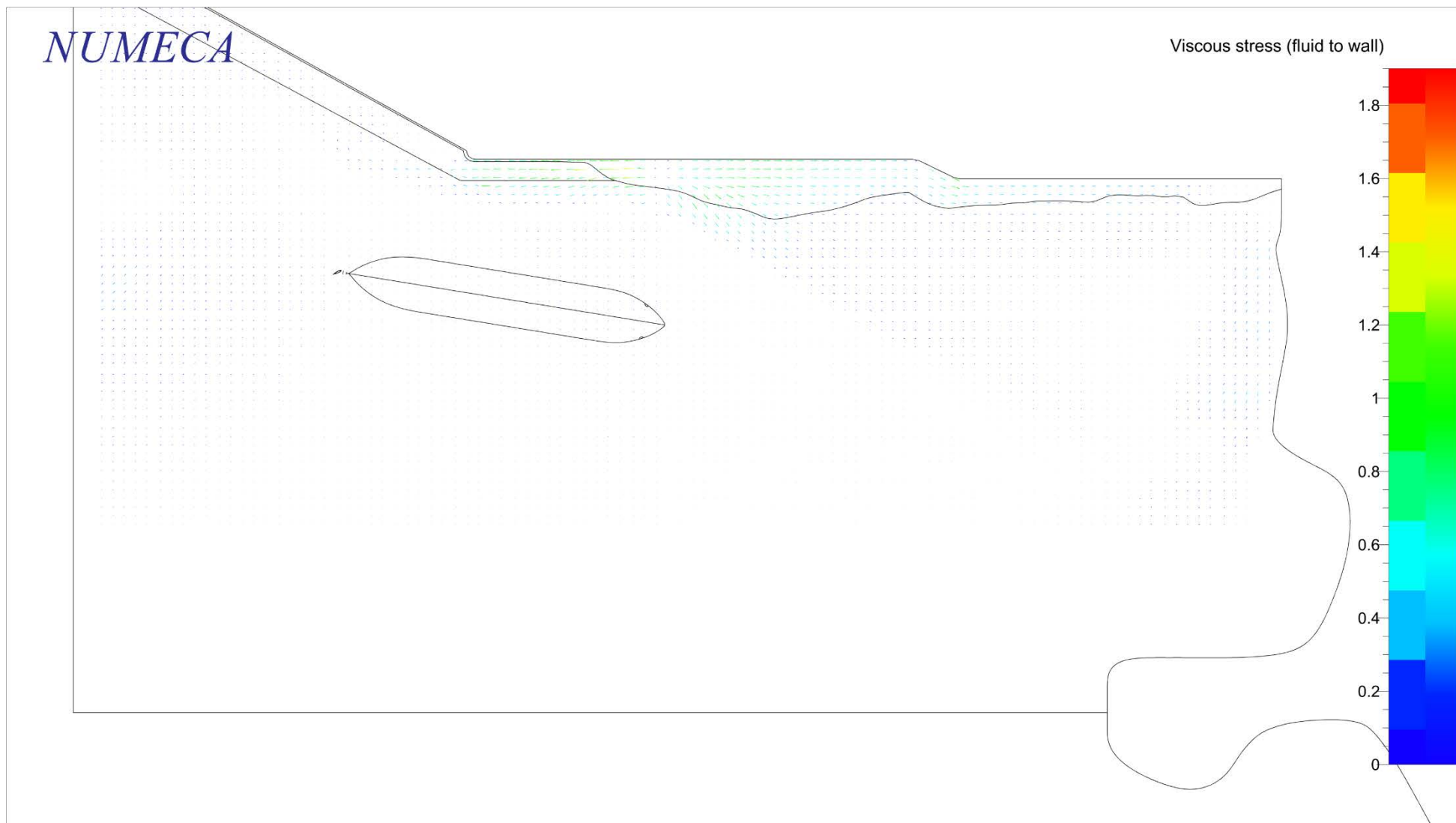
Figur 14 Bottenskvivspänning för Fall Nr 2



(a) Konturplottar, Fall Nr 3

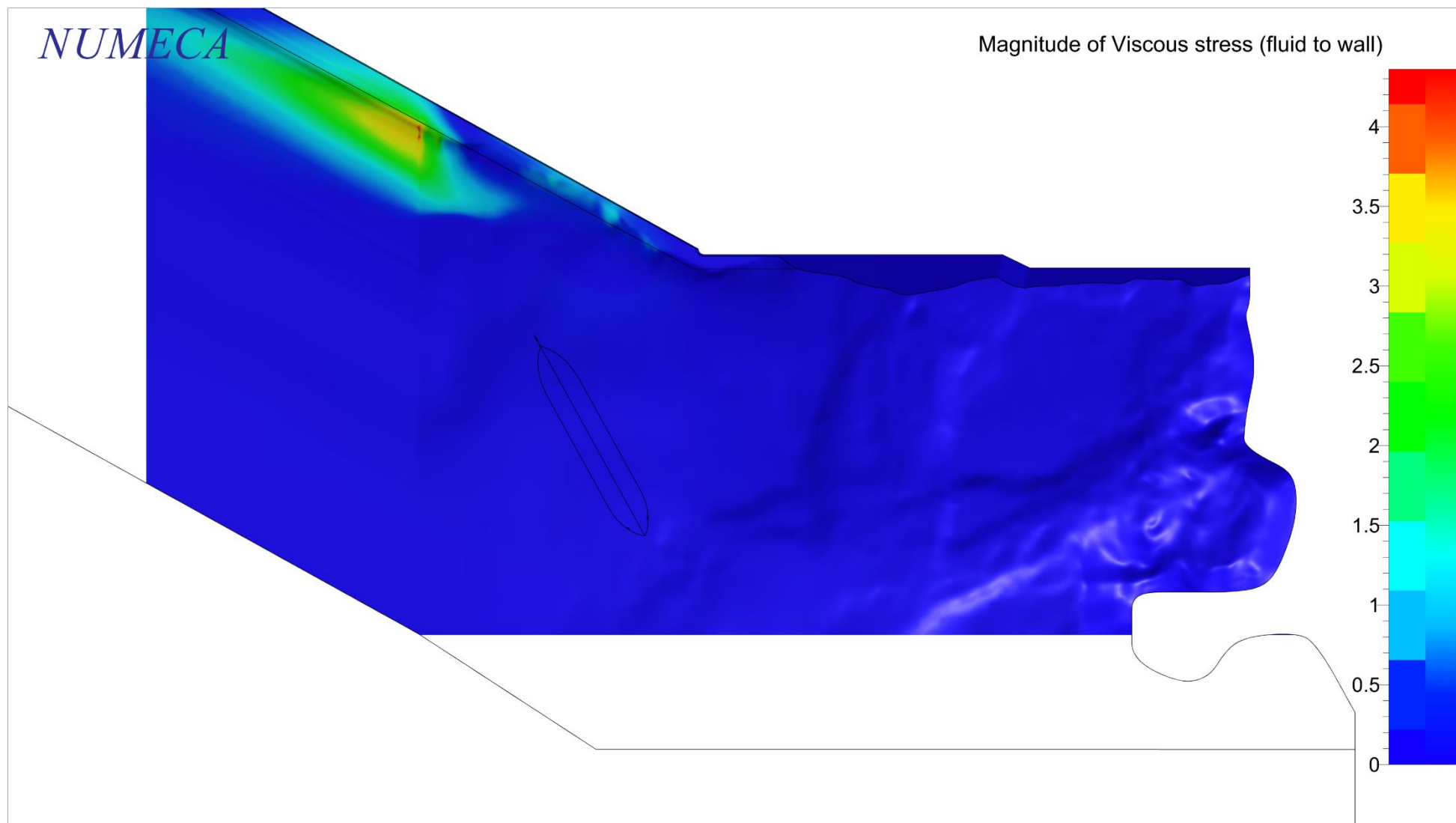


(b) Iso-kurvor, Fall Nr 3

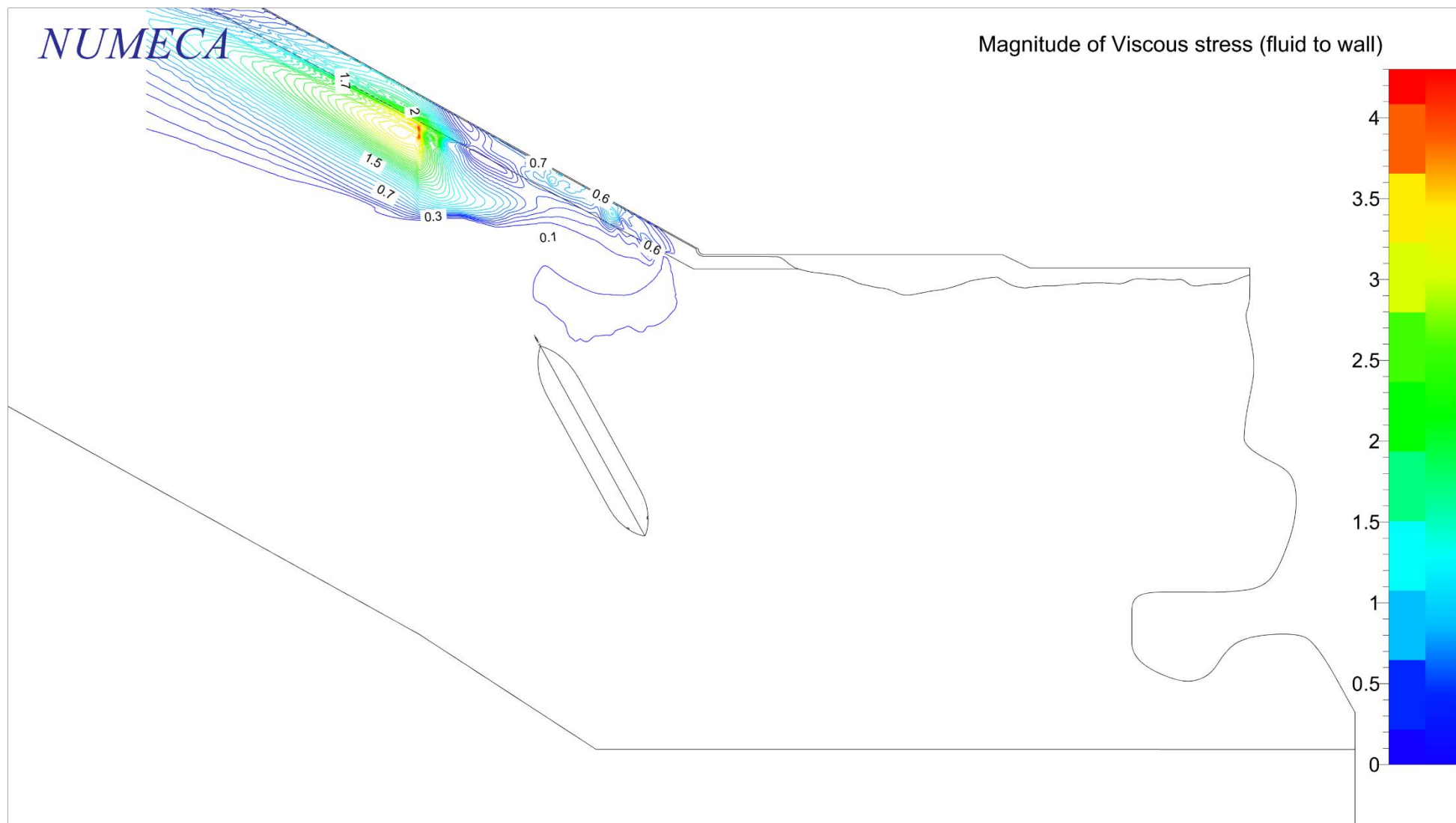


(c) Vektorplottar, Fall Nr 3

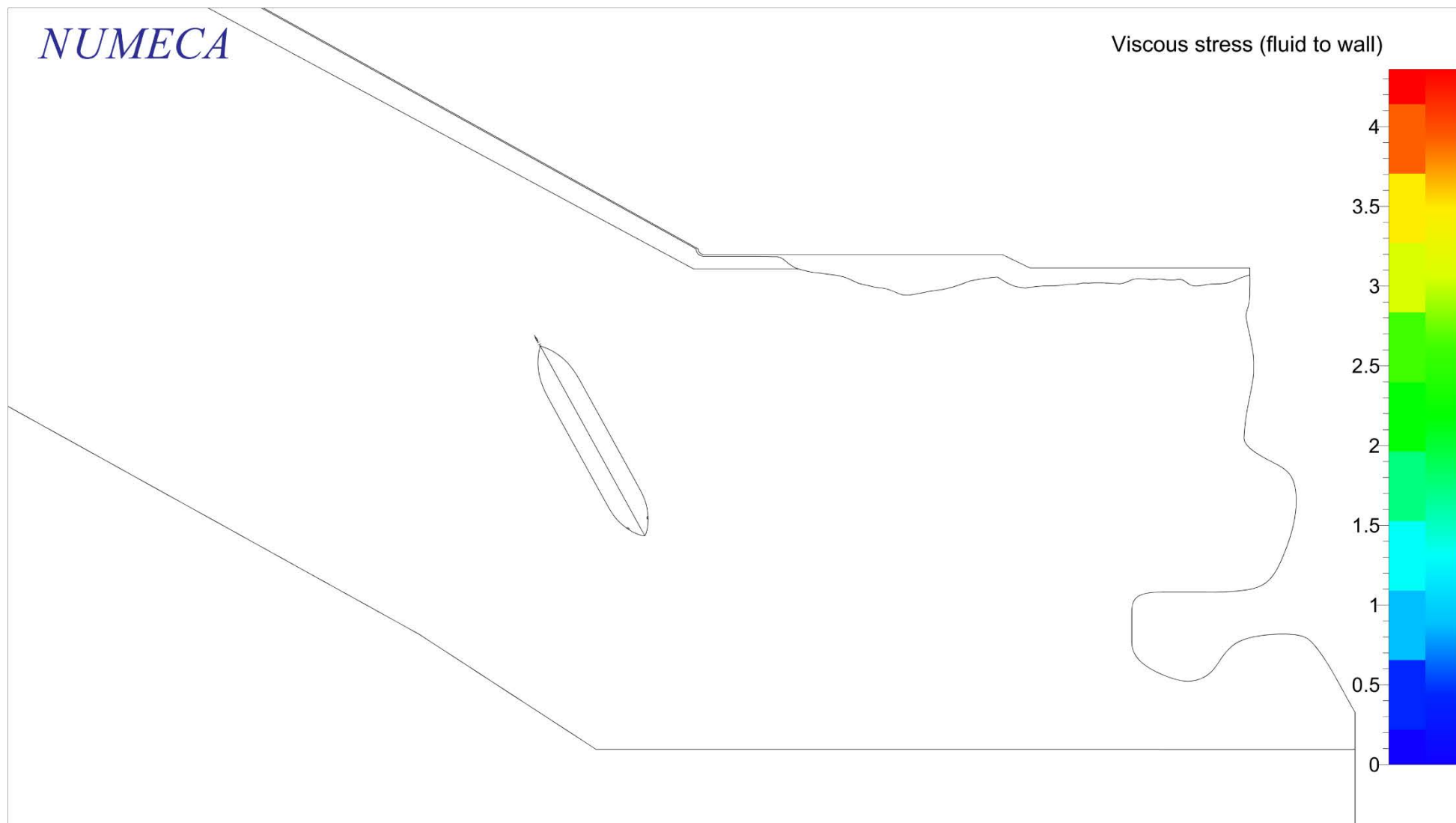
Figur 15 Bottenskjuvspänning för Fall Nr 3



(a) Konturplottar, Fall Nr 4

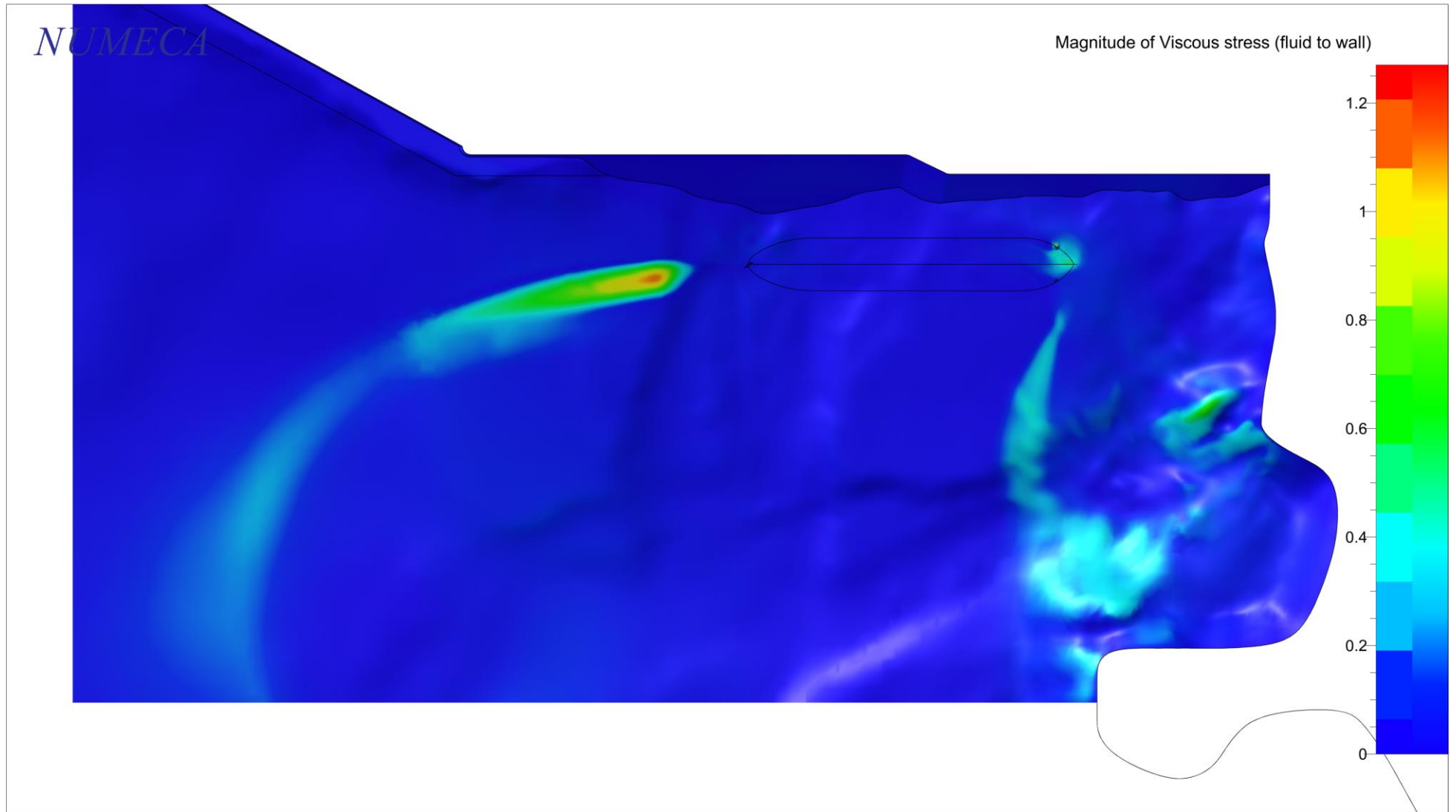


(b) Iso-kurvor, Fall Nr 4



(c) Vektorplottar, Fall Nr 4

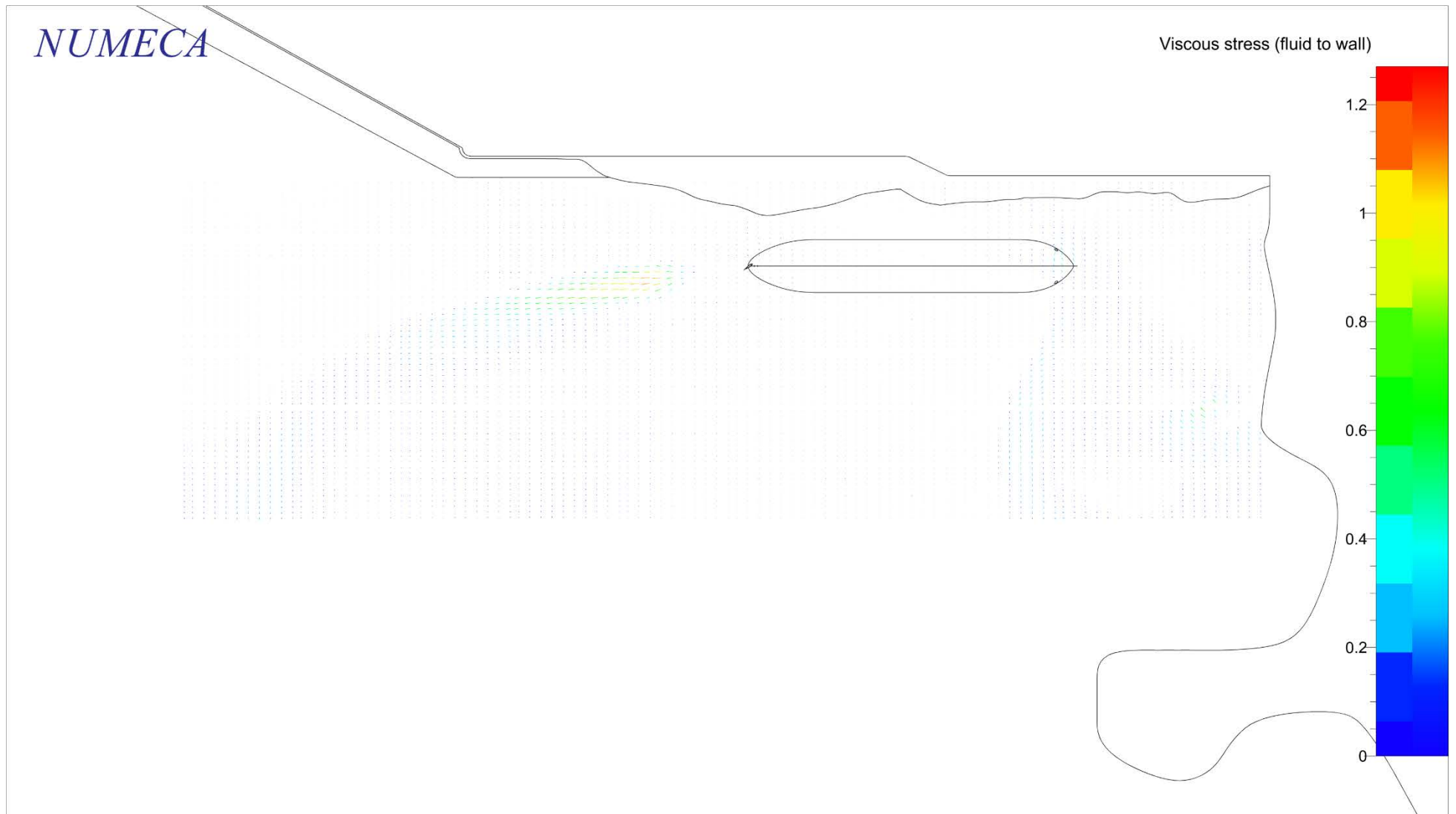
Figur 16 Bottenskjuvspänning för Fall Nr 4



(a) Konturplottar, Fall Nr 5

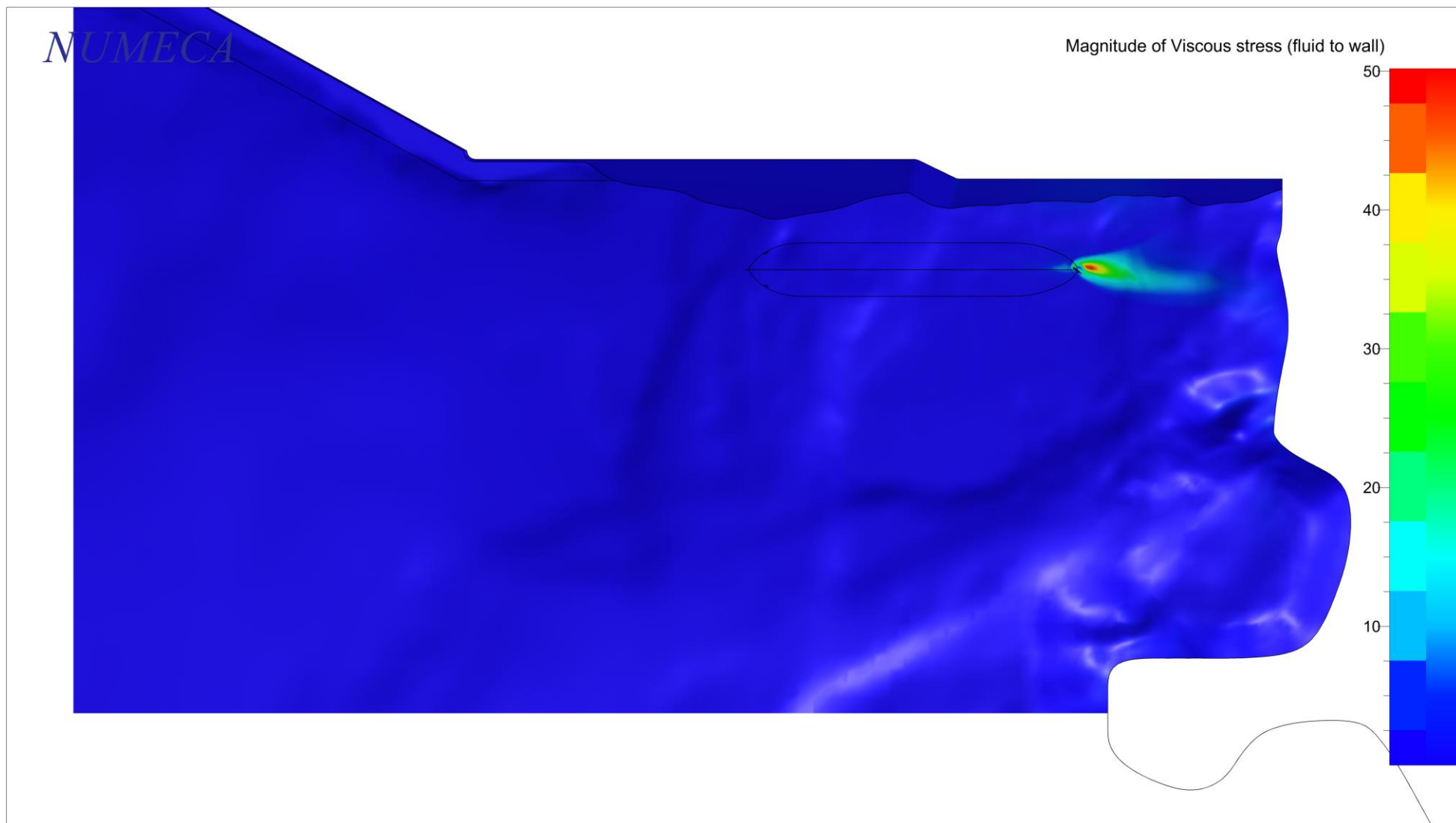


(b) Iso-kurvor, Fall Nr 5



(c) Vektorplottar, Fall Nr 5

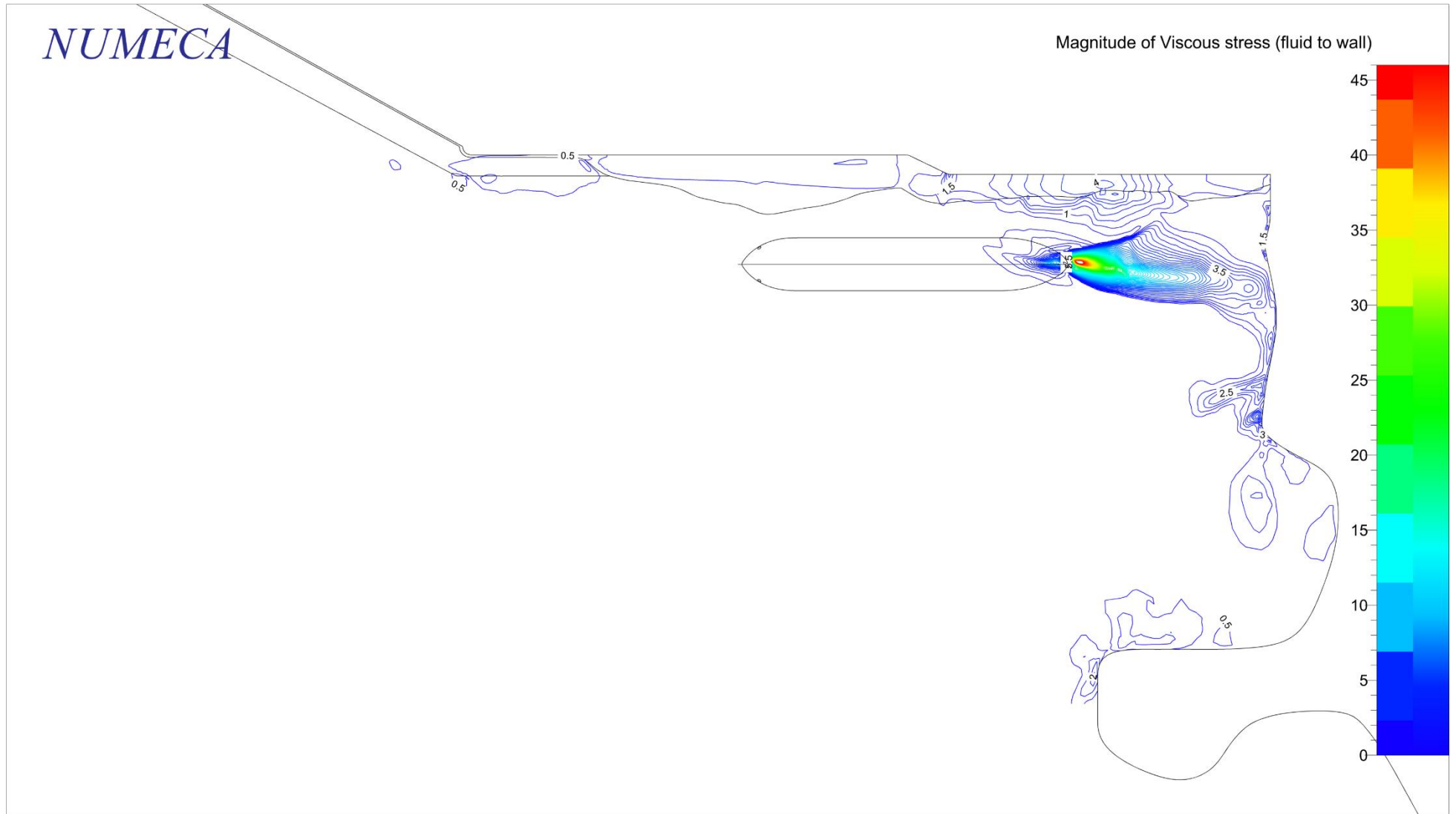
Figur 17 Bottenskjuvspänning för Fall Nr 5



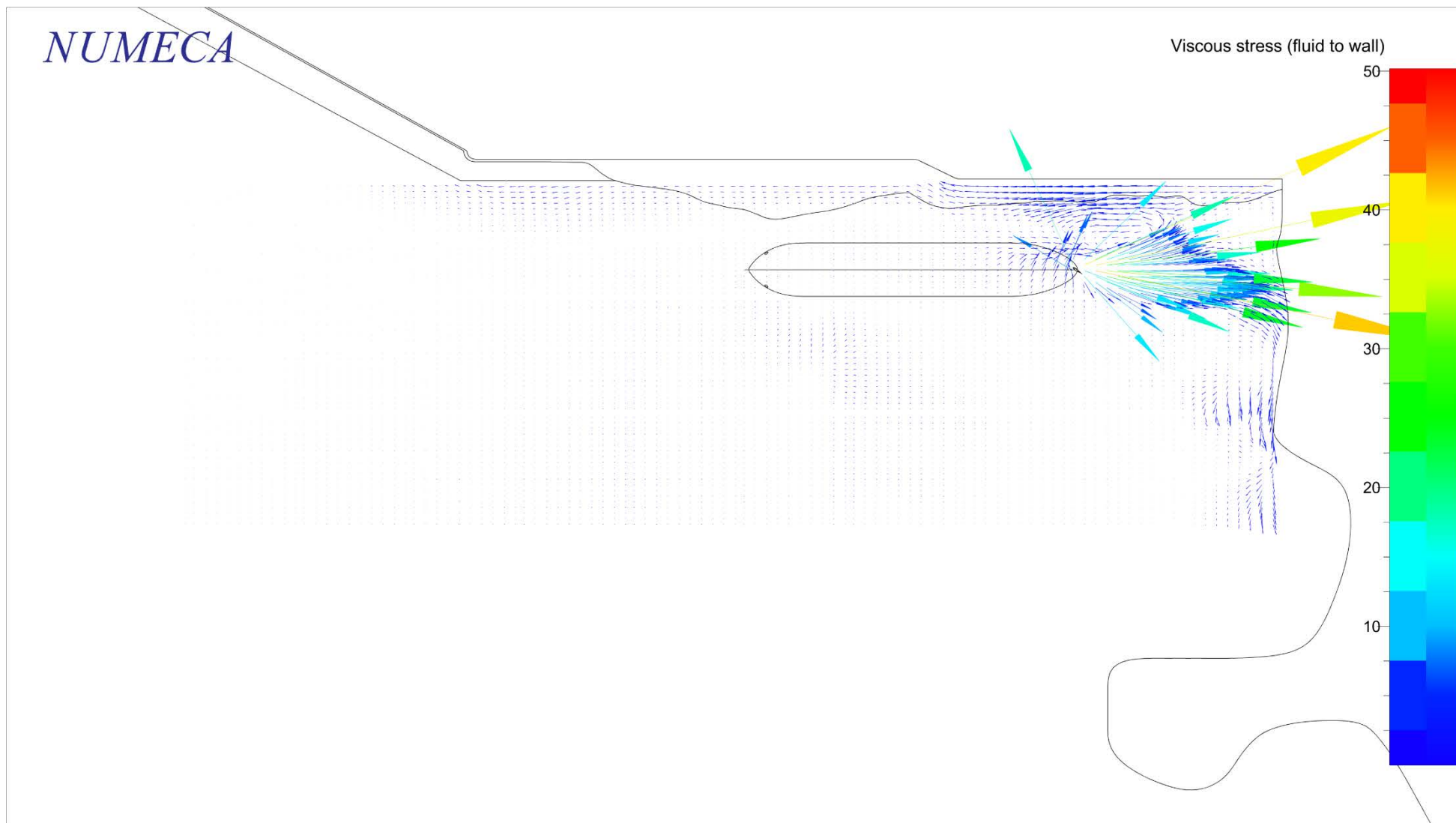
(a) Konturplottar, Fall Nr 6

NUMECA

Magnitude of Viscous stress (fluid to wall)

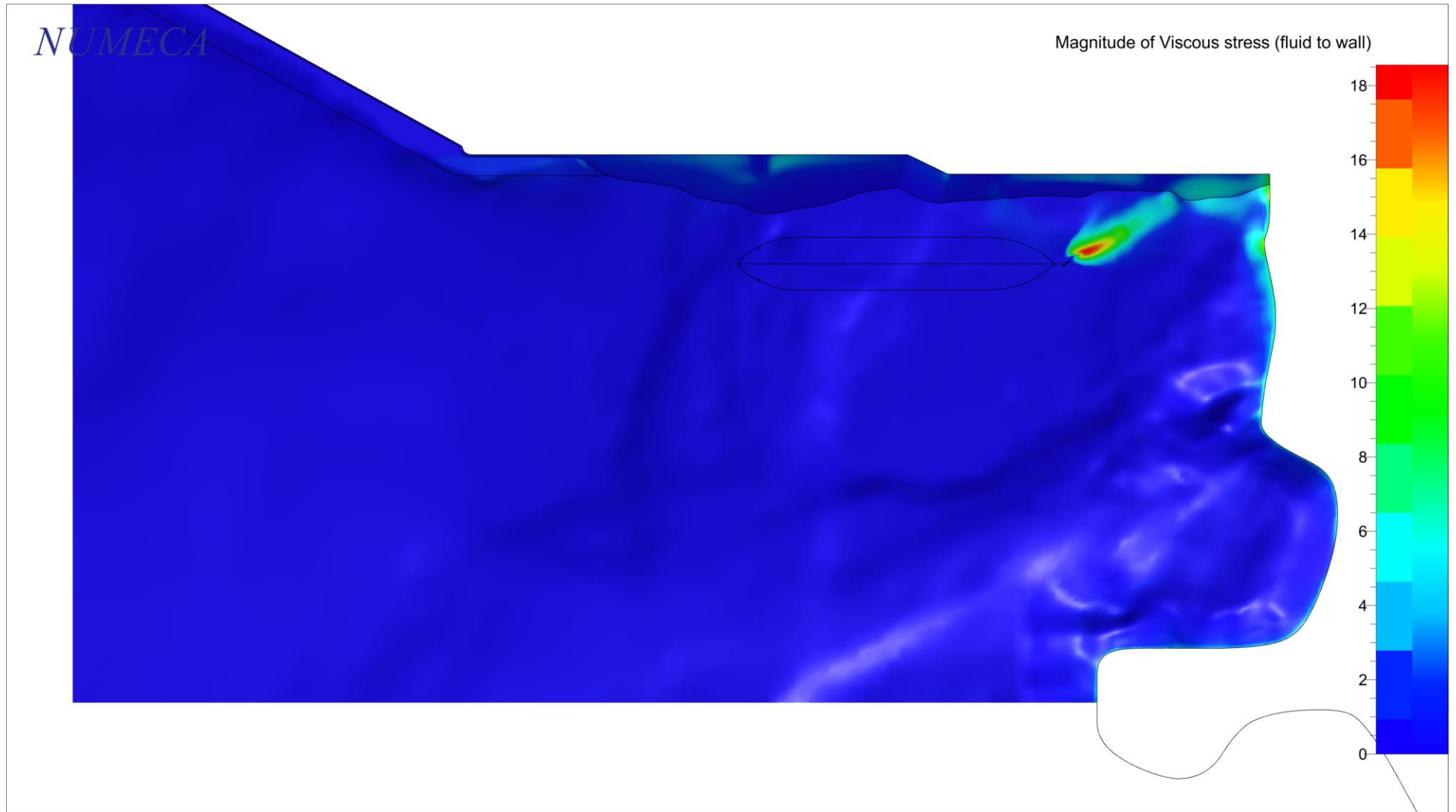


(b) Iso-kurvor, Fall Nr 6



(c) Vektorplottar, Fall Nr 6

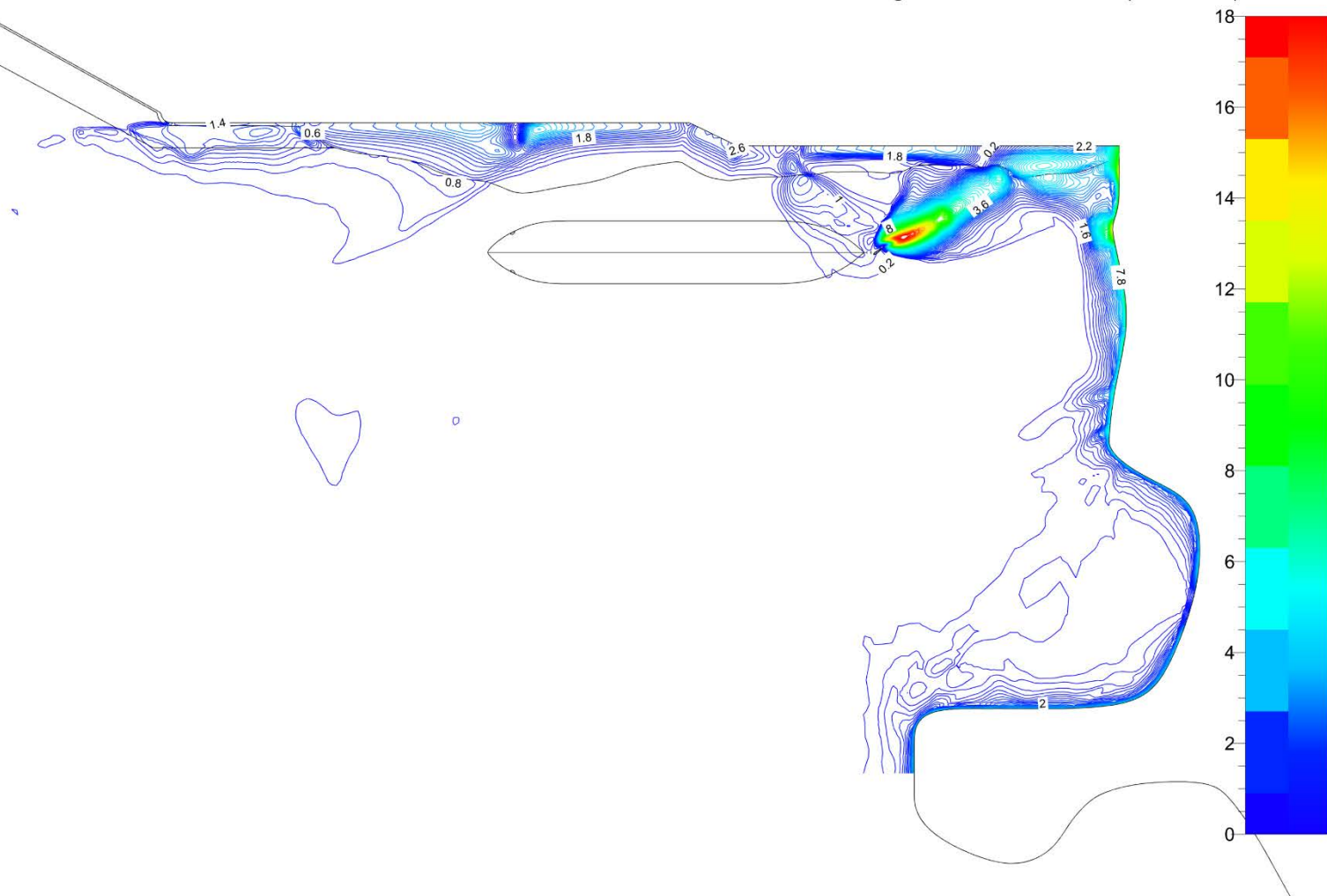
Figur 18 Bottenskjuvspänning för Fall Nr 6



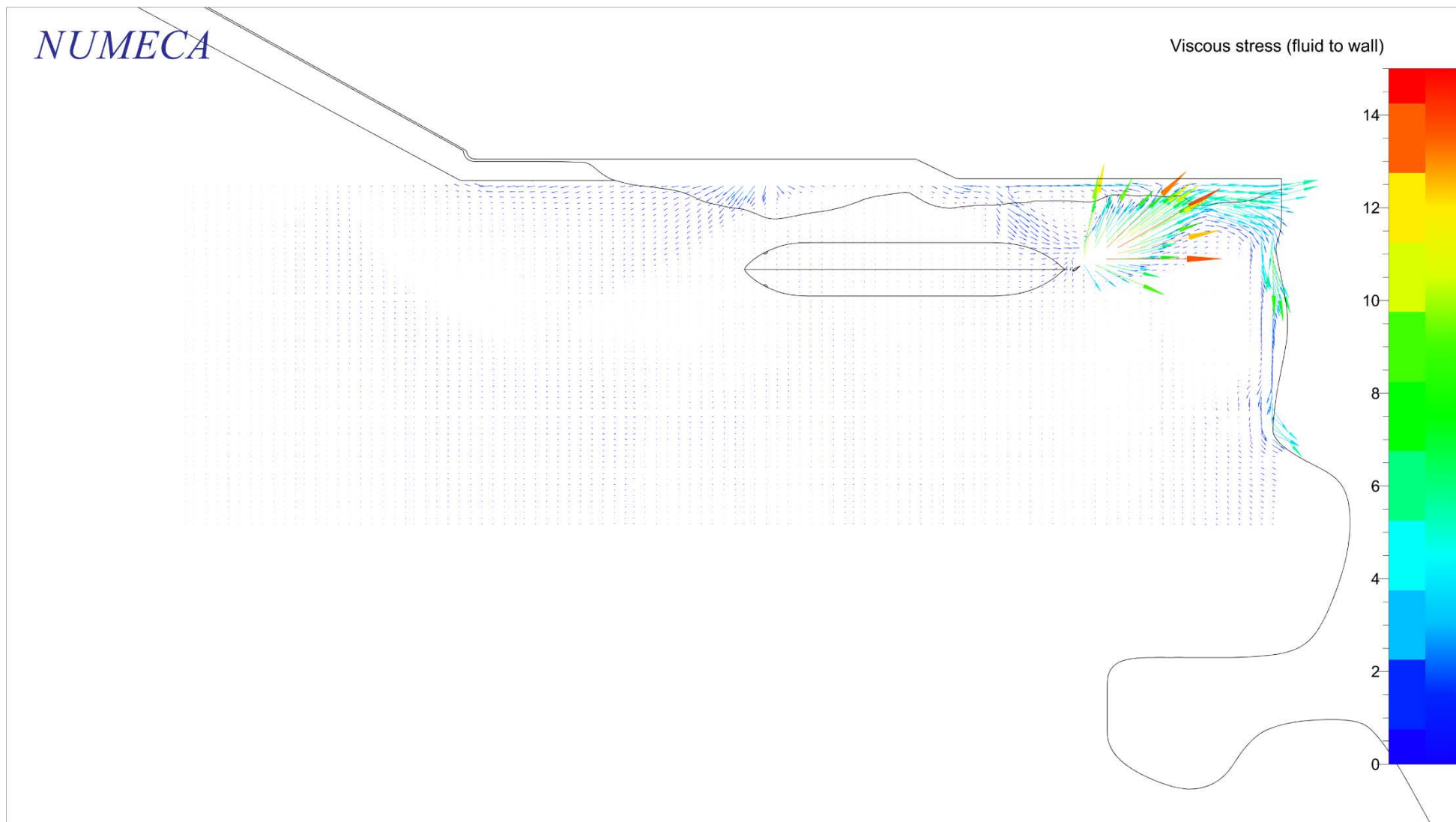
(a) Konturplottar, Fall Nr 7

NUMECA

Magnitude of Viscous stress (fluid to wall)

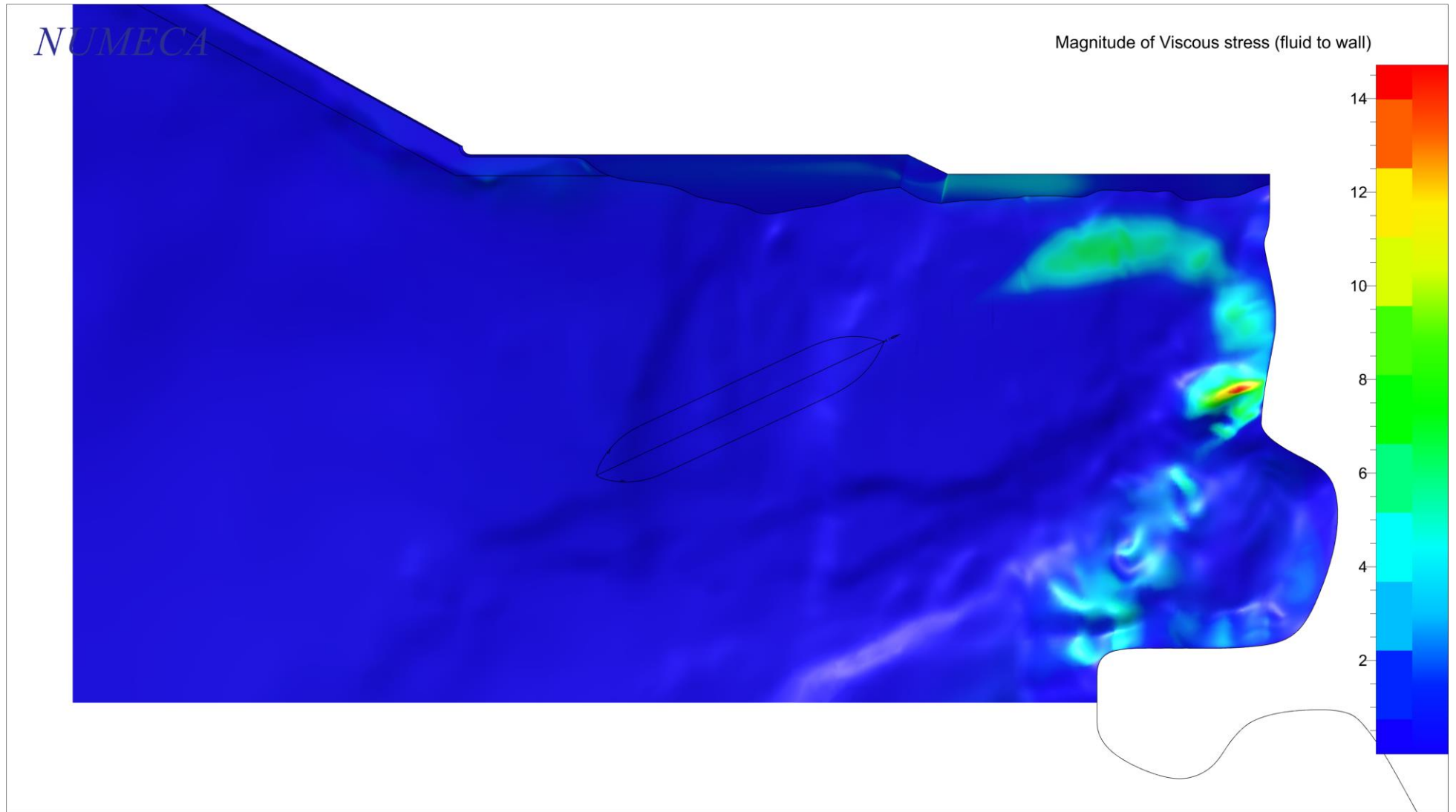


(b) Iso-kurvor, Fall Nr 7

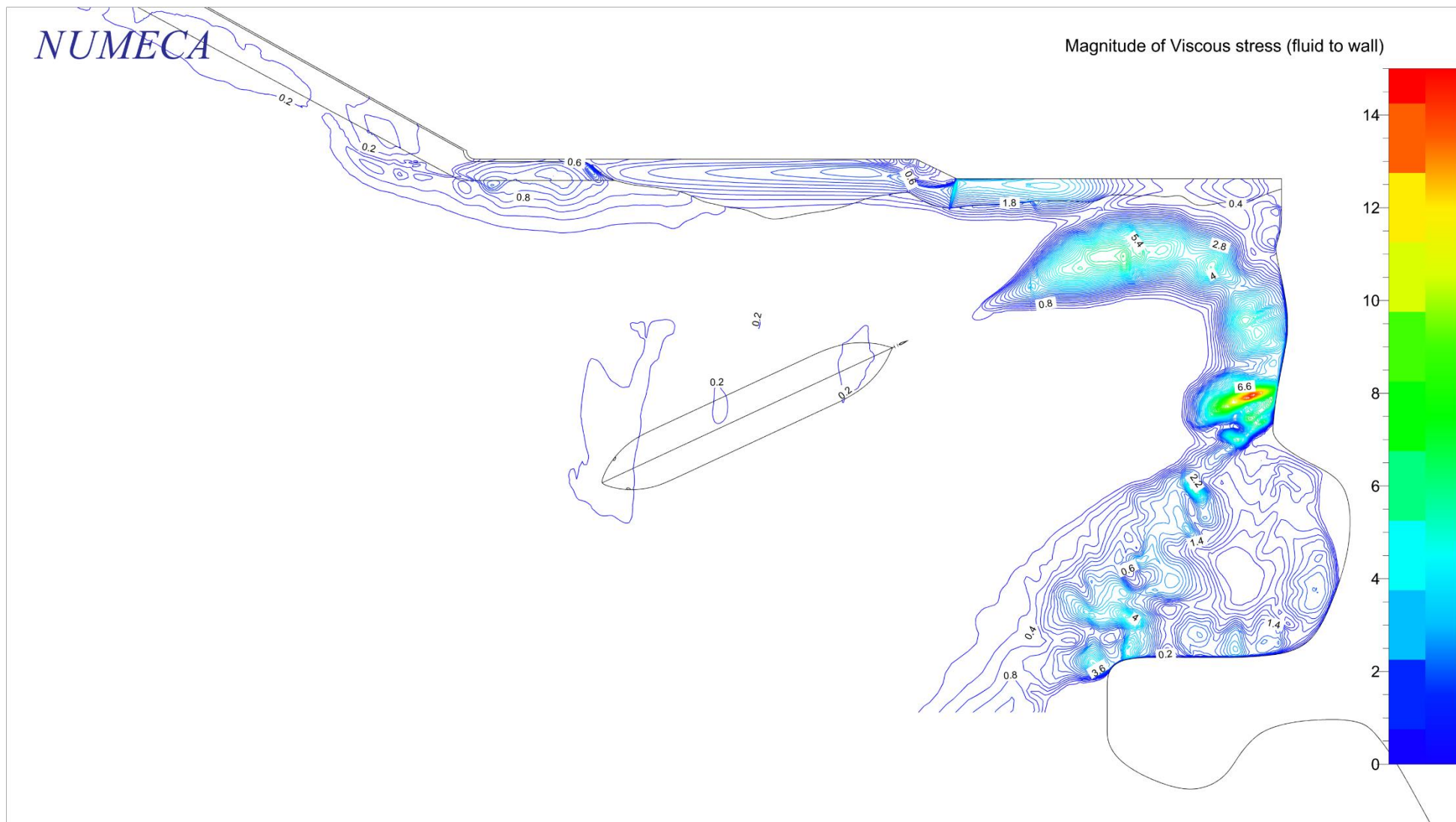


(c) Vektorplottar, Fall Nr 7

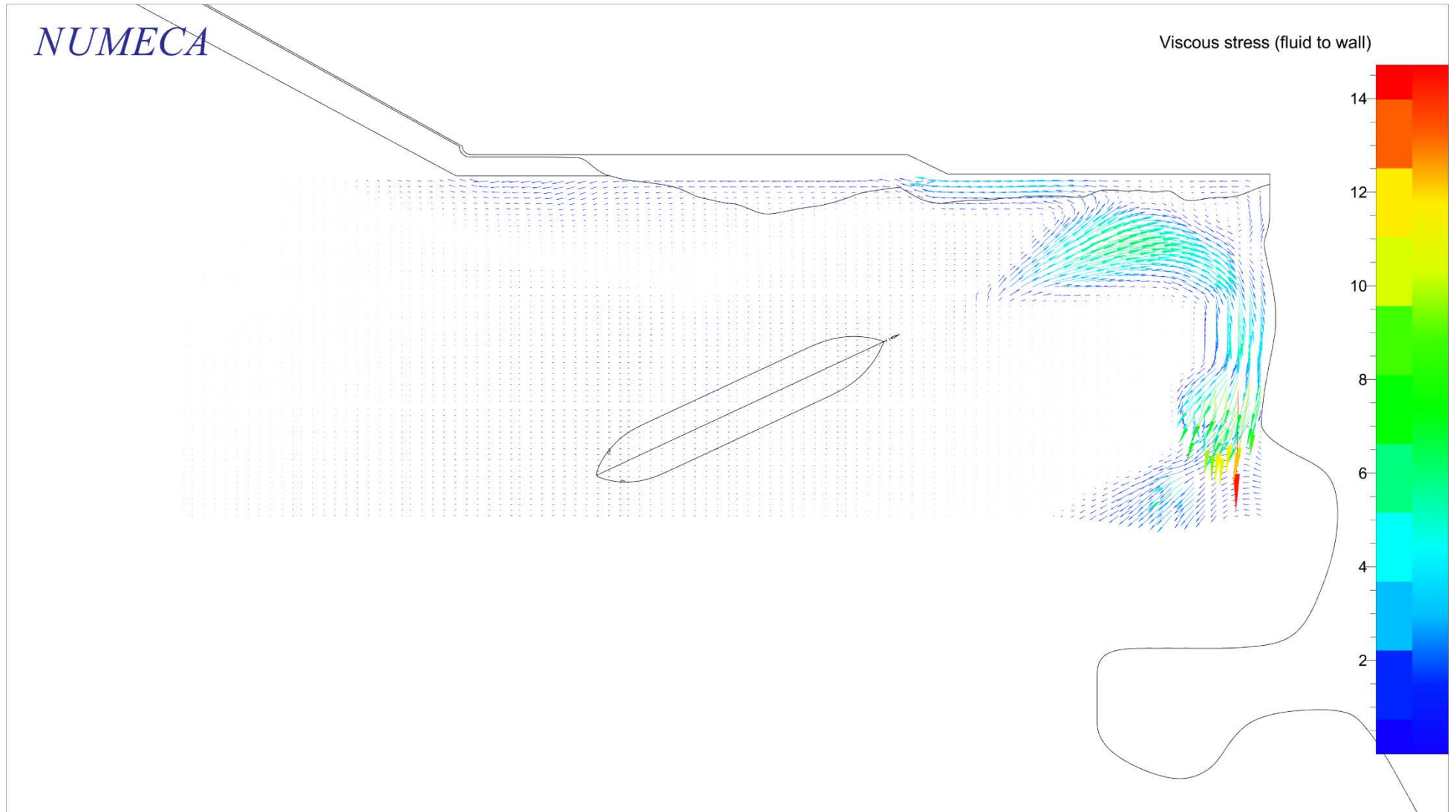
Figur 19 Bottenskjuvspänning för Fall Nr 7



(a) Konturplottar, Fall Nr 8

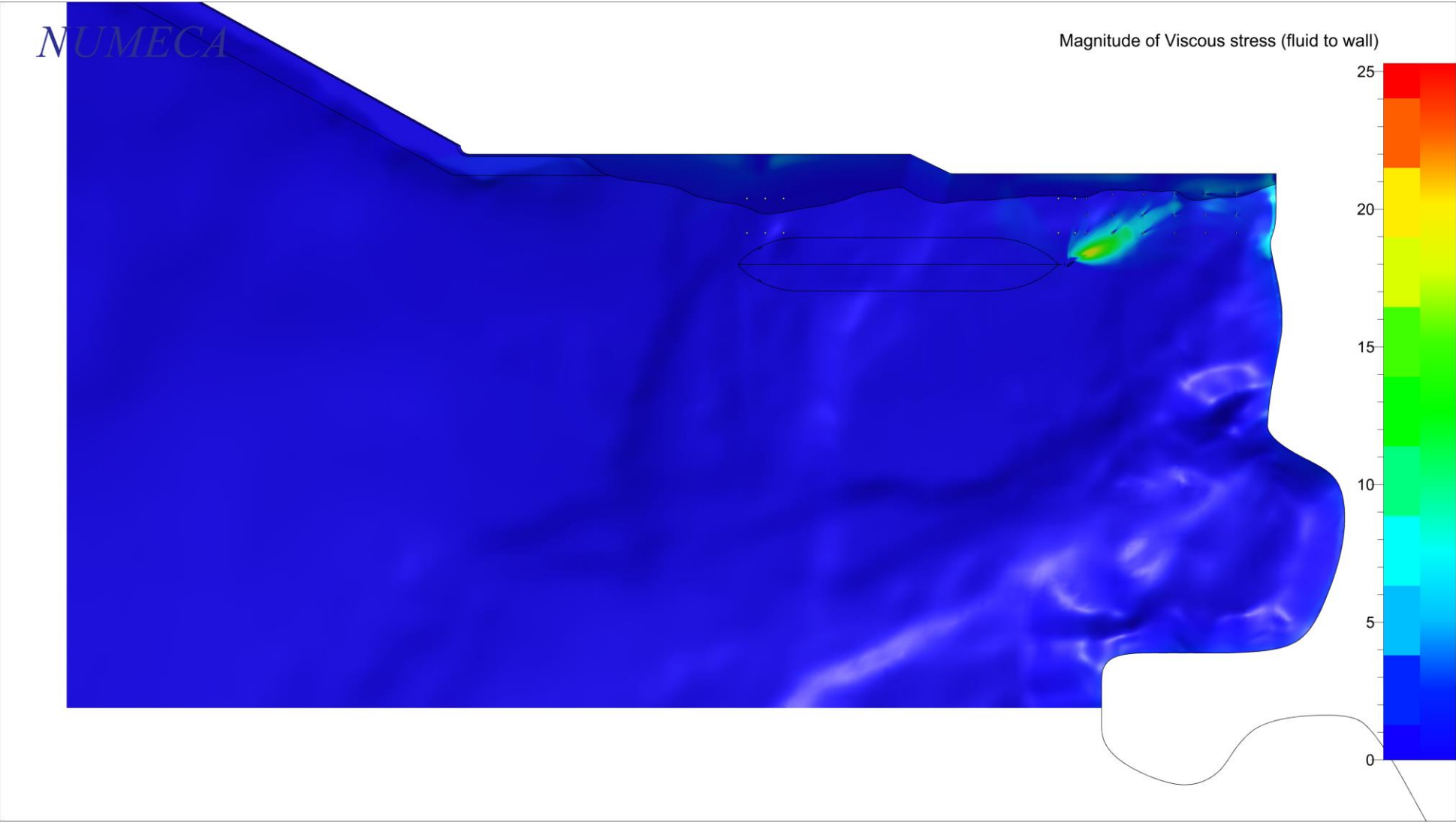


(b) Iso-kurvor, Fall Nr 8



(c) Vektorplottar, Fall Nr 8

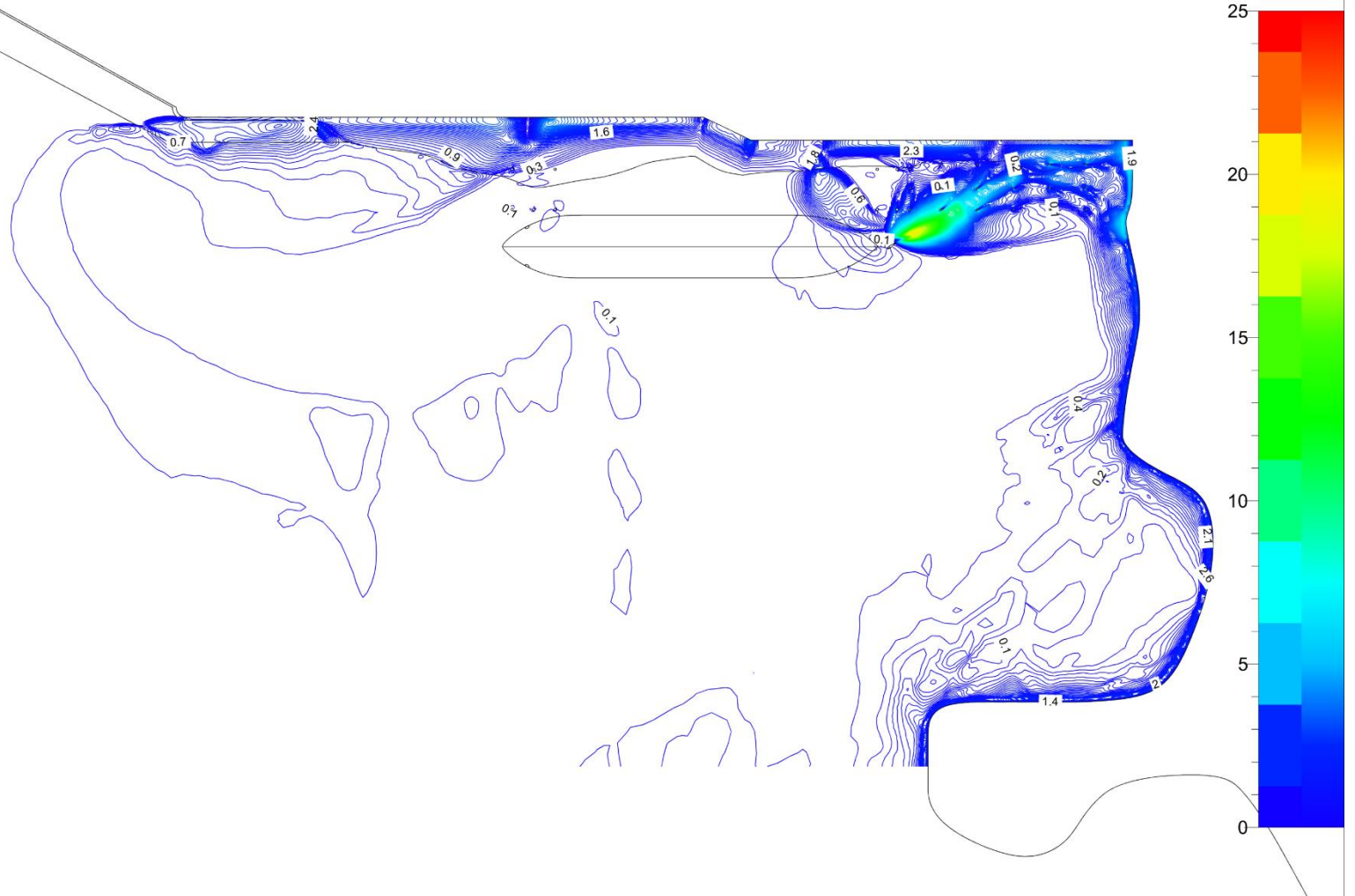
Figur 20 Bottenskjuvspänning för Fall Nr 8



(a) Konturplottar, Fall Nr 9

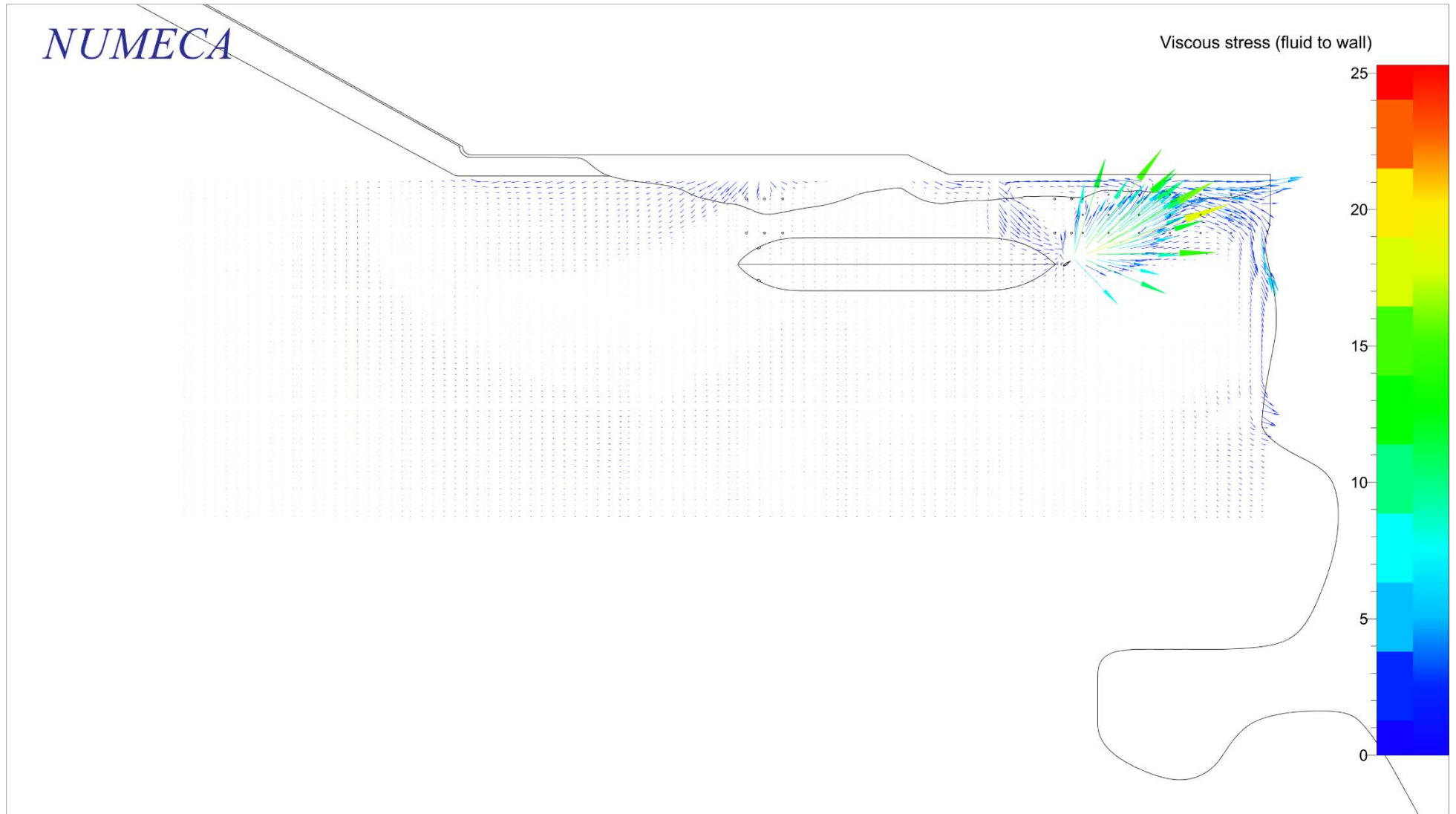
NUMECA

Magnitude of Viscous stress (fluid to wall)



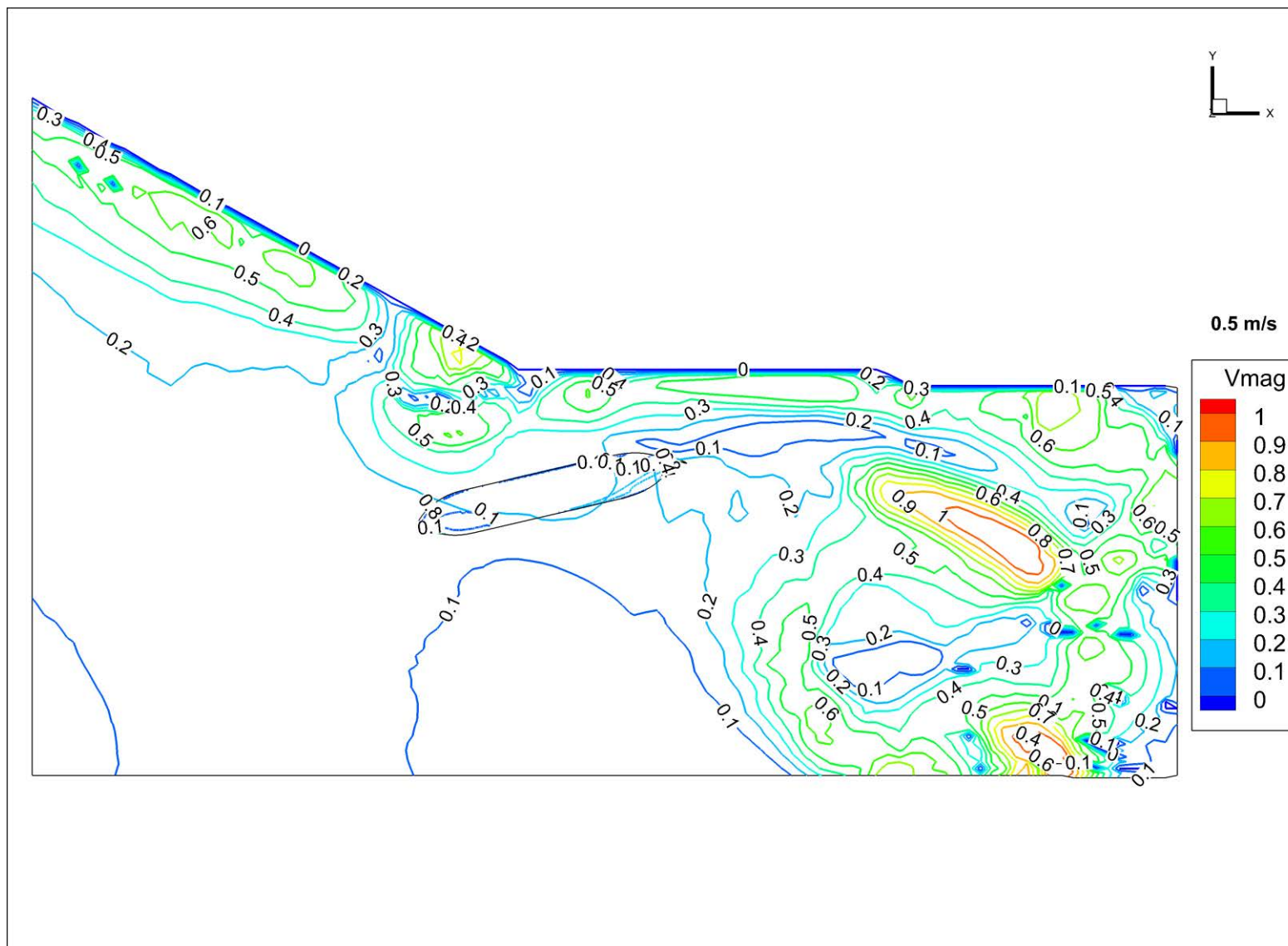
(b) Iso-kurvor, Fall Nr 9

NUMECA

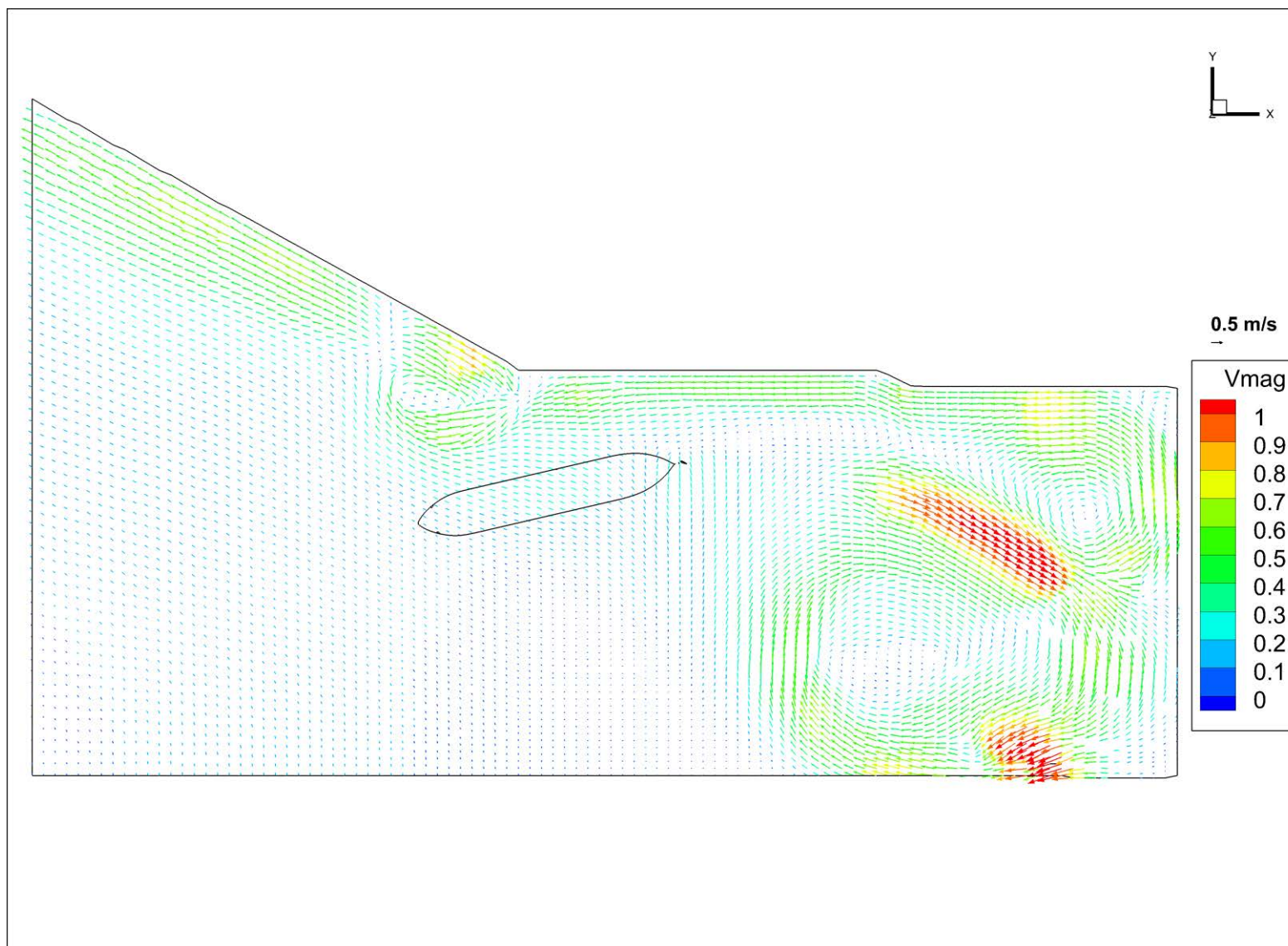


(c) Vektorplottar, Fall Nr 9

Figur 21 Bottenskjuvspänning för Fall Nr 9



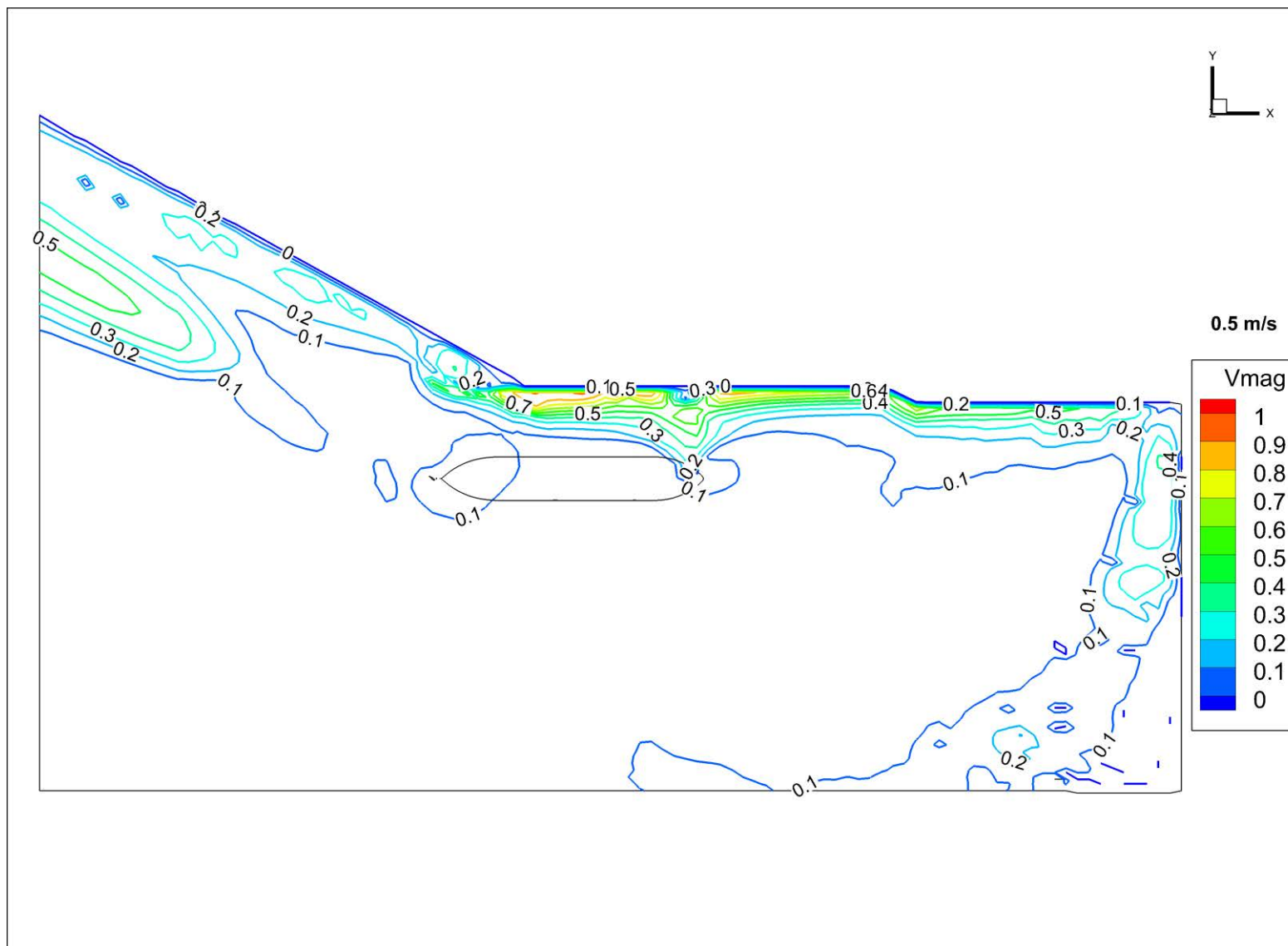
(a) Iso-kurvor, Fall Nr 1



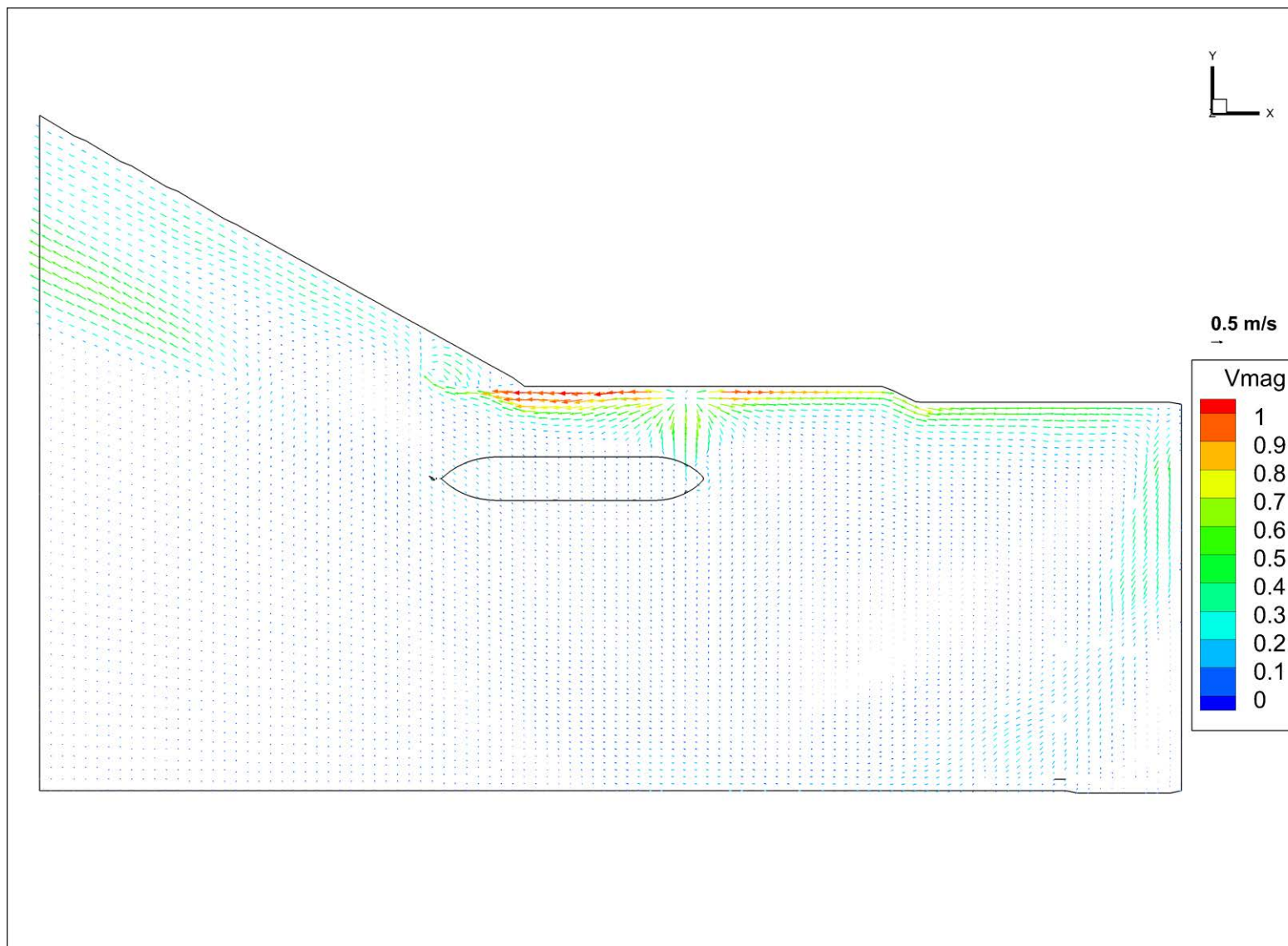
(b) Vektorplottar, Fall Nr 1

Figur 22 Inducerade hastigheter på en yta 0.2m ovanför botten för Fall Nr 1

SSPA Sweden AB - Your Maritime Solution Partner



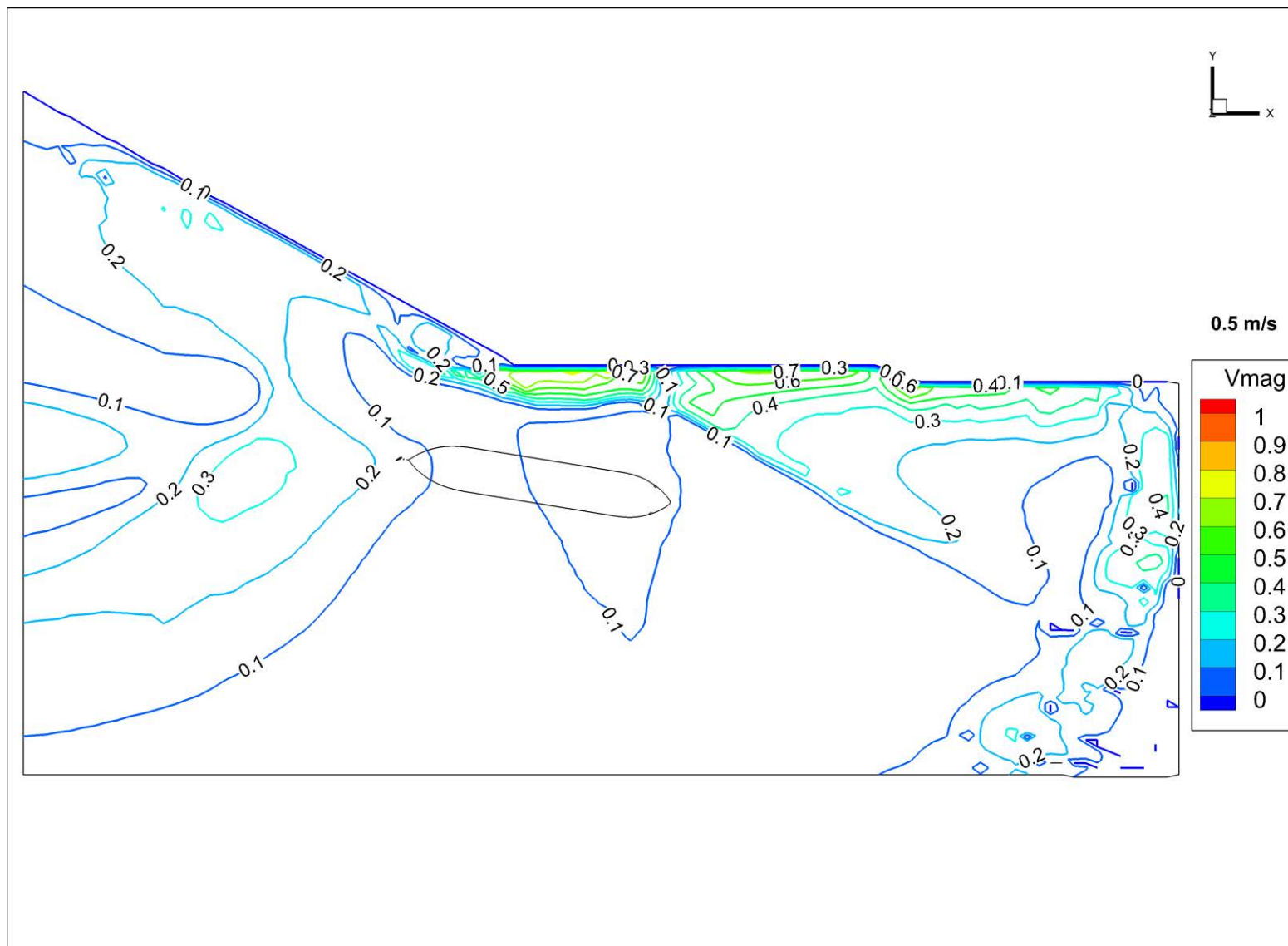
(a) Iso-kurvor, Fall Nr 2



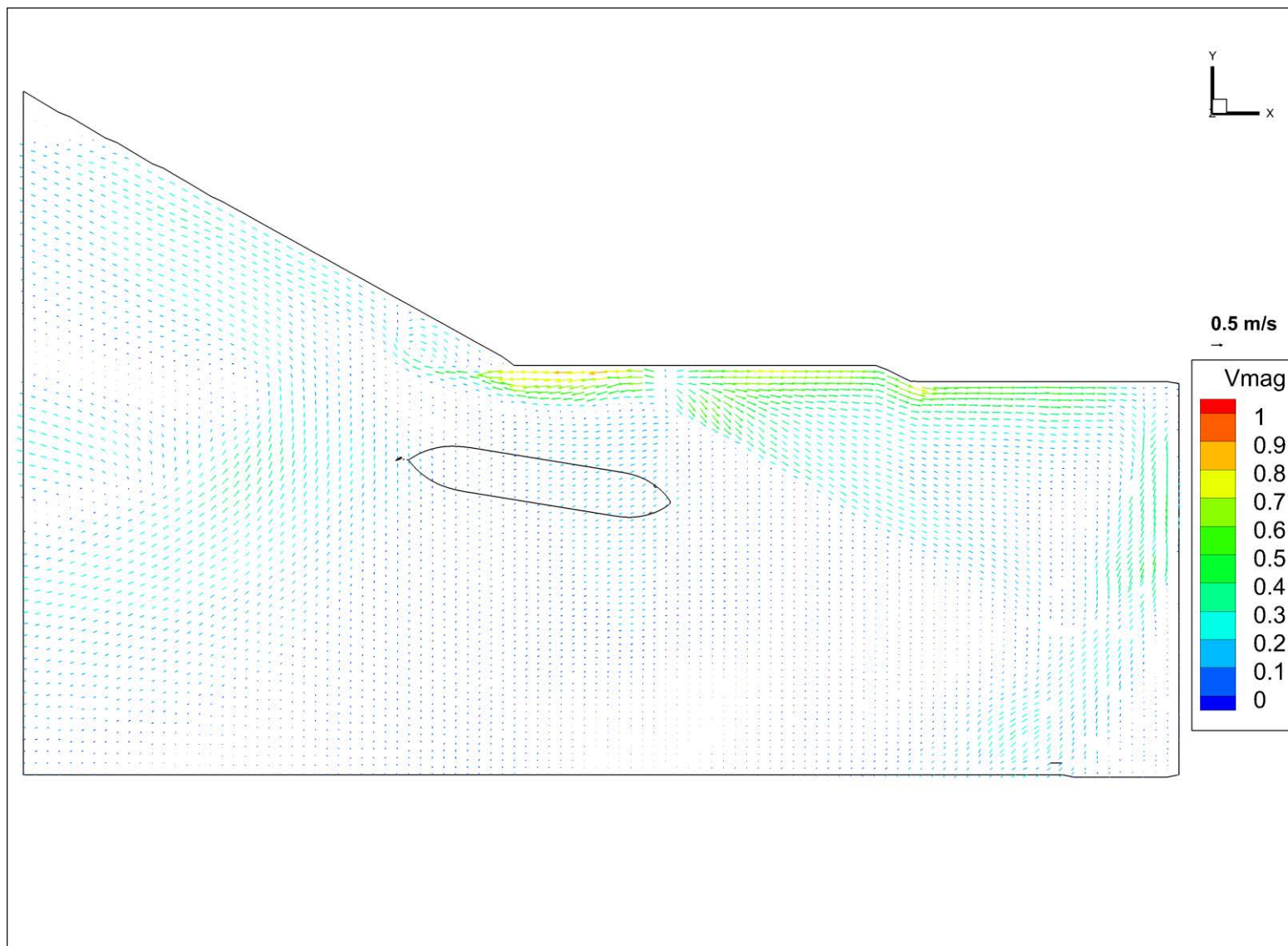
(b) Vektorplottar, Fall Nr 2

Figur 23 Inducerade hastigheter på en yta 0.2m ovanför botten för Fall Nr 2

SSPA Sweden AB - Your Maritime Solution Partner



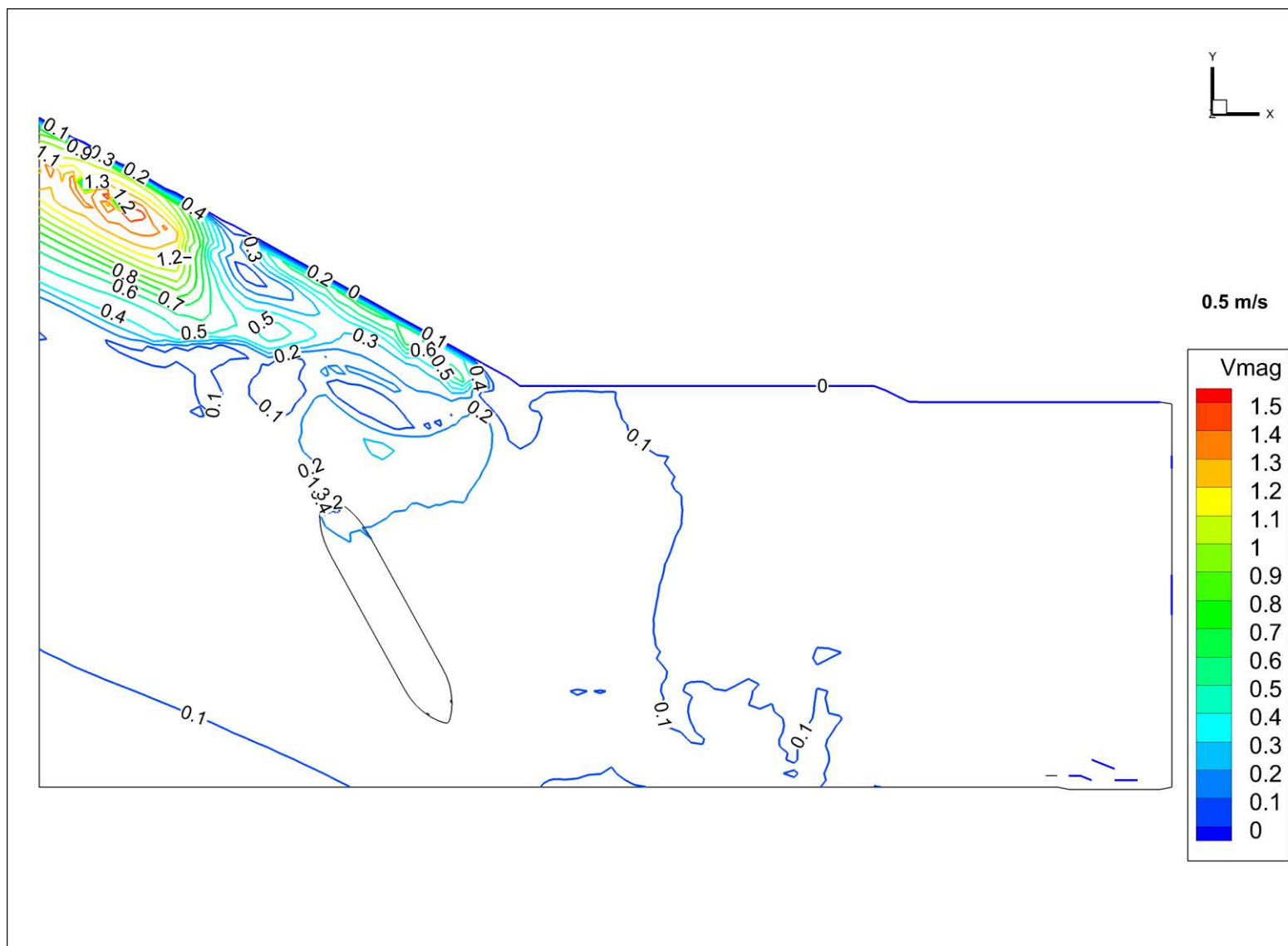
(a) Iso-kurvor, Fall Nr 3



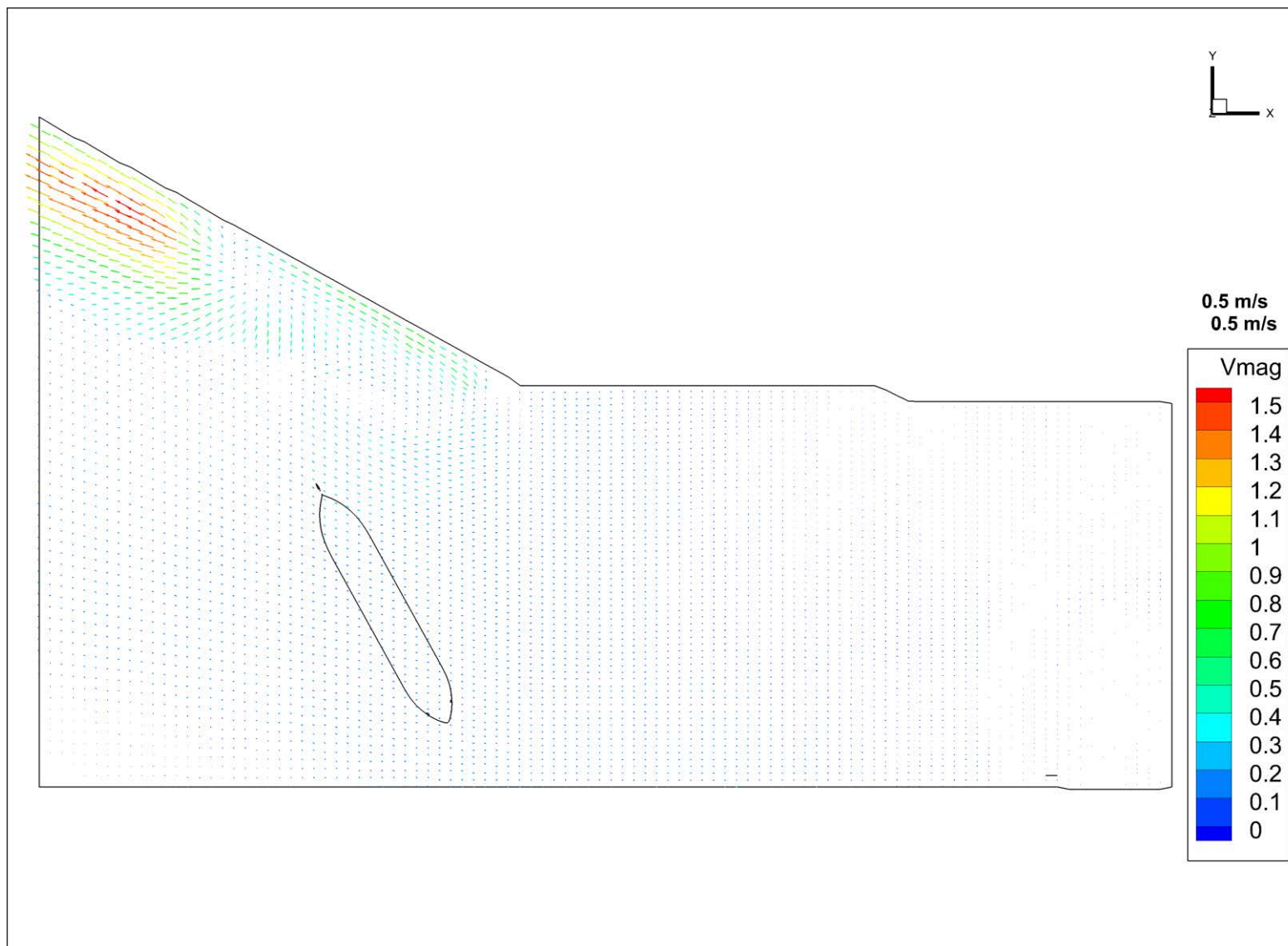
(b) Vektorplottar, Fall Nr 3

Figur 24 Inducerade hastigheter på en yta 0.2m ovanför botten för Fall Nr 3

SSPA Sweden AB - Your Maritime Solution Partner



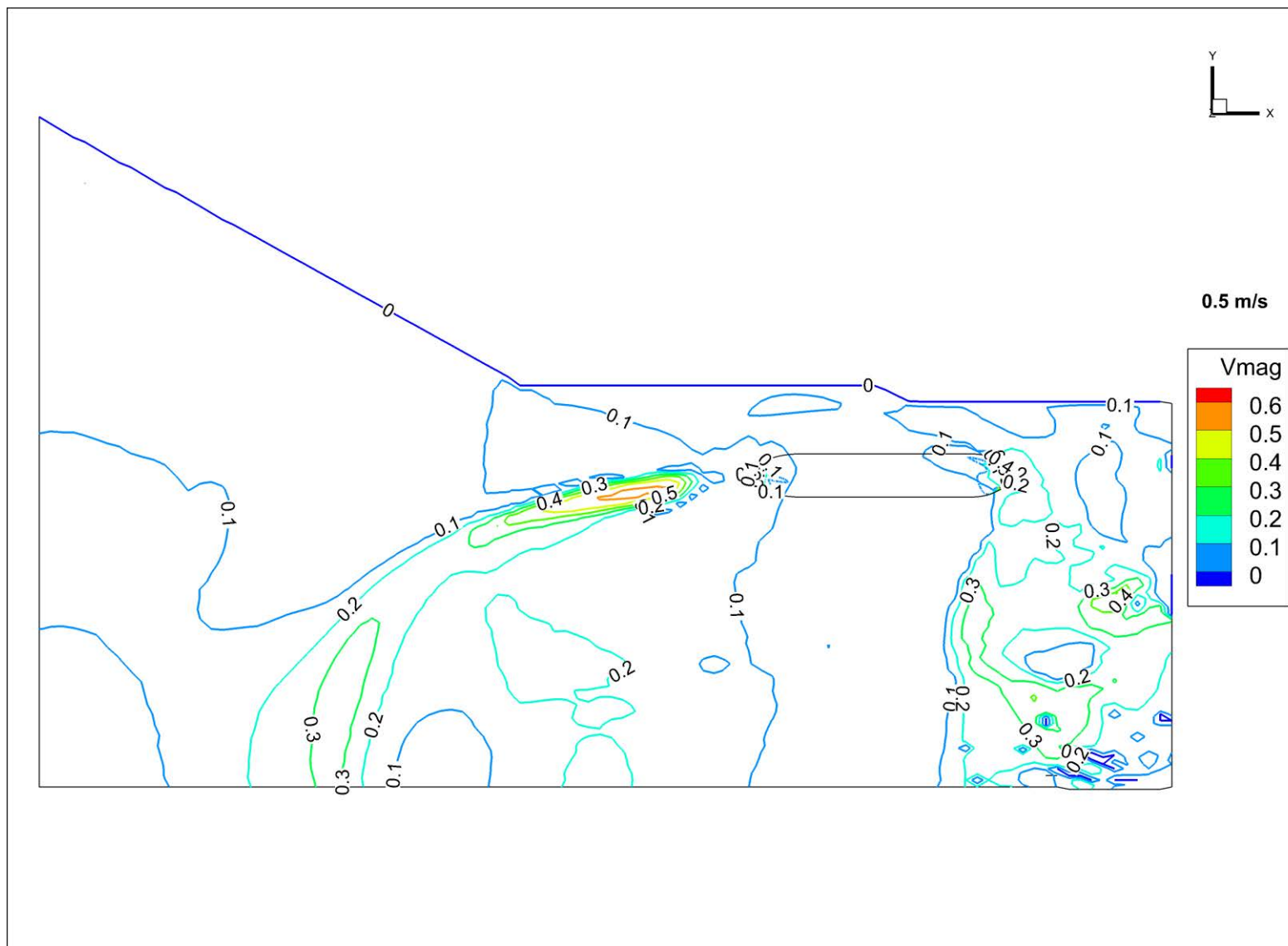
(a) Iso-kurvor, Fall Nr 4



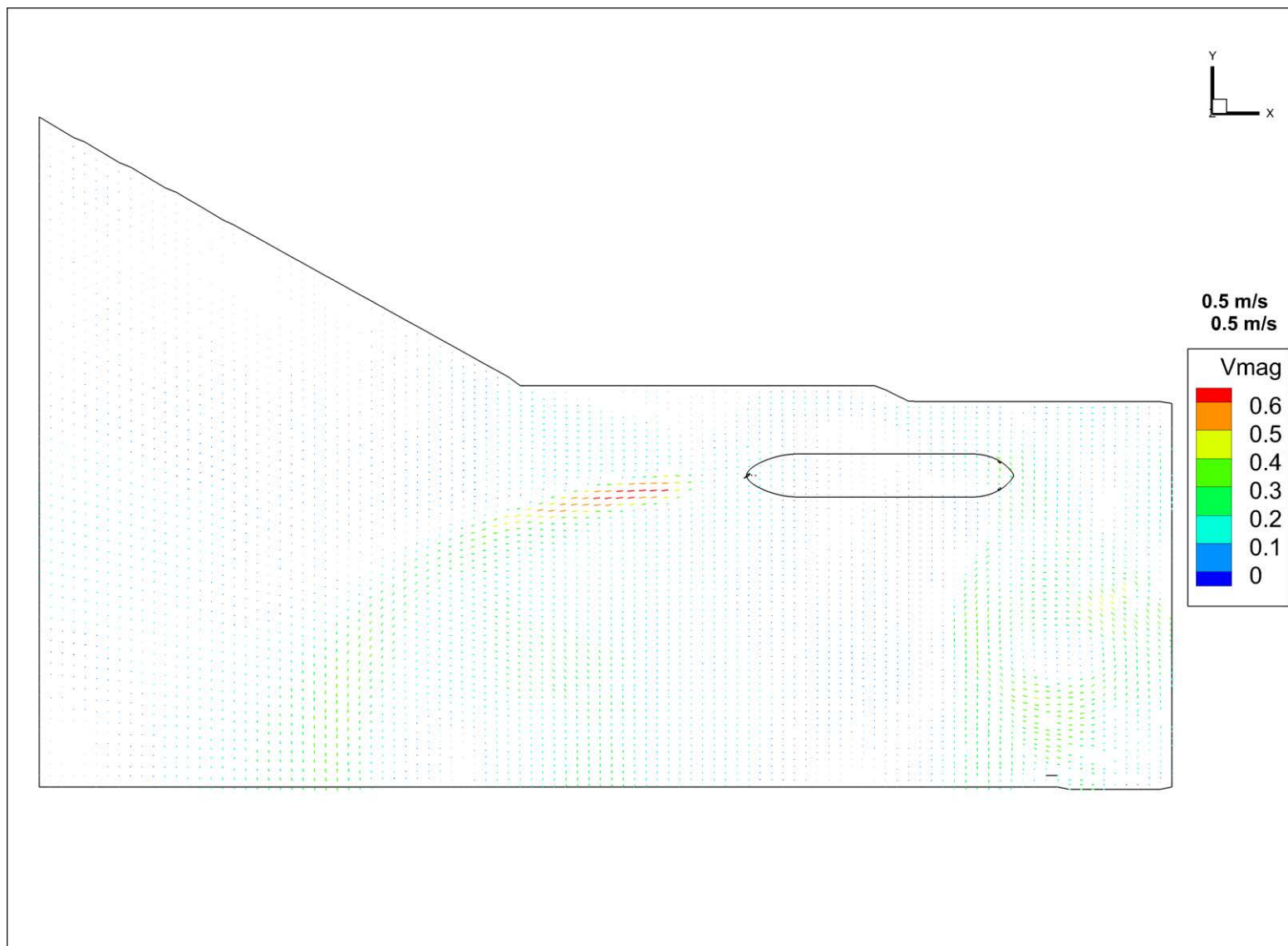
(b) Vektorplottar, Fall Nr 4

Figur 25 Inducerade hastigheter på en yta 0.2m ovanför botten för Fall Nr 4

SSPA Sweden AB - Your Maritime Solution Partner



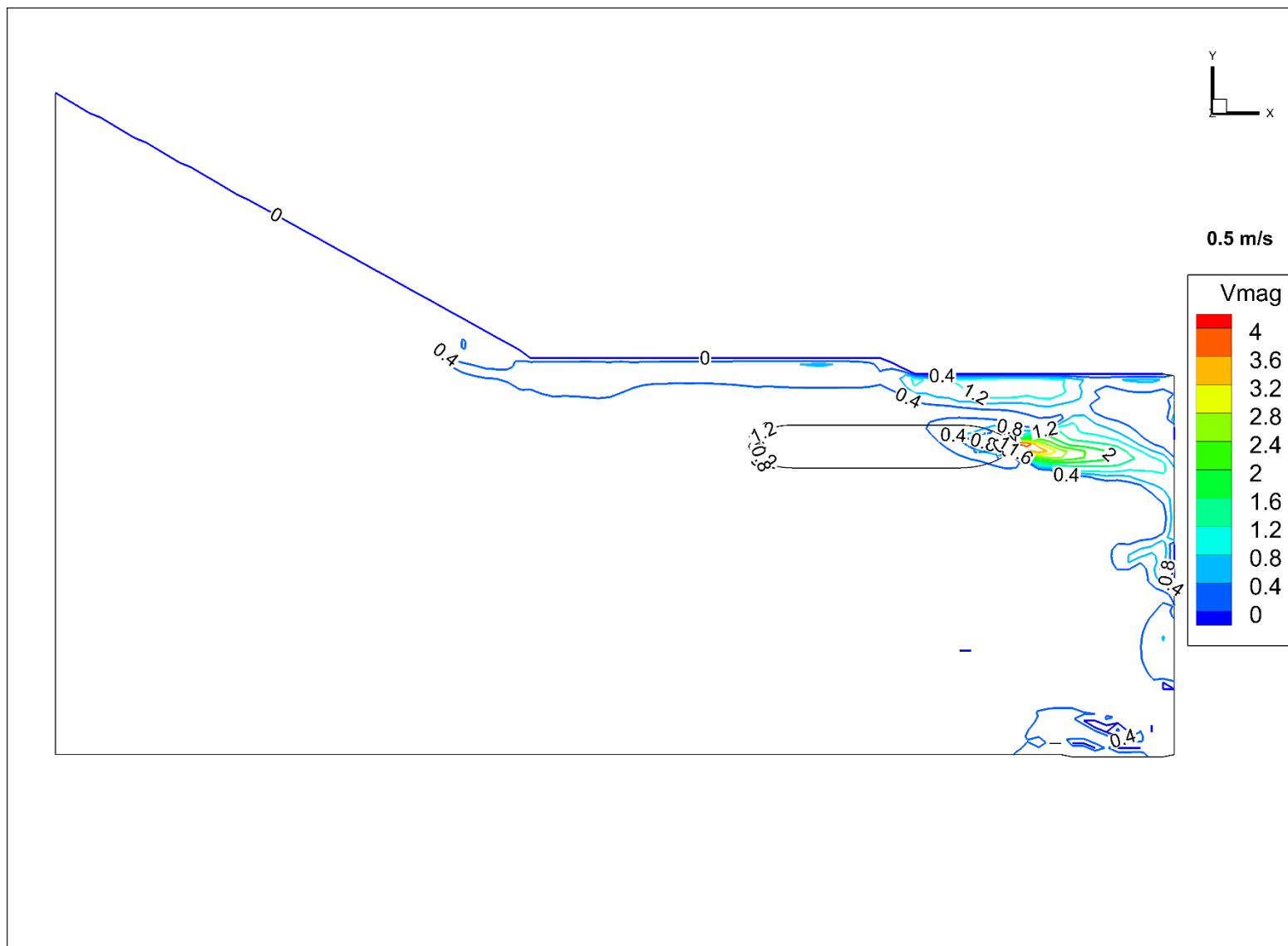
(a) Iso-kurvor, Fall Nr 5



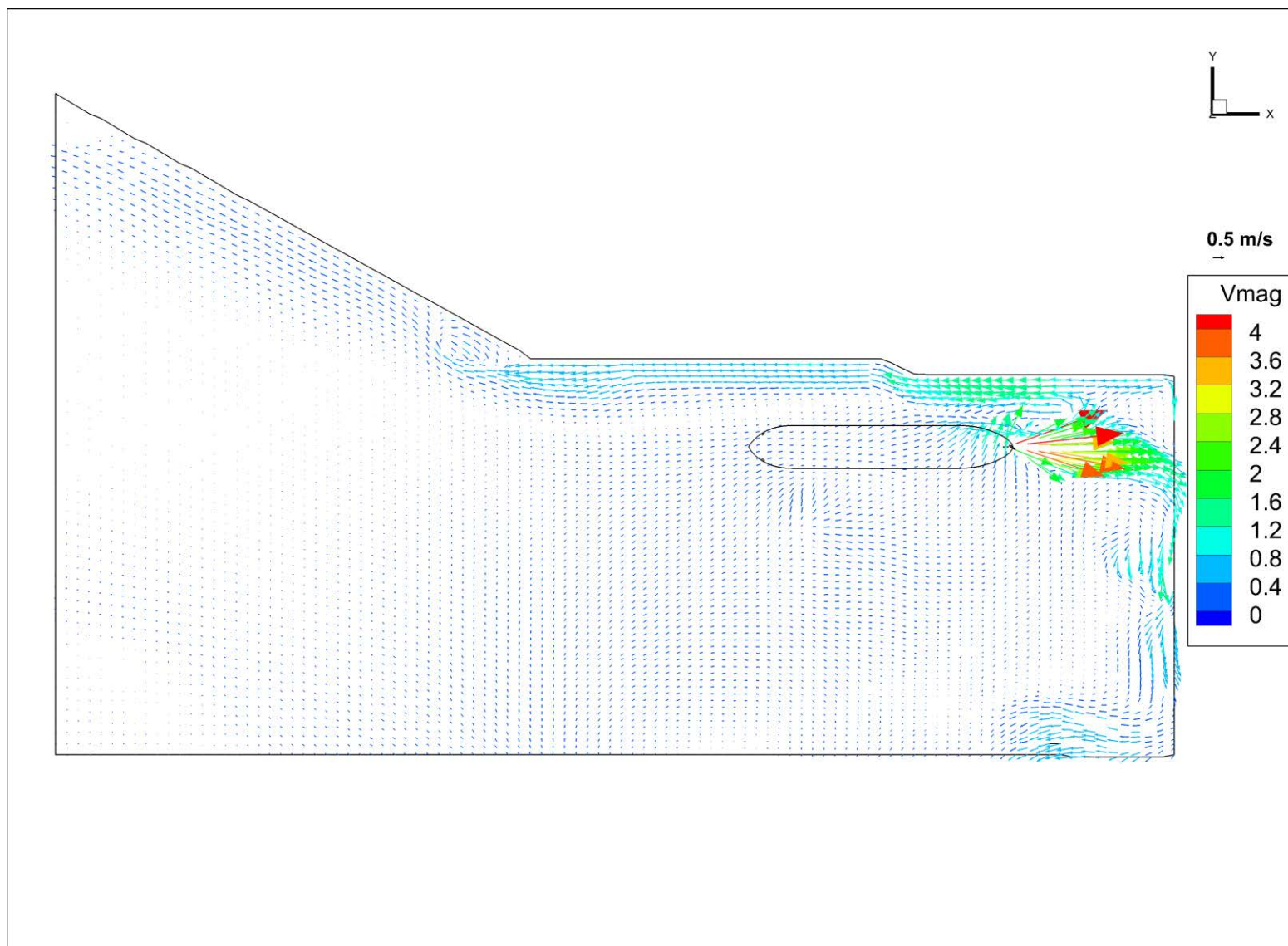
(b) Vektorplottar, Fall Nr 5

Figur 26 Inducerade hastigheter på en yta 0.2m ovanför botten för Fall Nr 5

SSPA Sweden AB - Your Maritime Solution Partner



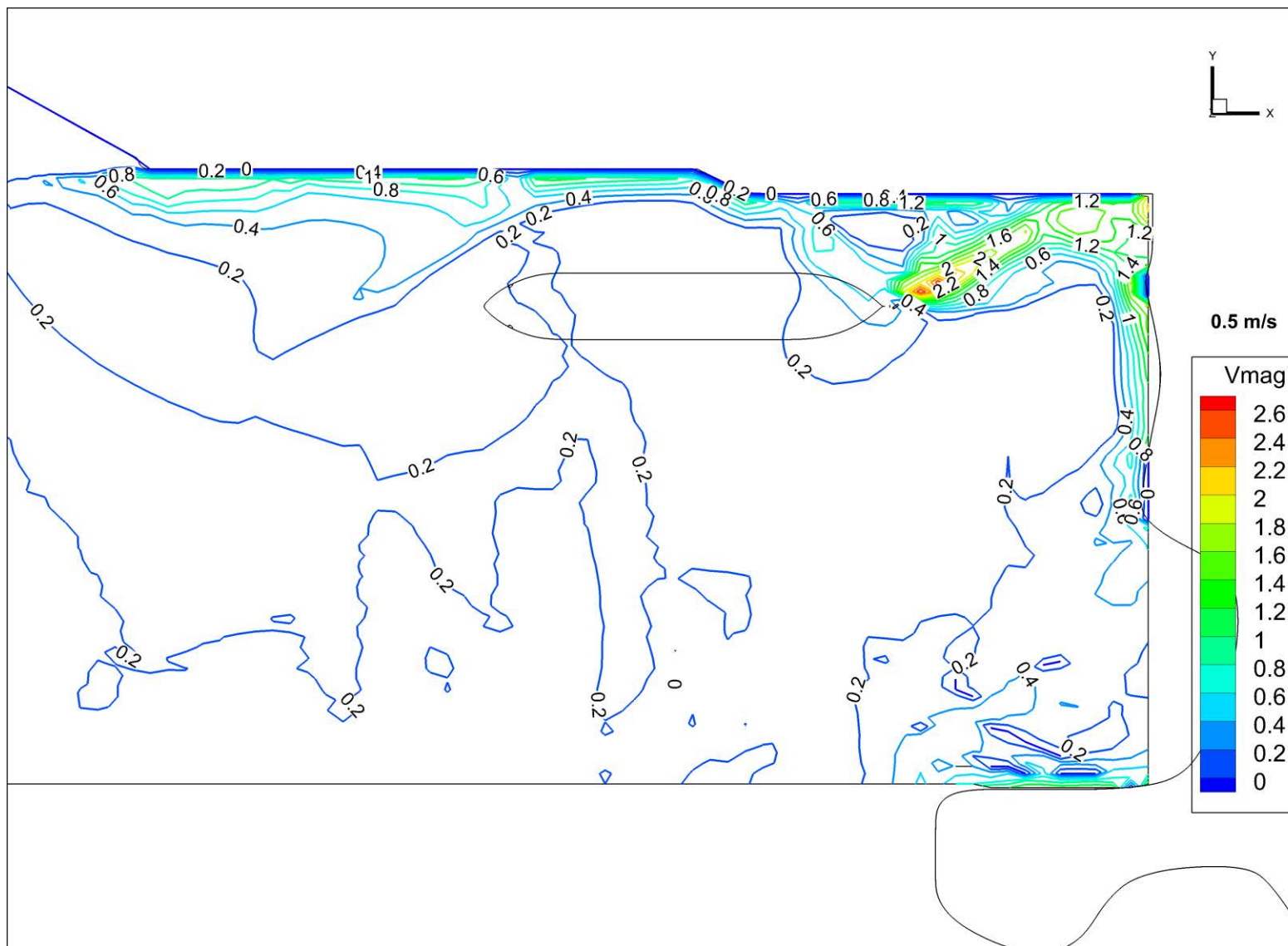
(a) Iso-kurvor, Fall Nr 6



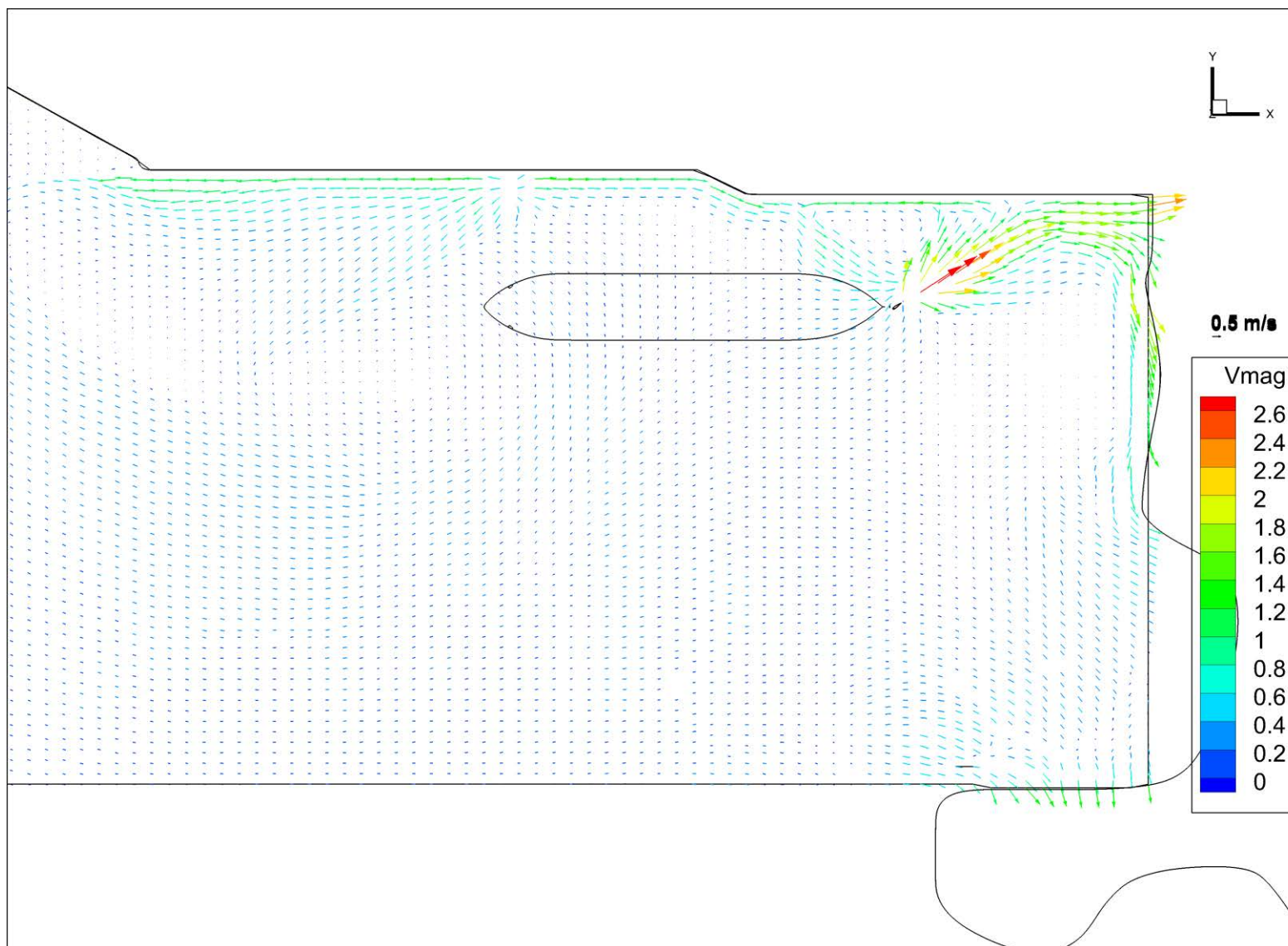
(b Vektorplottar, Fall Nr 6

Figur 27 Inducerade hastigheter på en yta 0.2m ovanför botten för Fall Nr 6

SSPA Sweden AB - Your Maritime Solution Partner



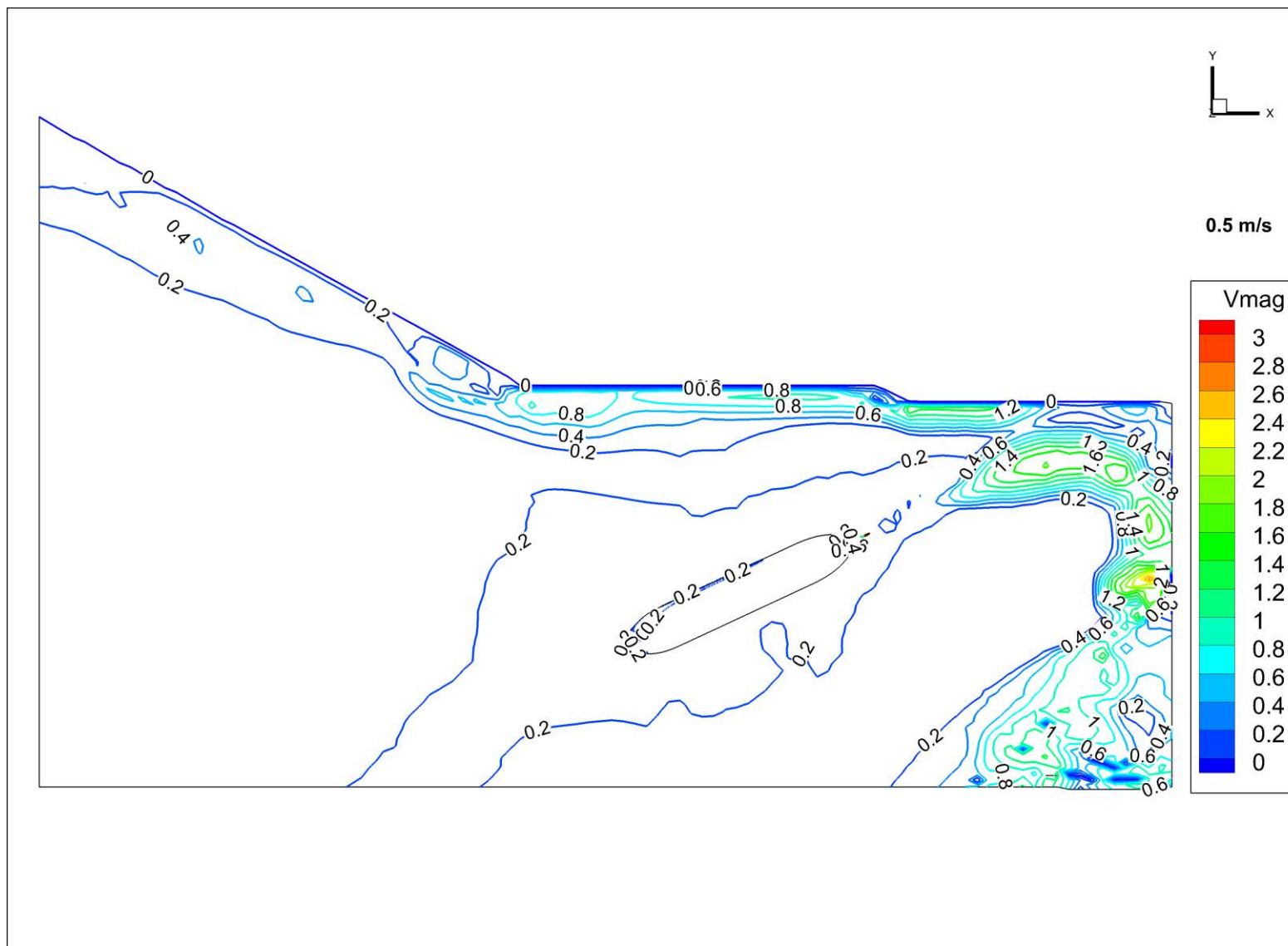
(a) Iso-kurvor, Fall Nr 7



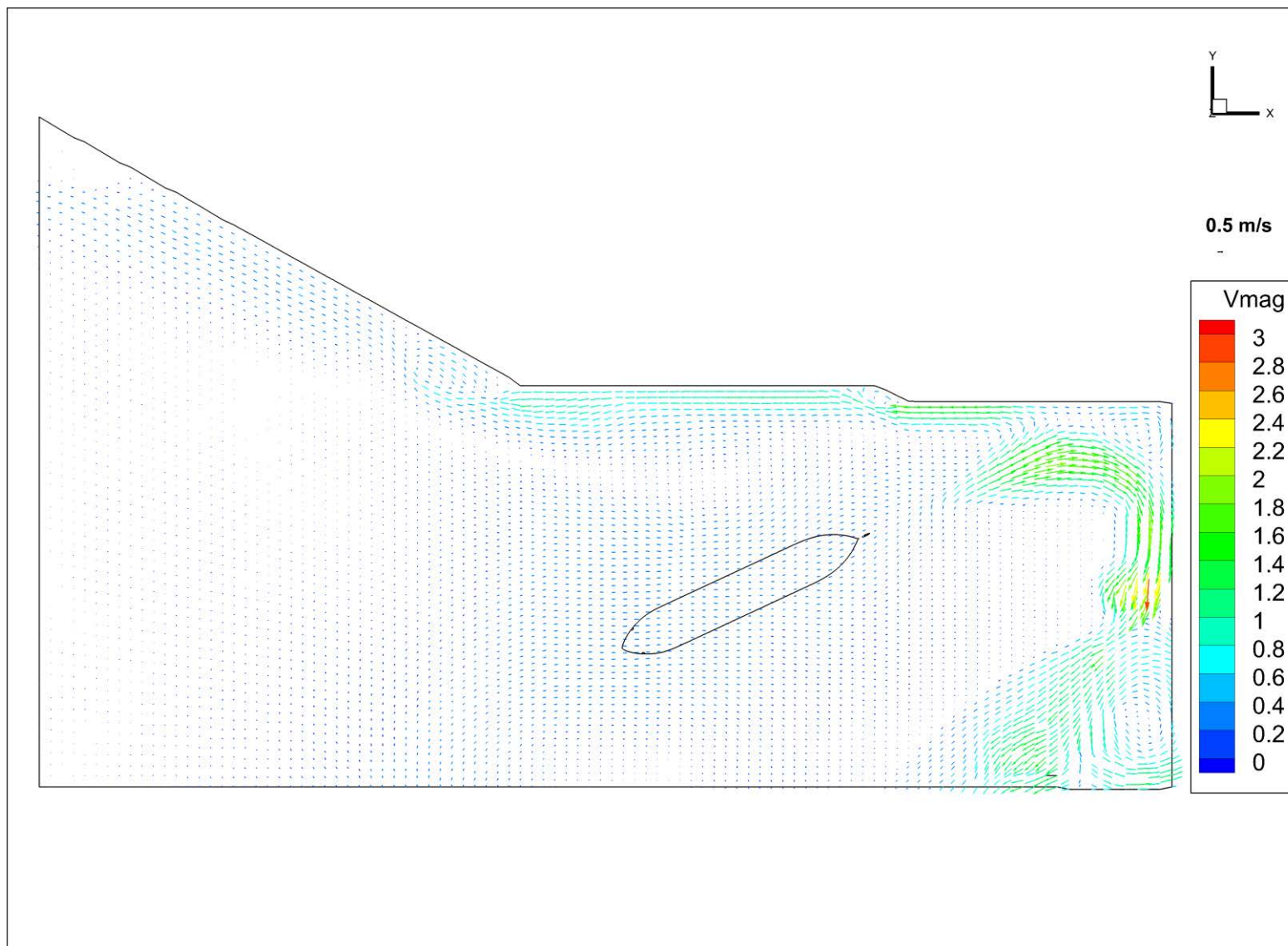
(b) Vektorplottar, Fall Nr 7

Figur 28 Inducerade hastigheter på en yta 0.2m ovanför botten för Fall Nr 7

SSPA Sweden AB - Your Maritime Solution Partner



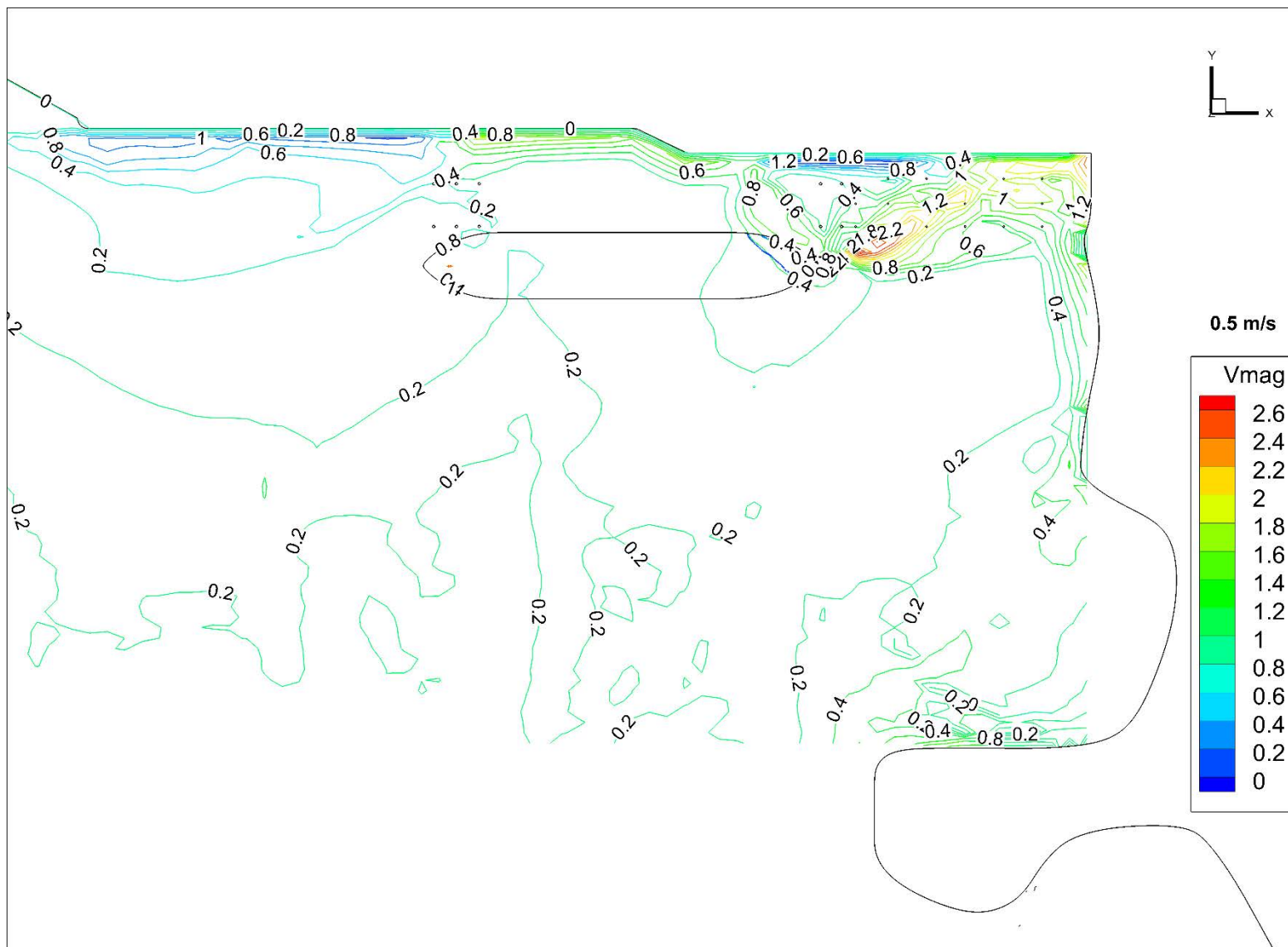
(a) Iso-kurvor, Fall Nr 8



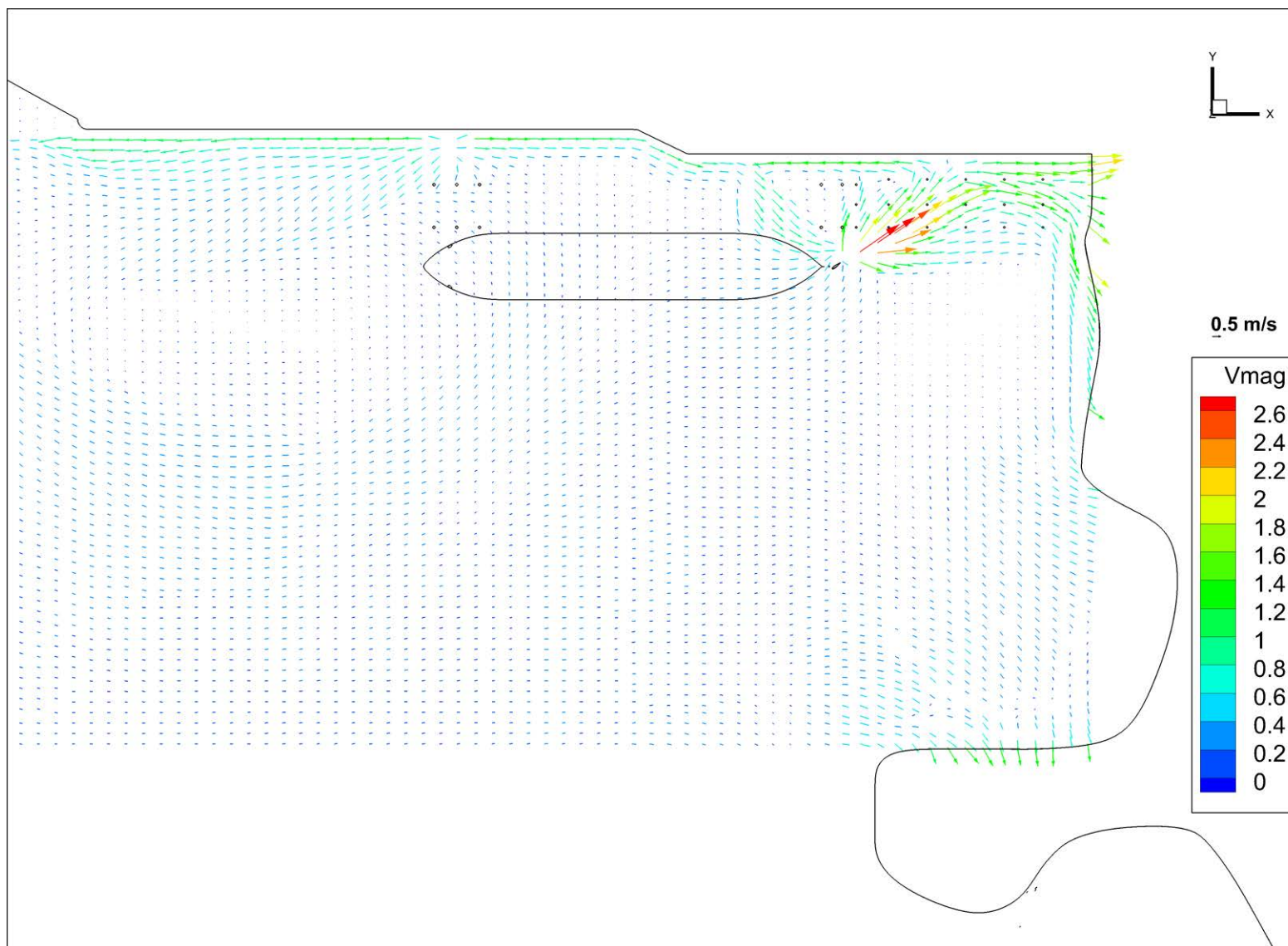
(b) Vektorplottar, Fall Nr 8

Figur 29 Inducerade hastigheter på en yta 0.2m ovanför botten för Fall Nr 8

SSPA Sweden AB - Your Maritime Solution Partner



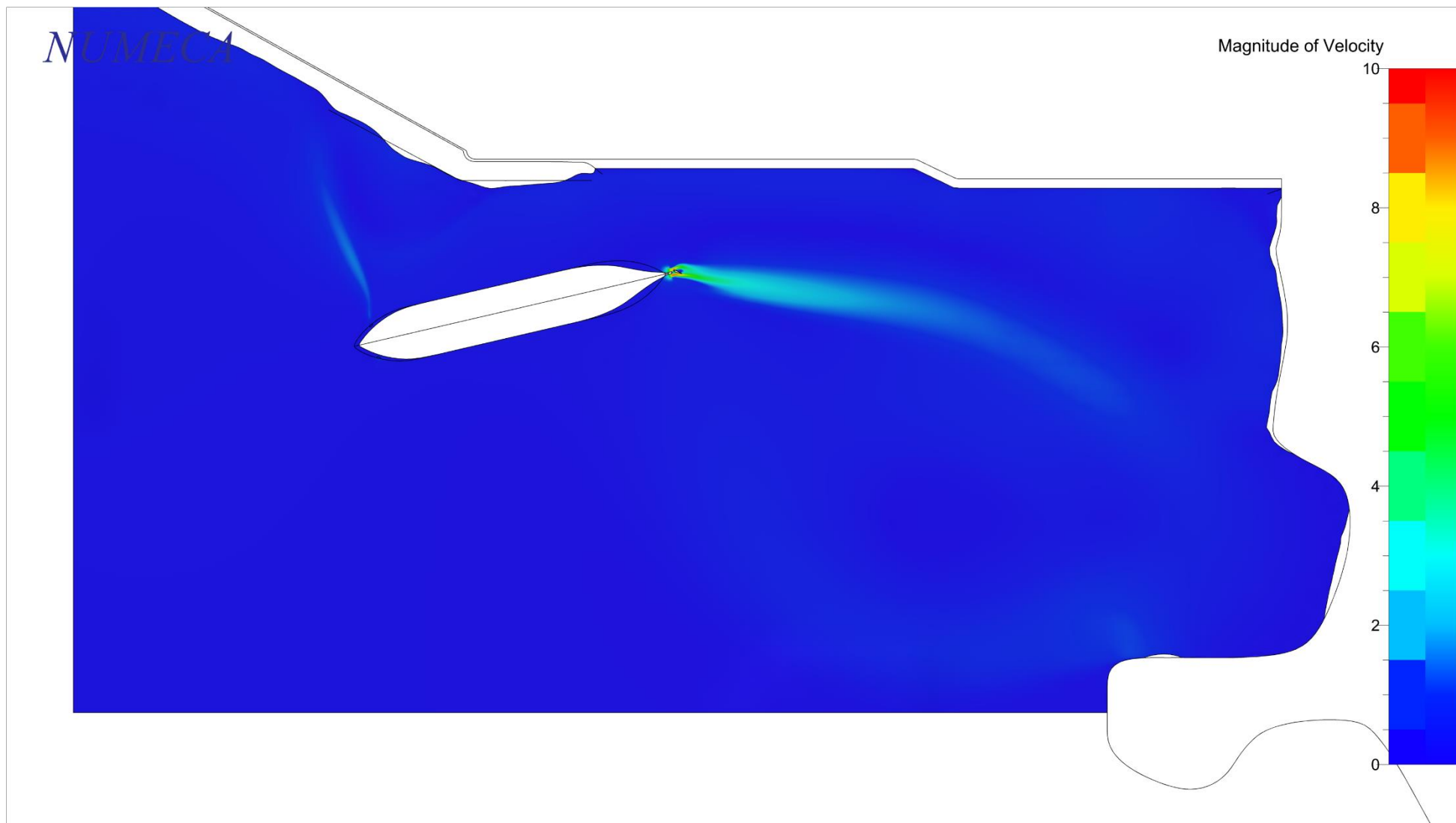
(a) Iso-kurvor, Fall Nr 9



(b) Vektorplottar, Fall Nr 9

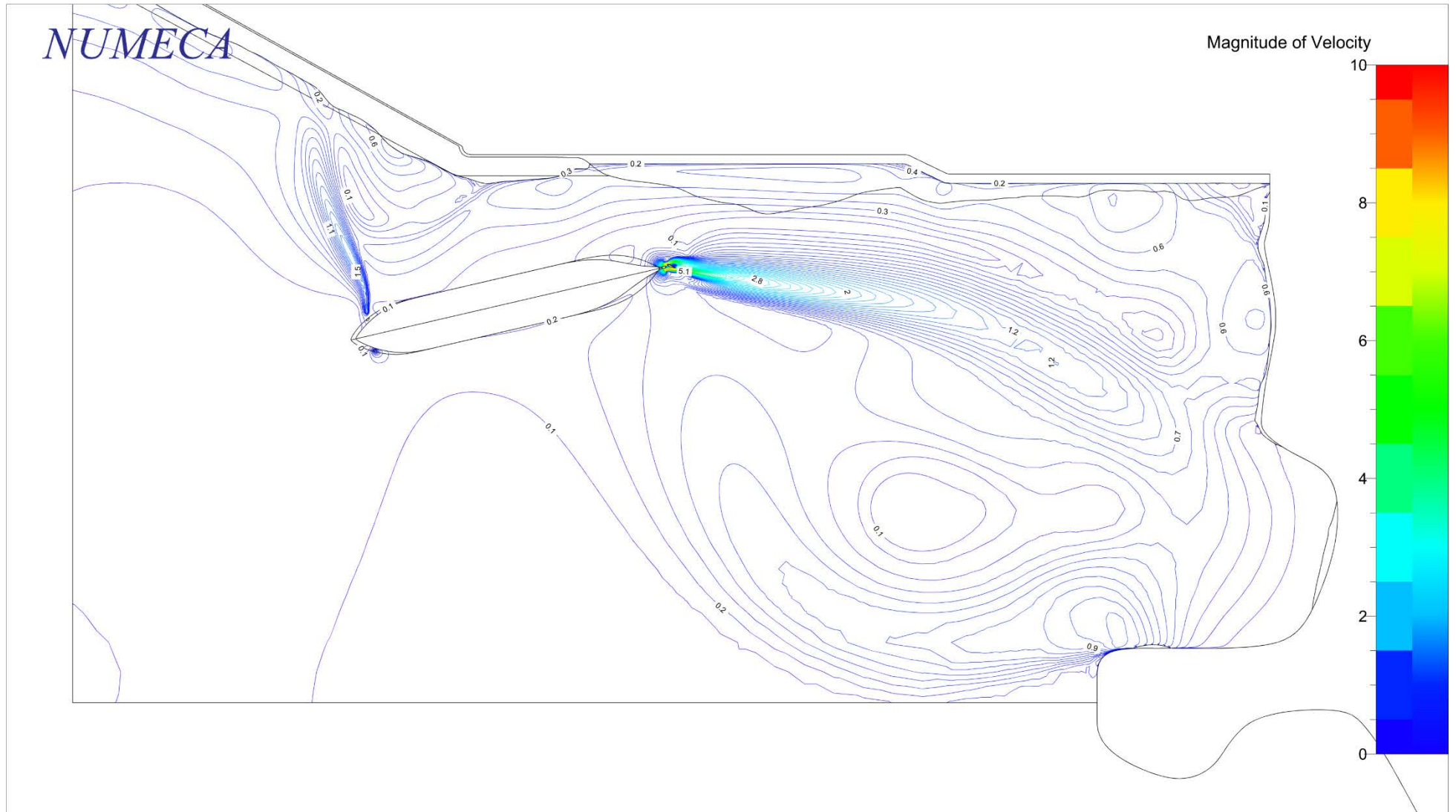
Figur 30 Inducerade hastigheter på en yta 0.2m ovanför botten för Fall Nr 9

SSPA Sweden AB - Your Maritime Solution Partner

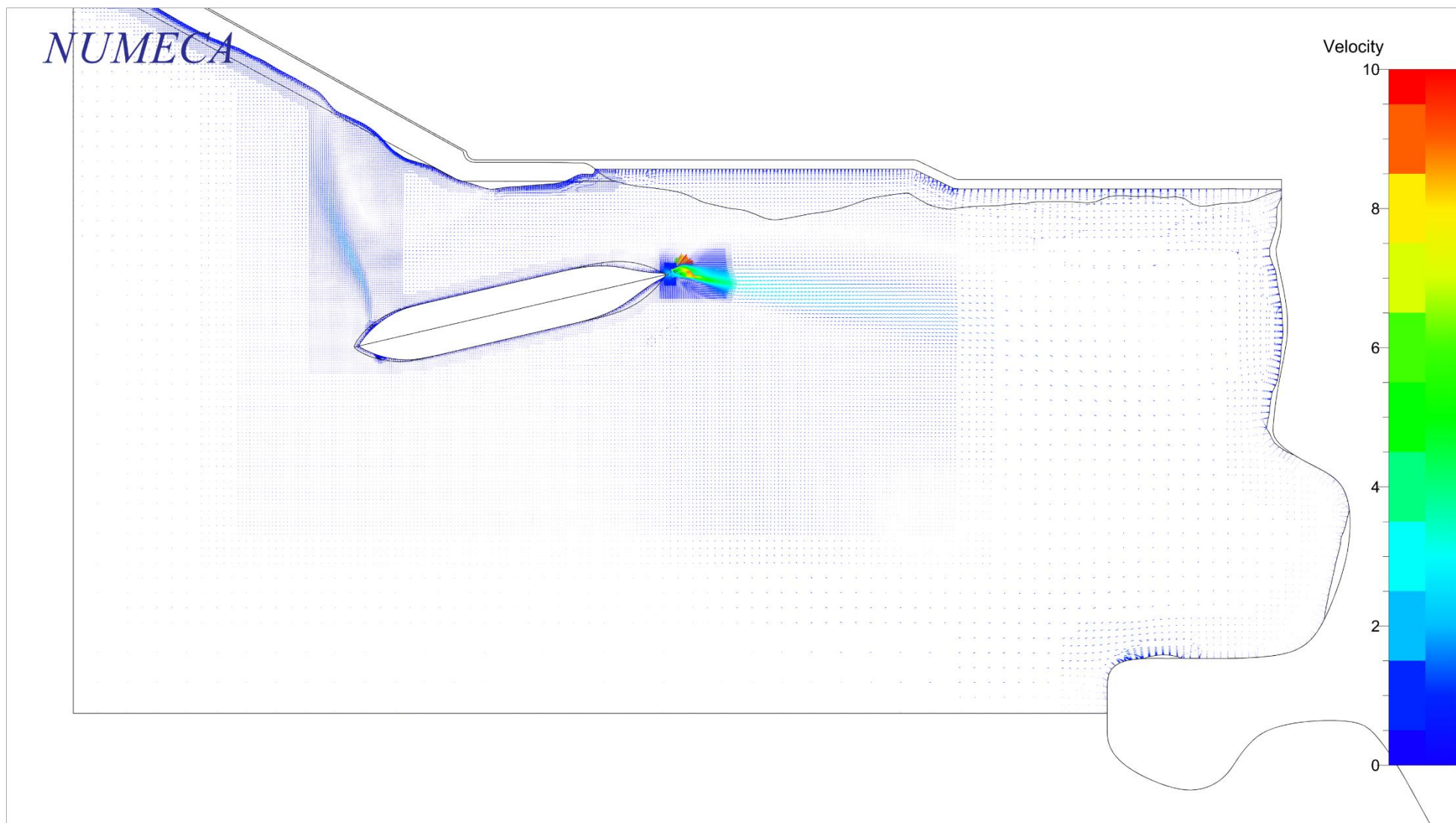


(a) Konturplottar, Fall Nr 1

NUMECA

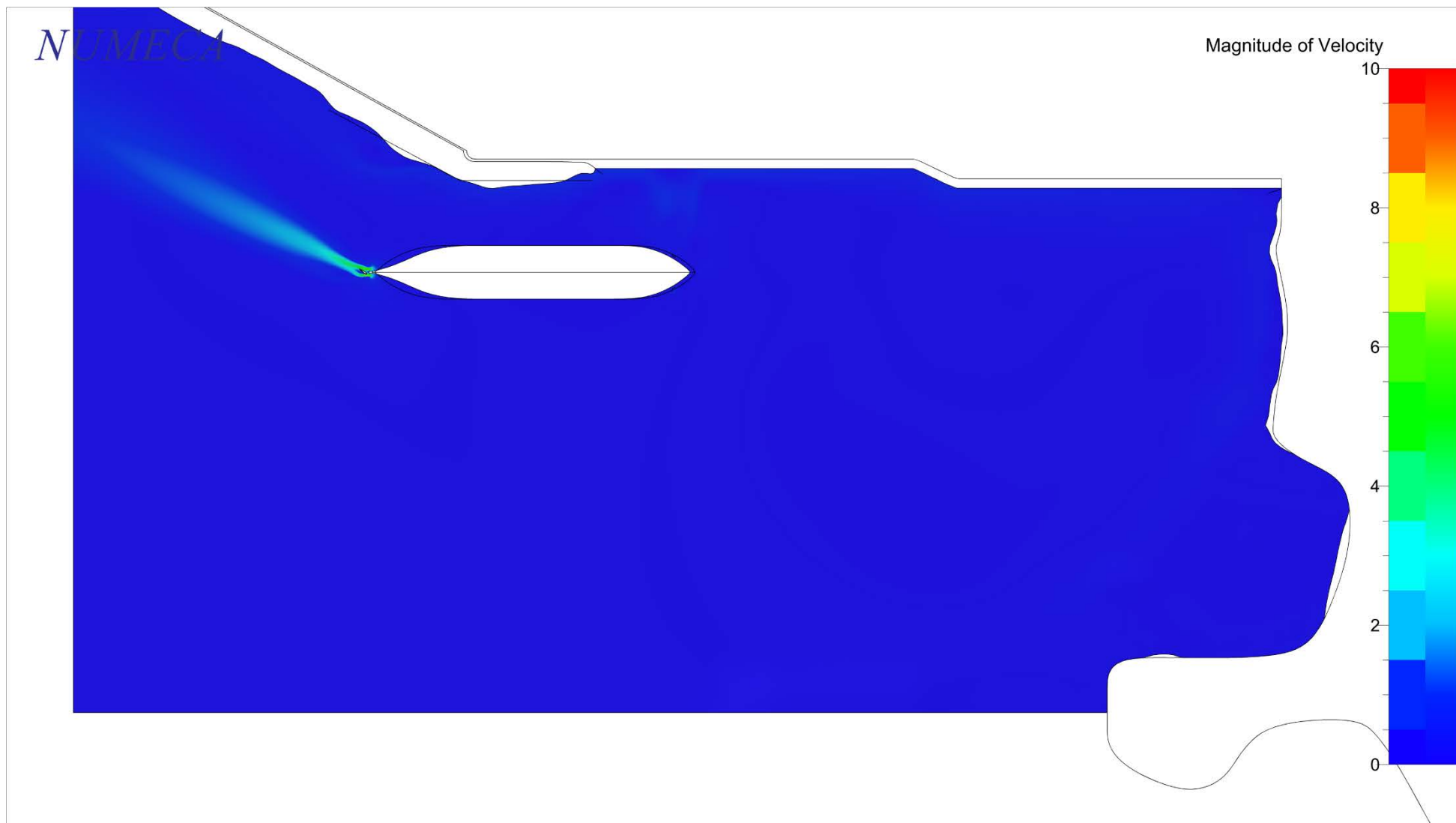


(b) Iso-kurvor, Fall Nr 1

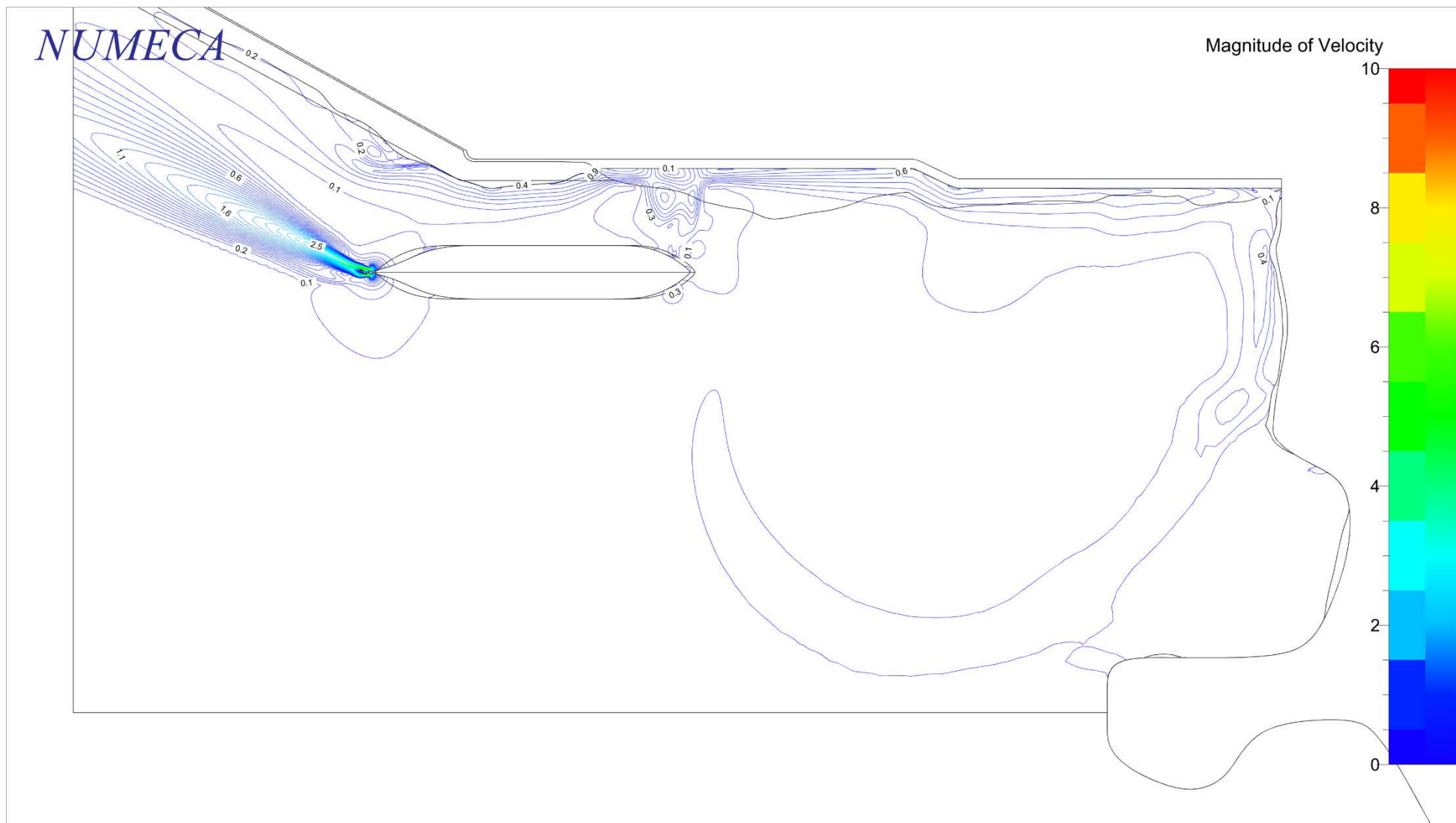


(c) Vektorplottar, Fall Nr 1

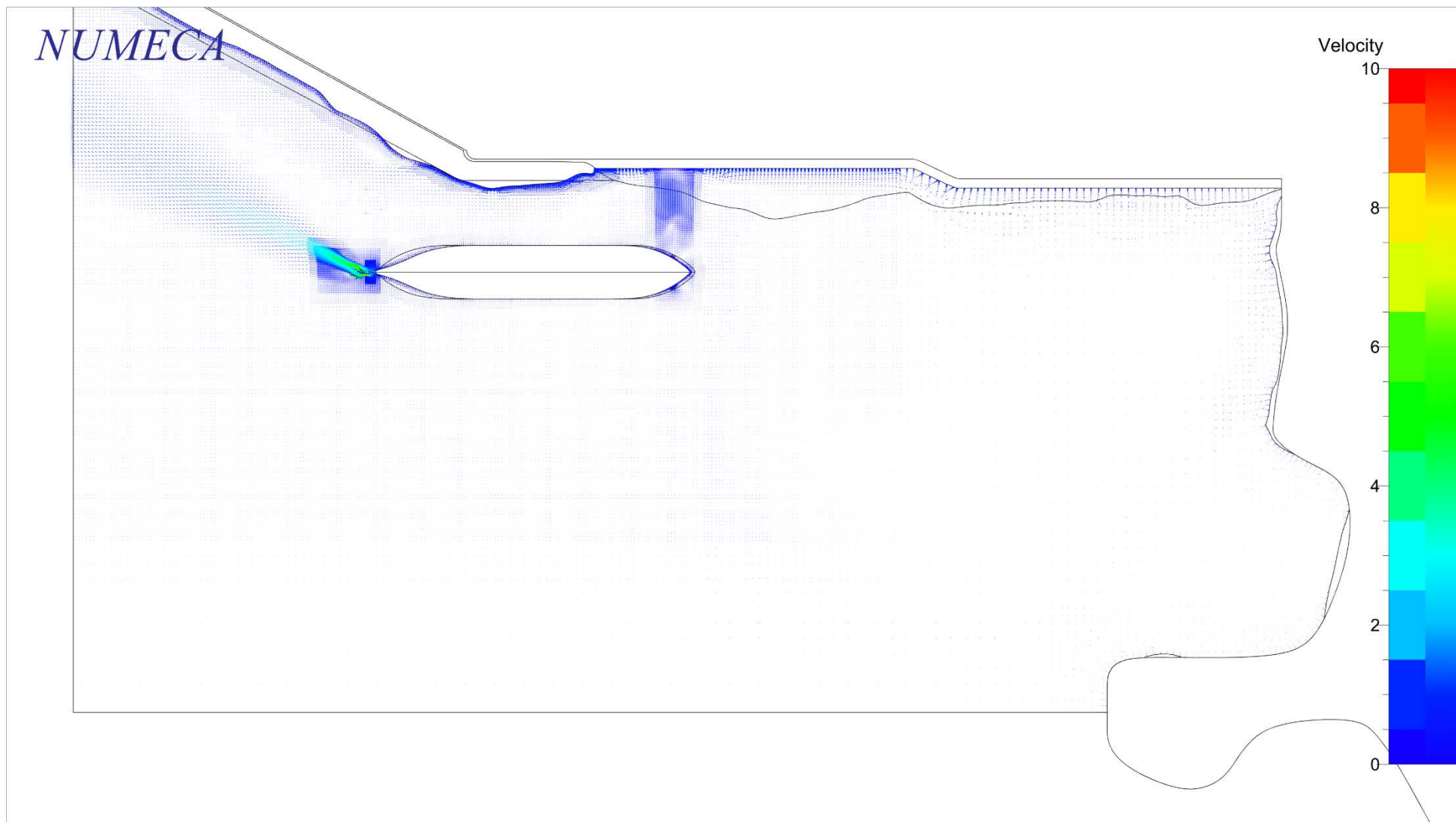
Figur 31 Inducerade hastigheter på horisontellt plan $z = 2.06$ m, för Fall Nr 1



(a) Konturplottar, Fall Nr 2

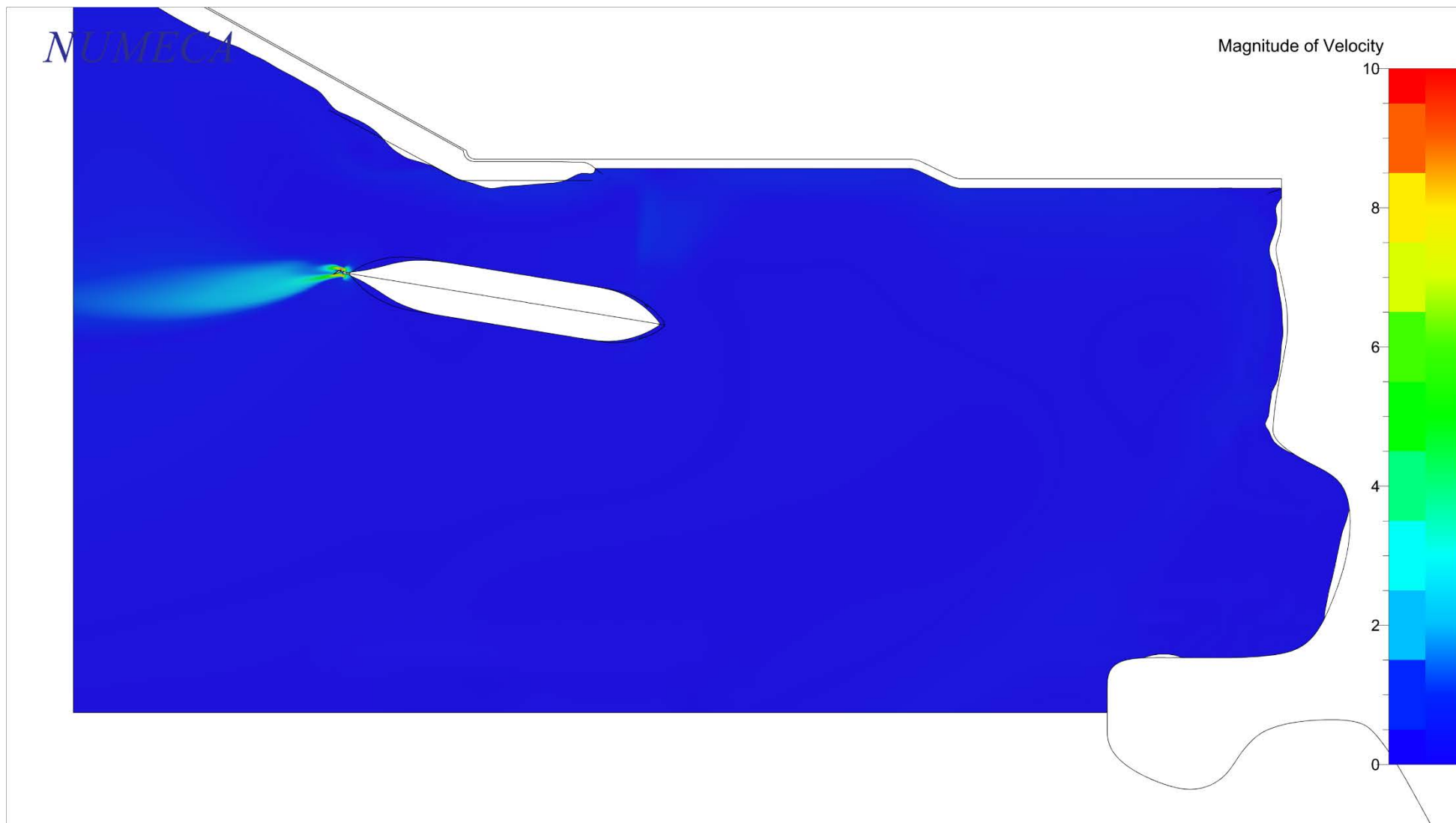


(b) Iso-kurvor, Fall Nr 2



(c) Vektorplottar, Fall Nr 2

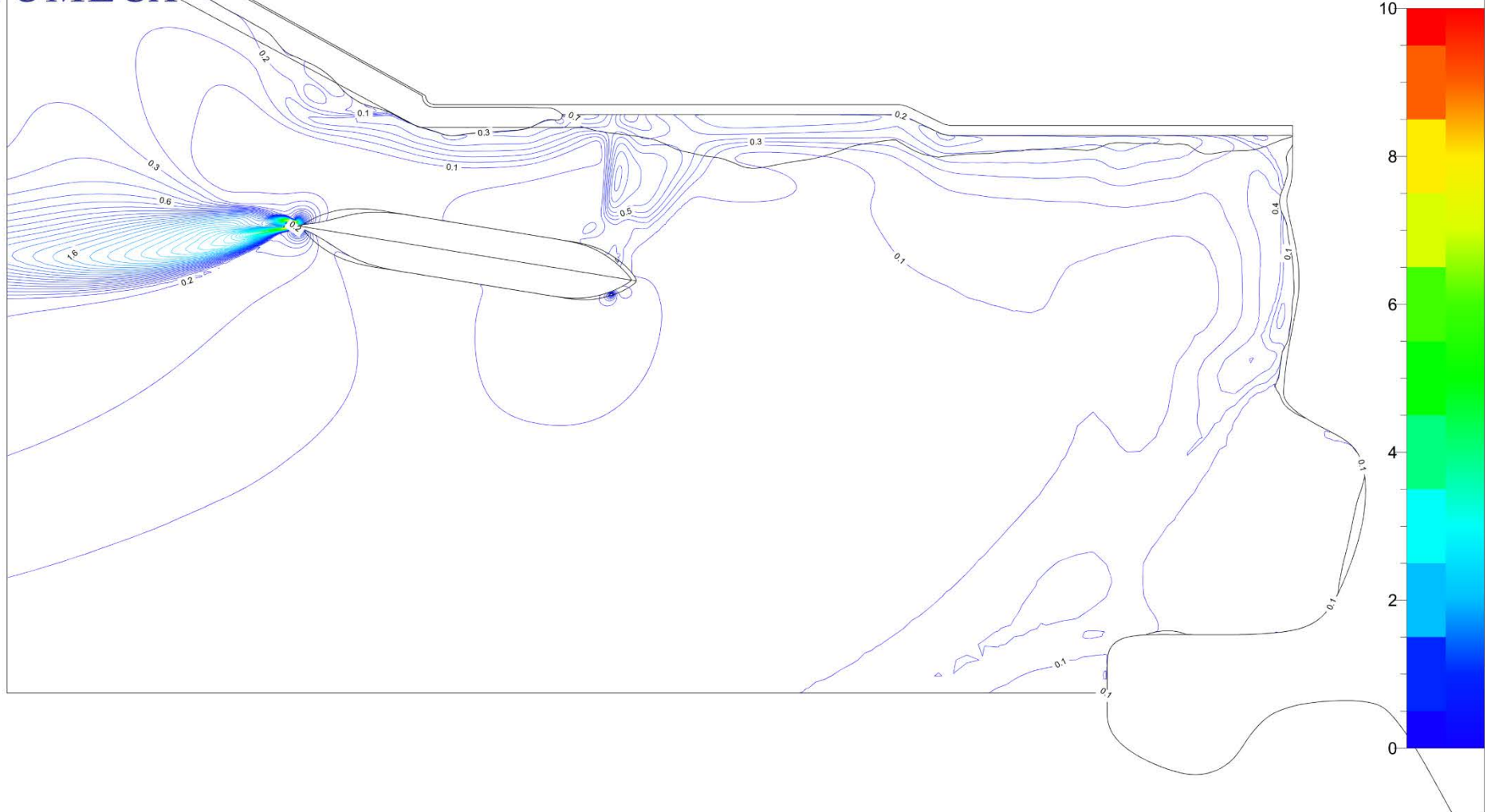
Figur 32 Inducerade hastigheter på horisontellt plan $z = 2.06$ m, för Fall Nr 2



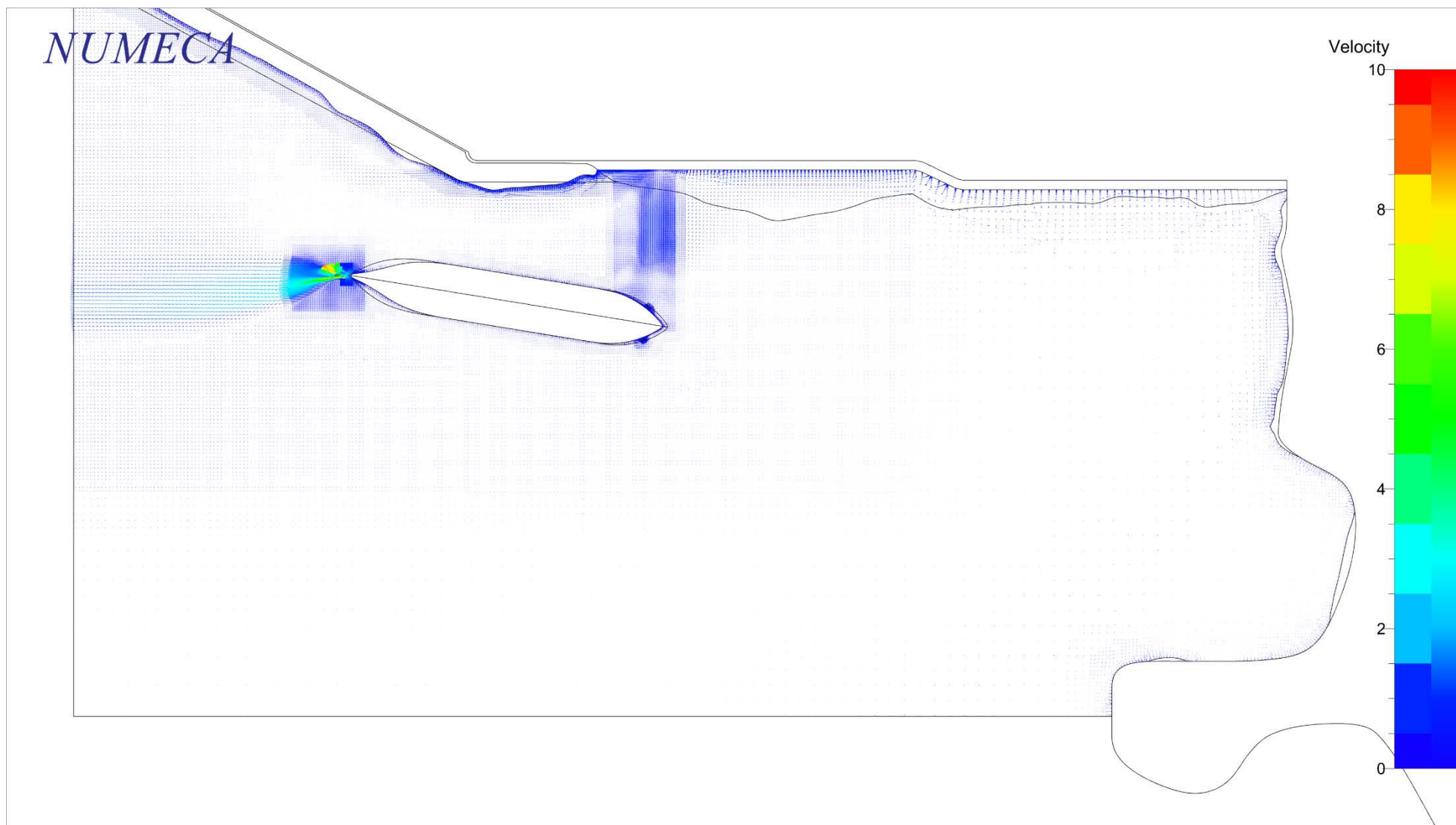
(a) Konturplottar, Fall Nr 3

NUMECA

Magnitude of Velocity



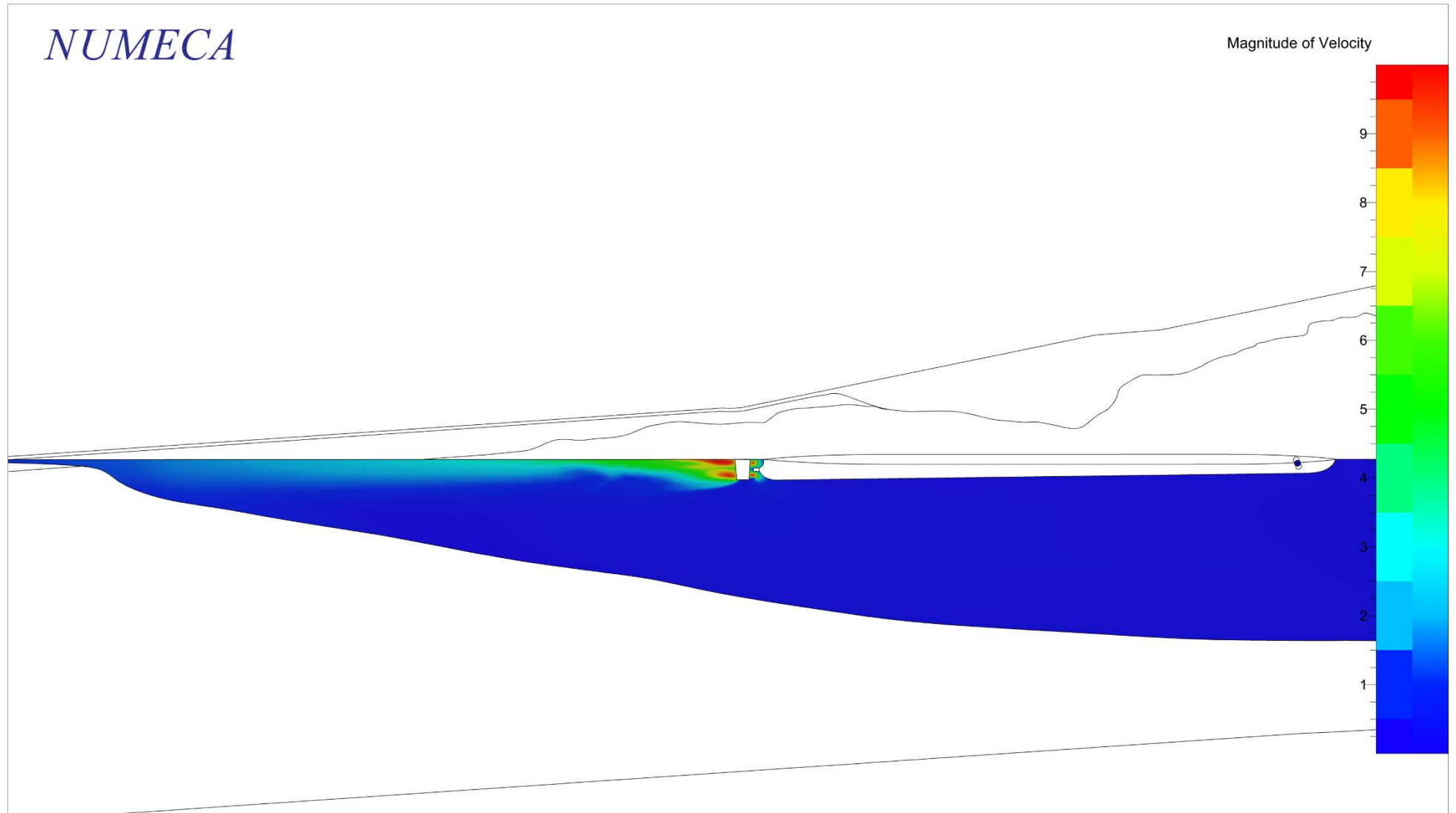
(b) Iso-kurvor, Fall Nr 3



(c) Vektorplottar, Fall Nr 3

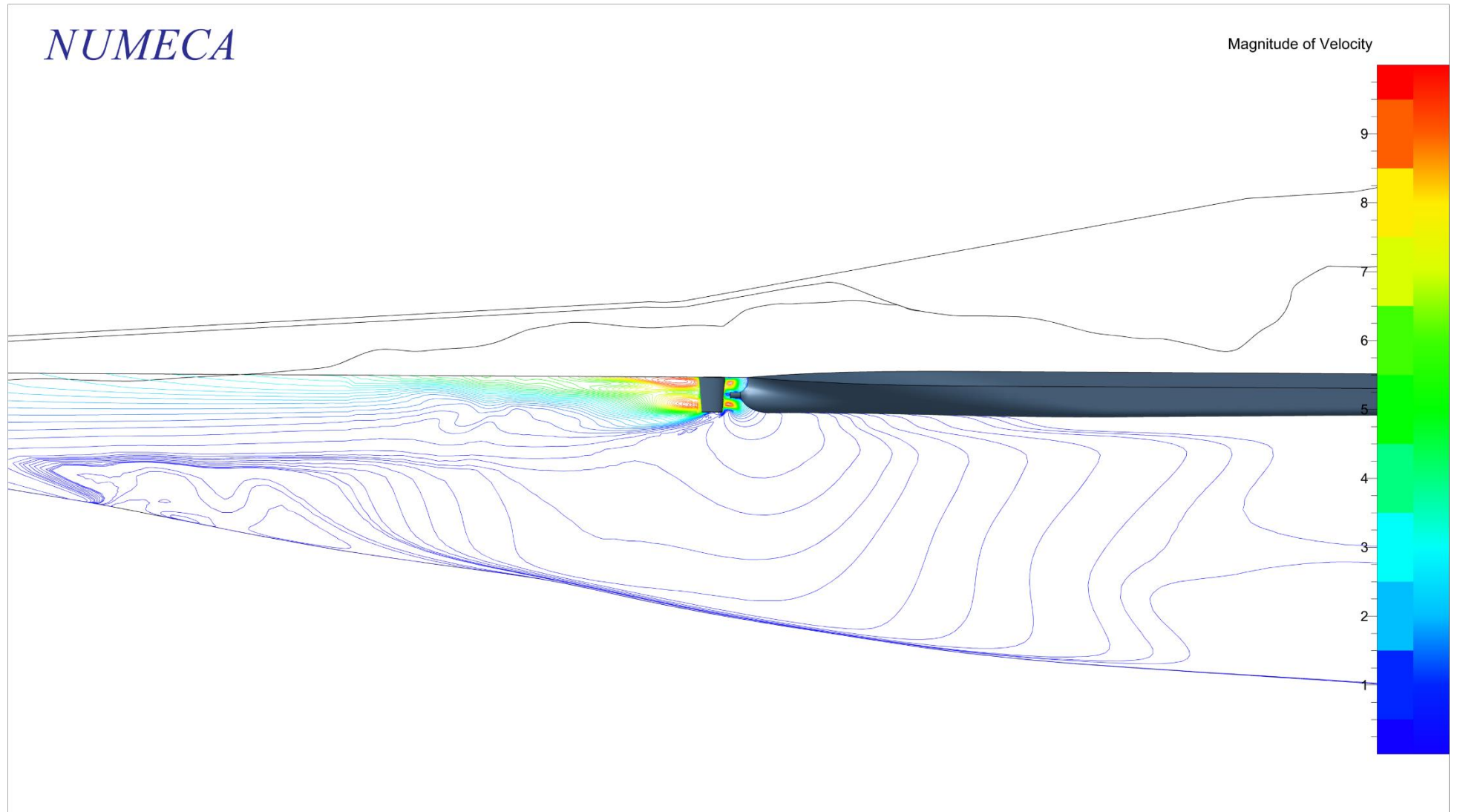
Figur 33 Inducerade hastigheter på horisontellt plan $z = 2.06$ m, för Fall Nr 3

NUMECA



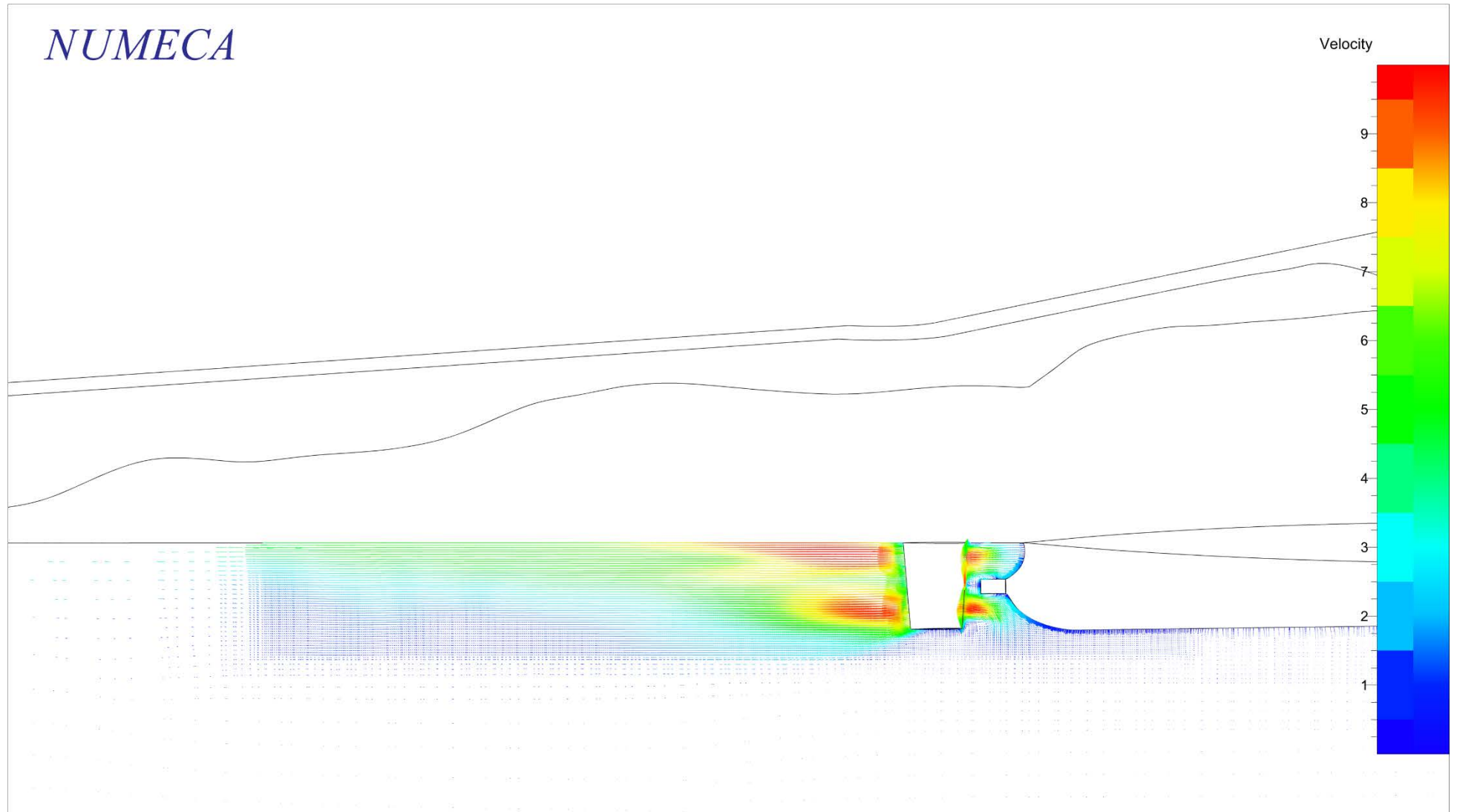
(a) Konturplottar, Fall Nr 4

NUMECA



(b) Iso-kurvor, Fall Nr 4

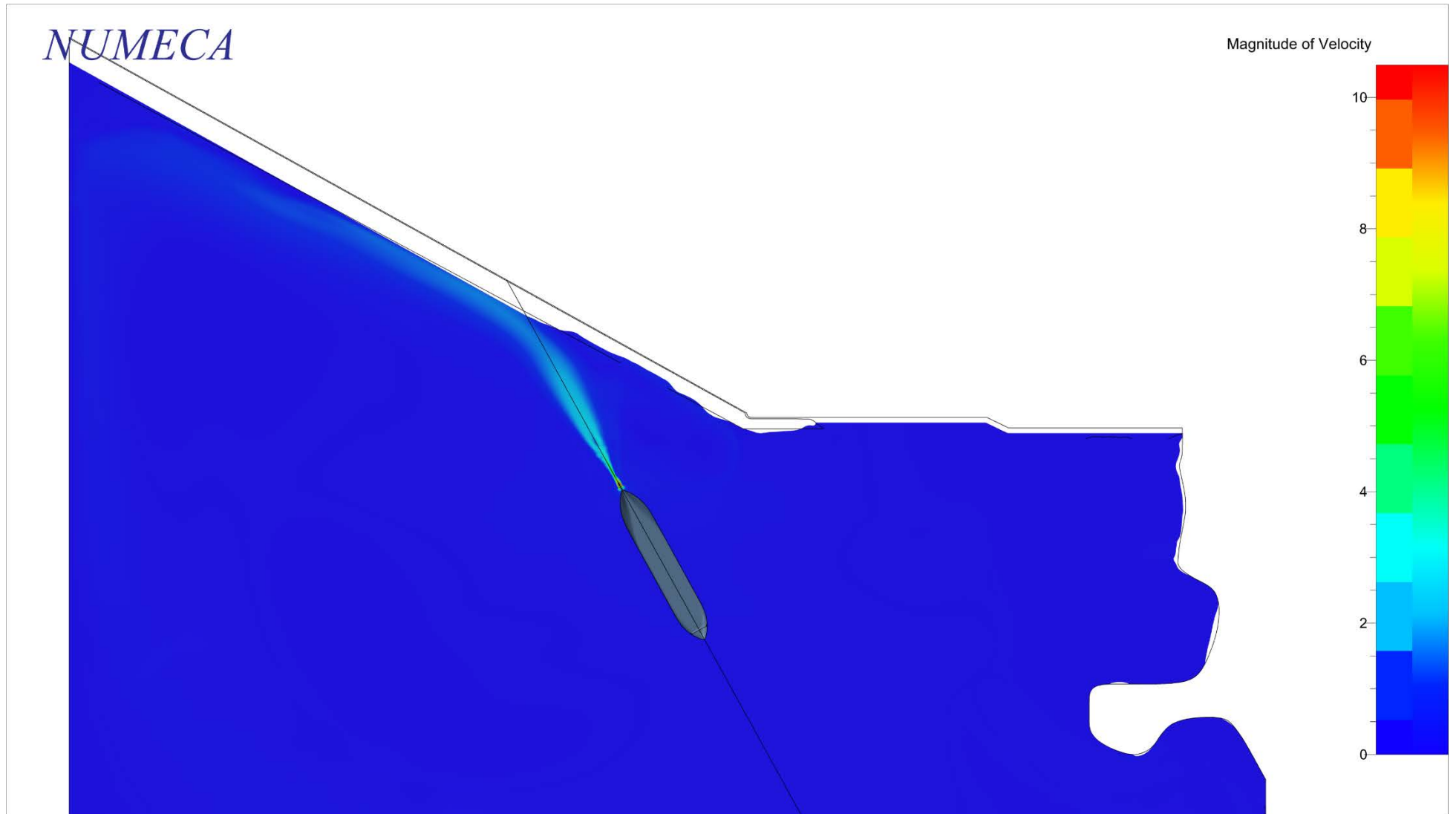
NUMECA



(c) Vektorplottar, Fall Nr 4

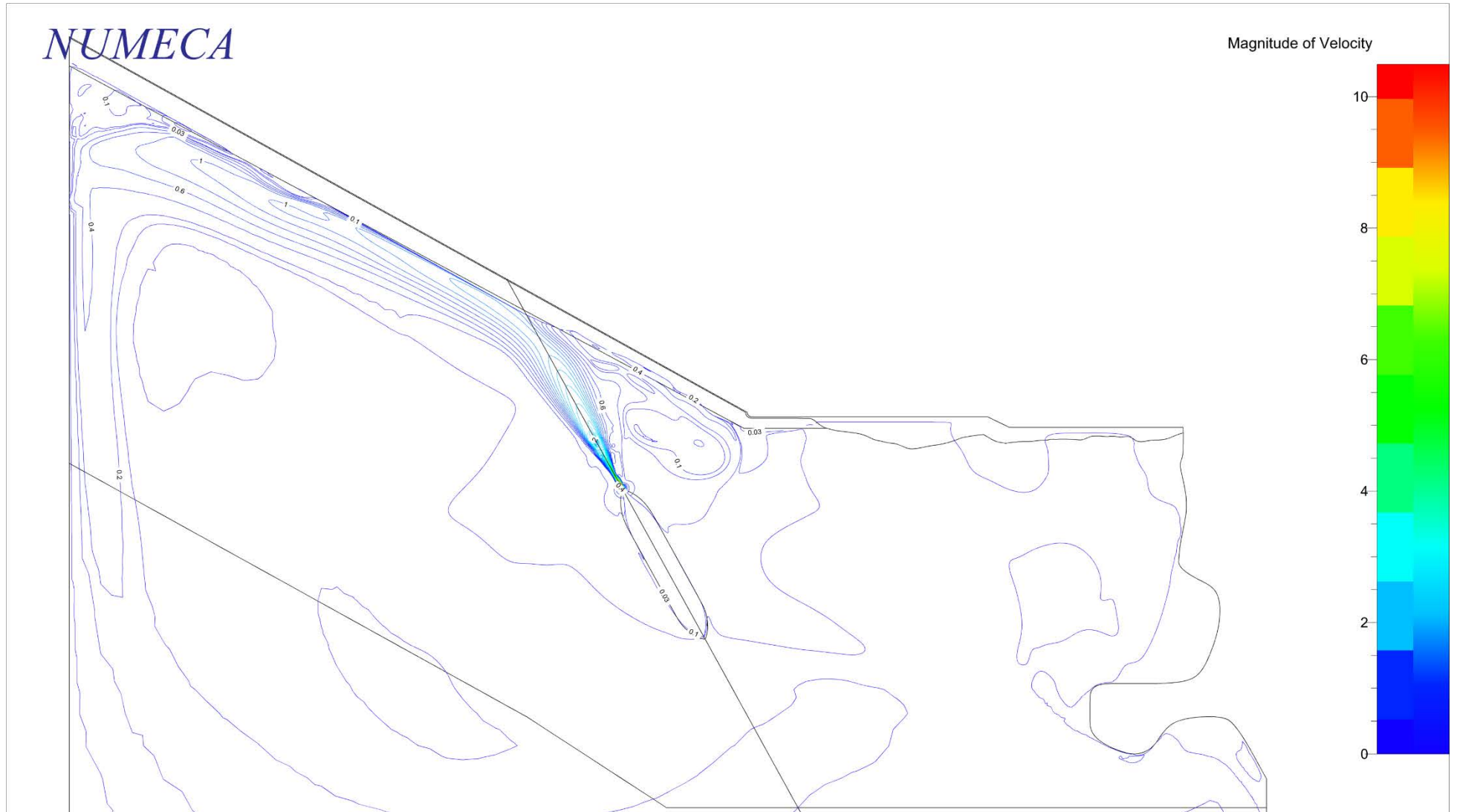
Figur 34 Inducerade hastigheter på ett vertikaltplan genom fartygscentralplan, för Fall Nr 4

NUMECA

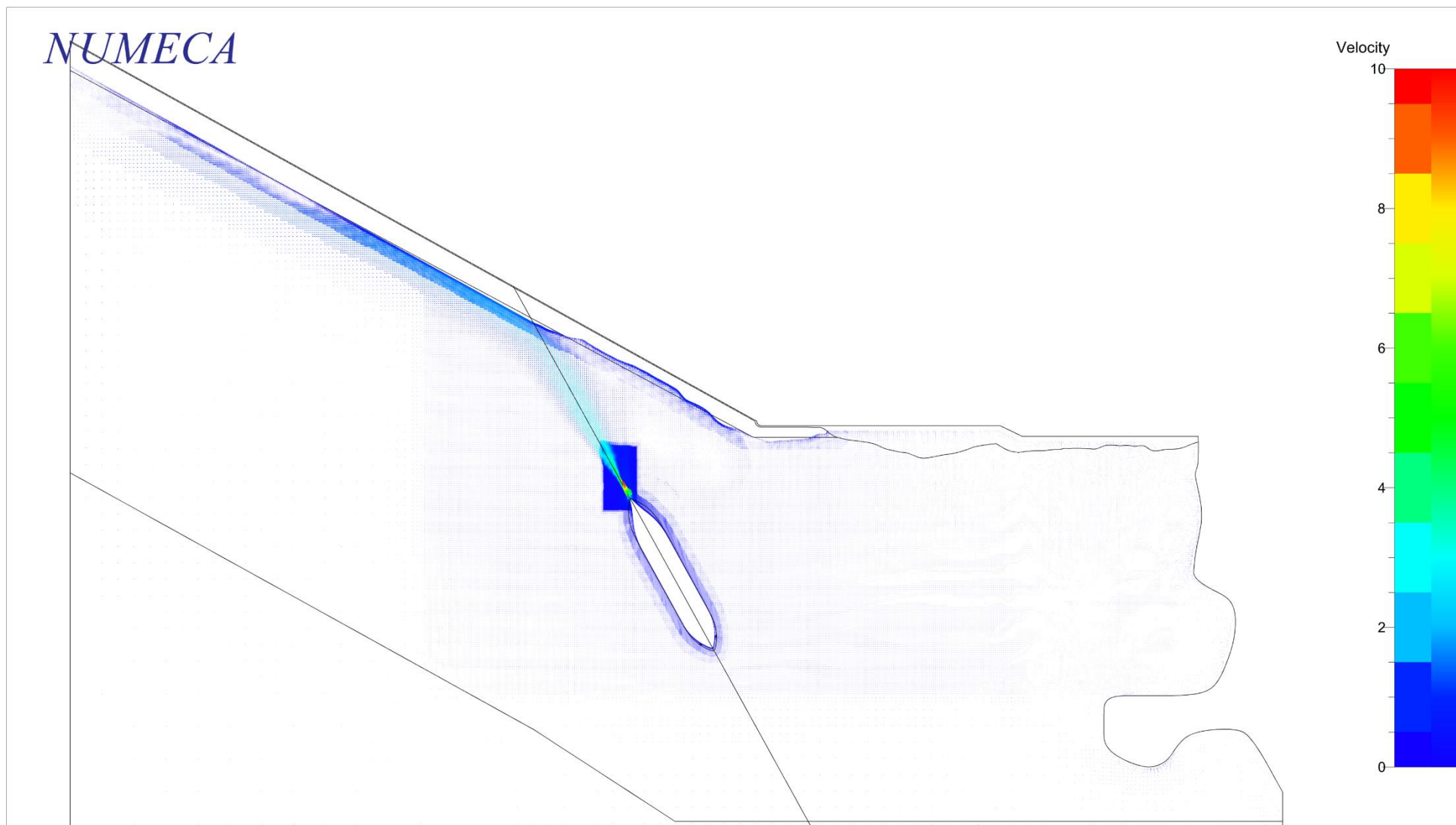


(a) Konturplottar, Fall Nr 4

NUMECA

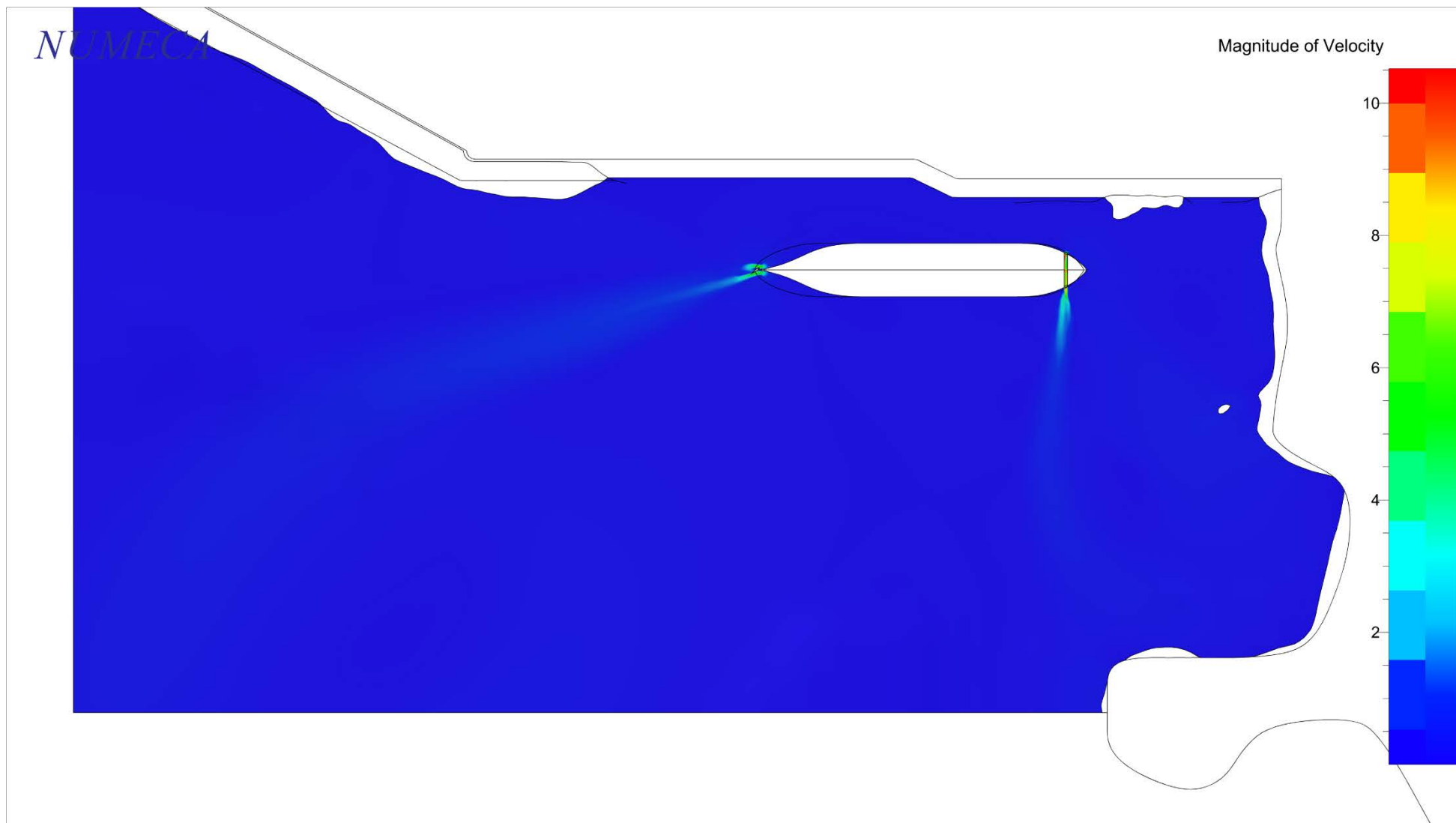


(b) Iso-kurvor, Fall Nr 4



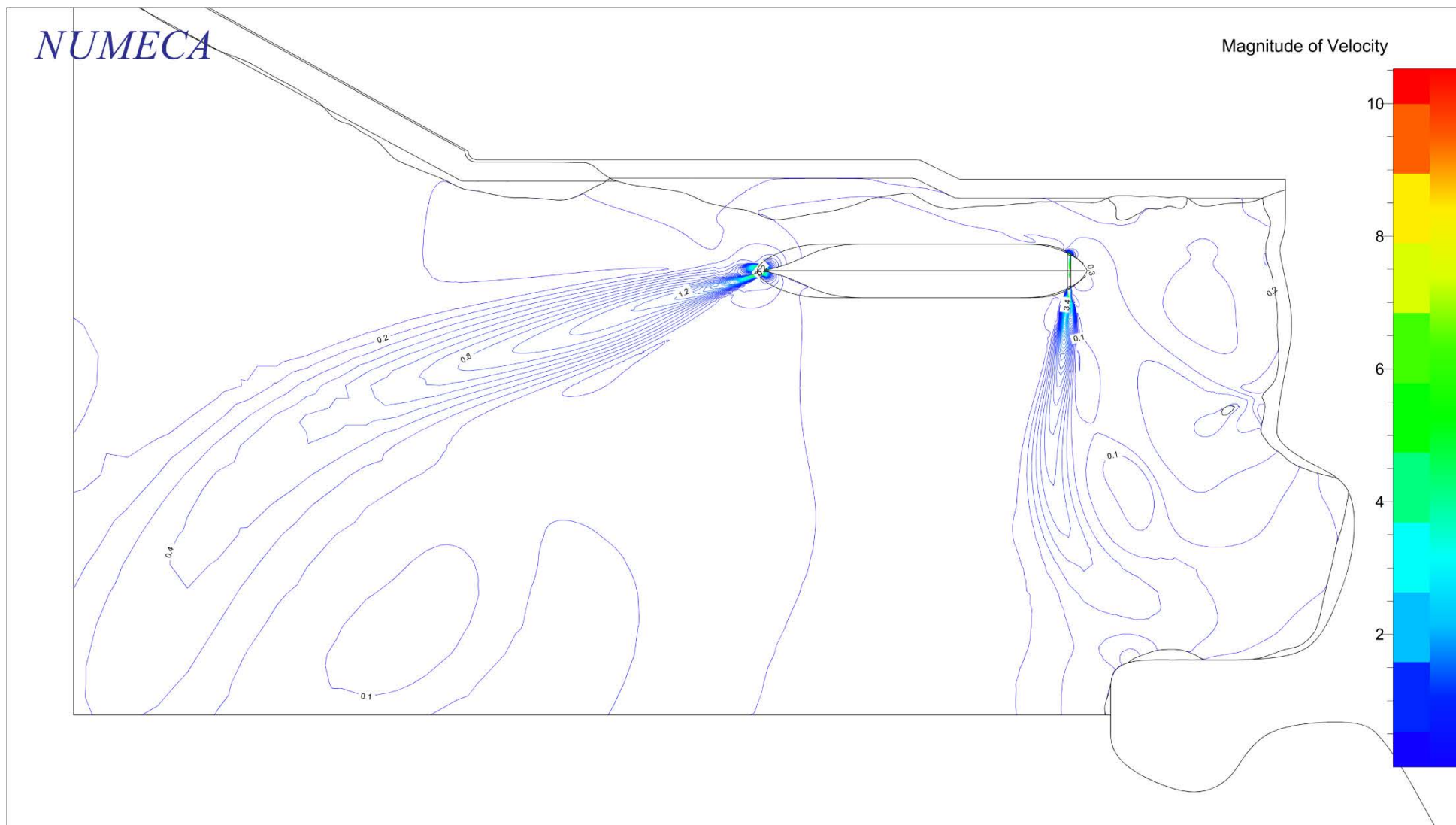
(c) Vektorplottar, Fall Nr 4

Figur 35 Inducerade hastigheter på horisontellt plan $z = 2.06$ m, för Fall Nr 4

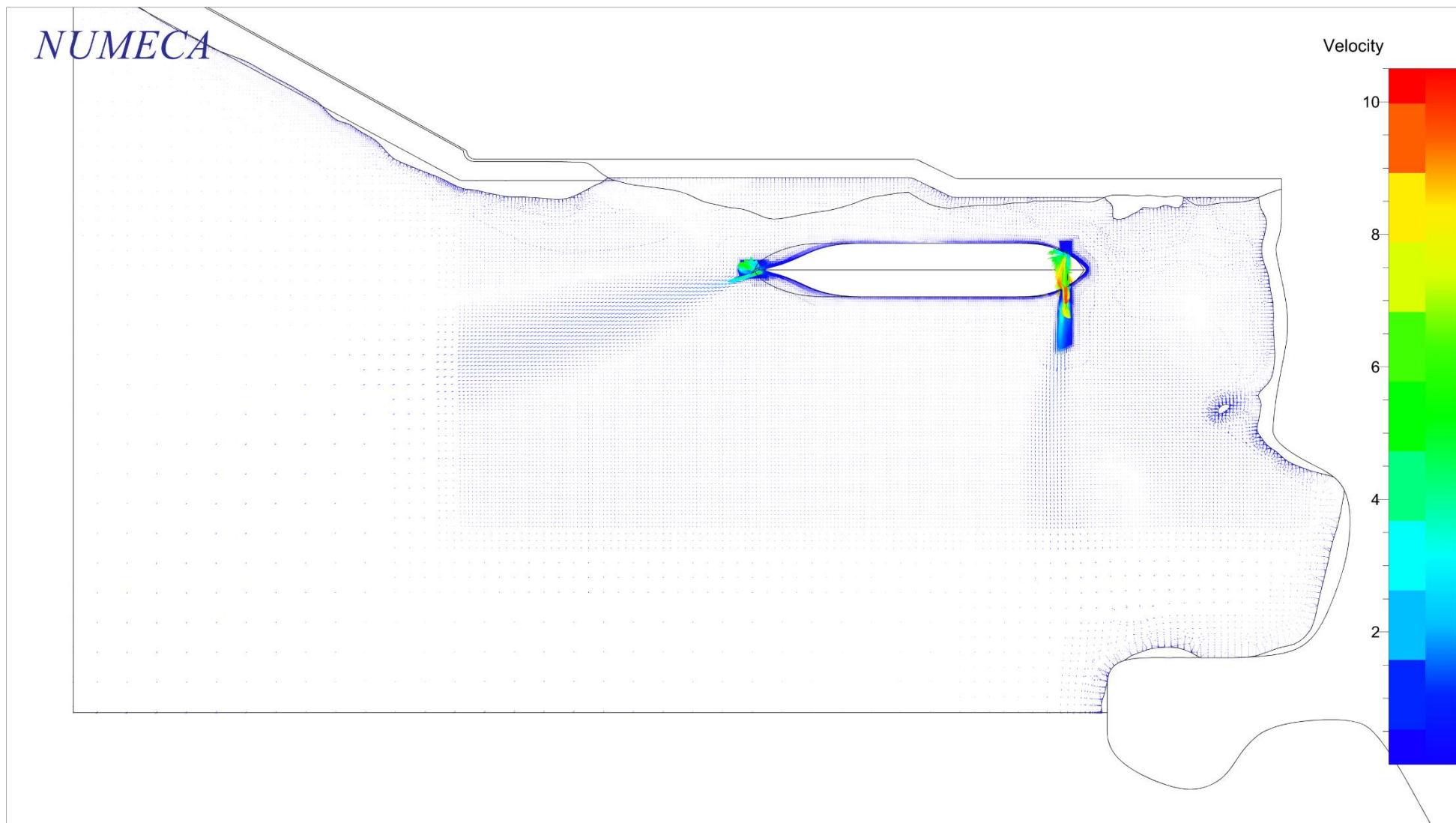


(a) Konturplottar, Fall Nr 5

NUMECA

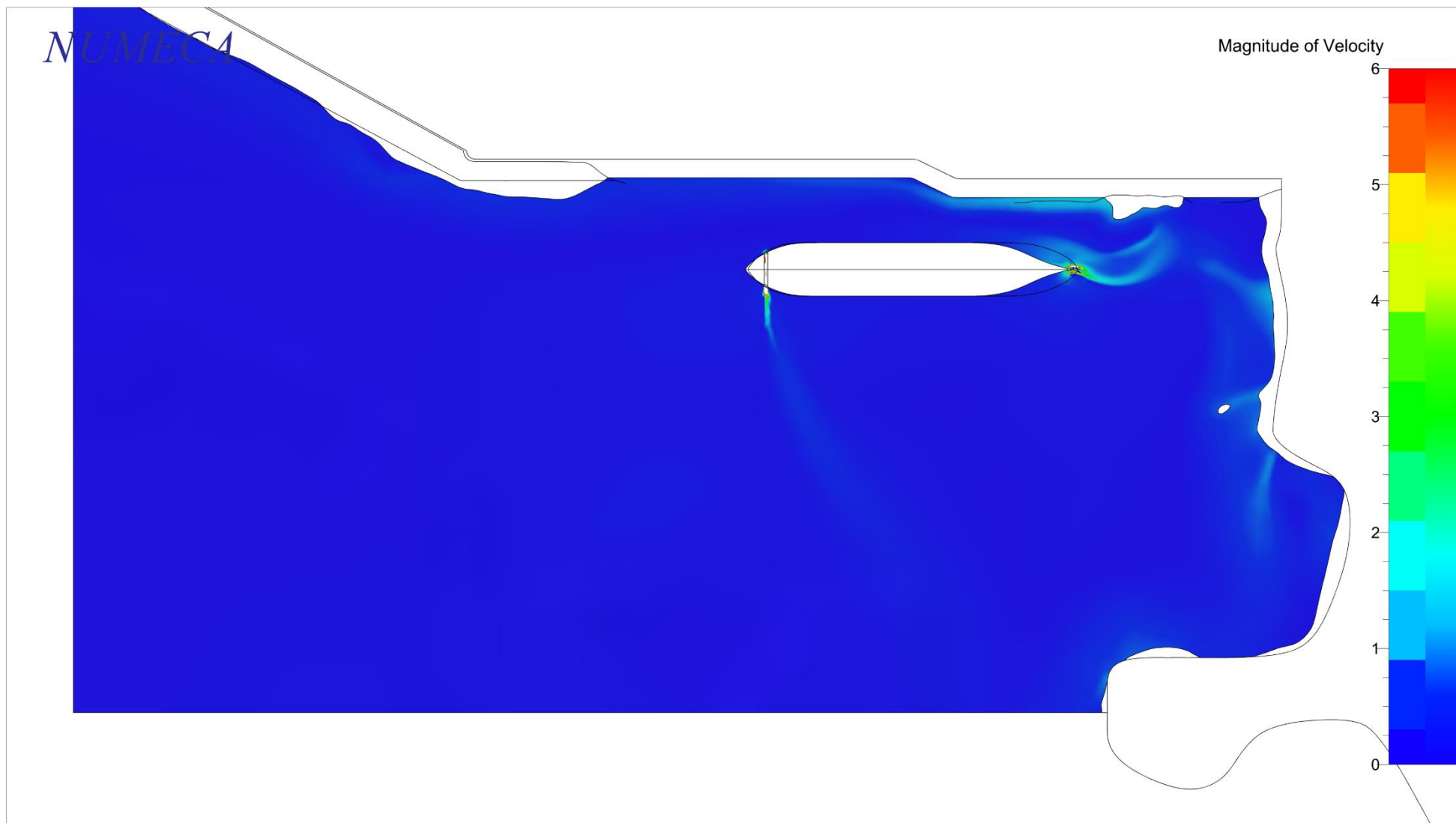


(b) Iso-kurvor, Fall Nr 5

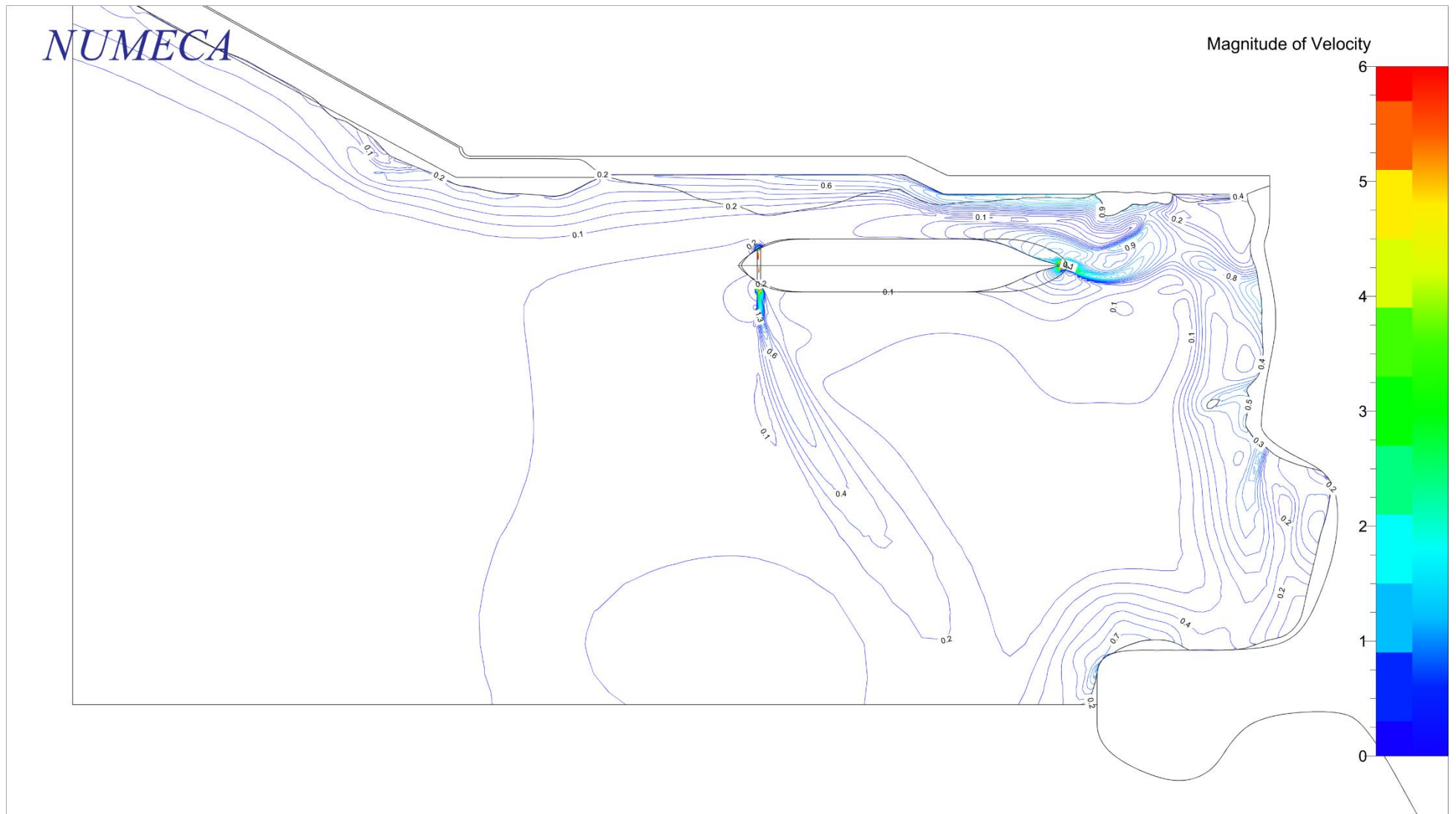


(c) Vektorplottar, Fall Nr 5

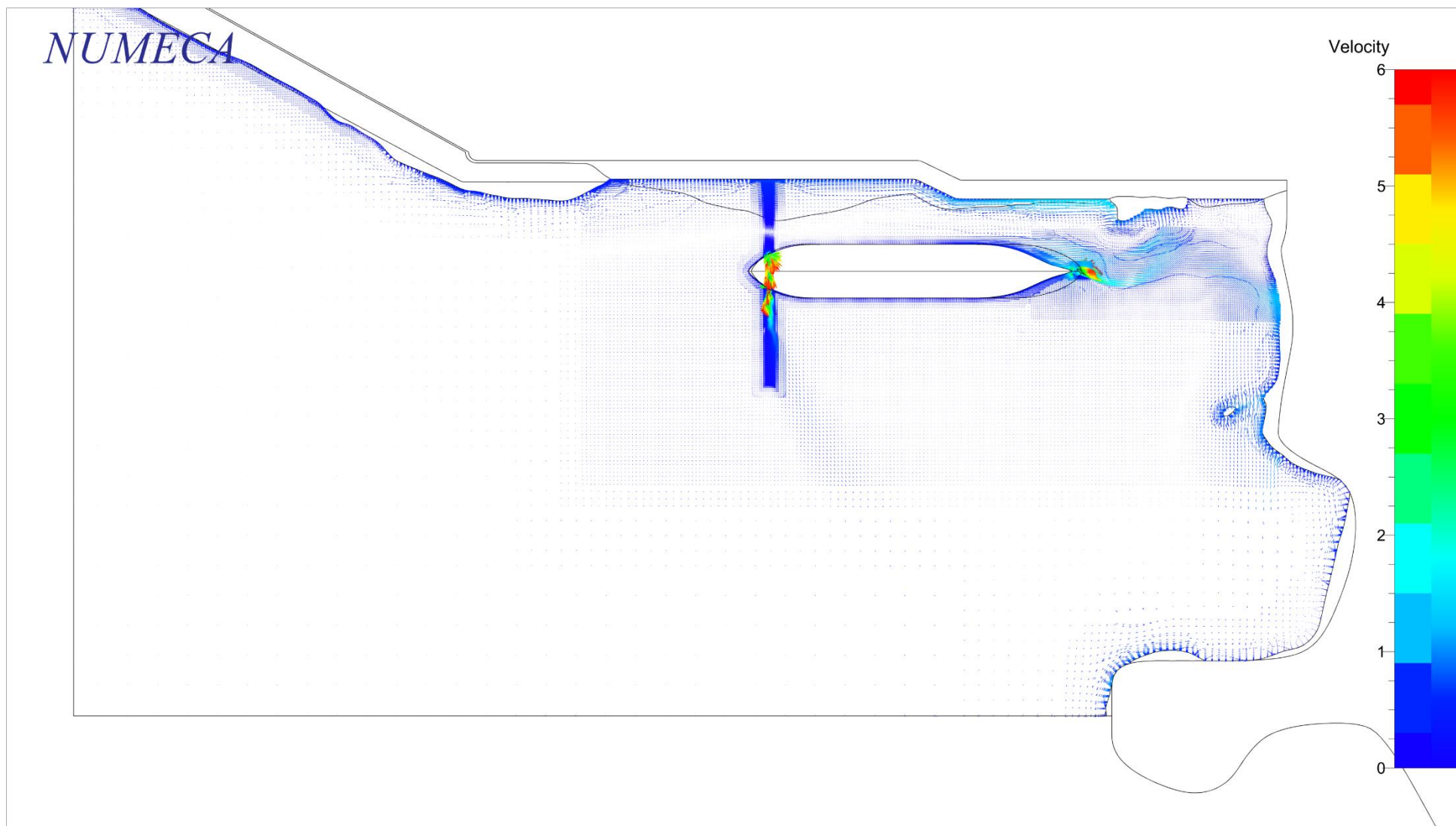
Figur 36 Inducerade hastigheter på horisontellt plan $z = 4.0$ m, för Fall Nr 5



(a) Konturplottar, Fall Nr 6

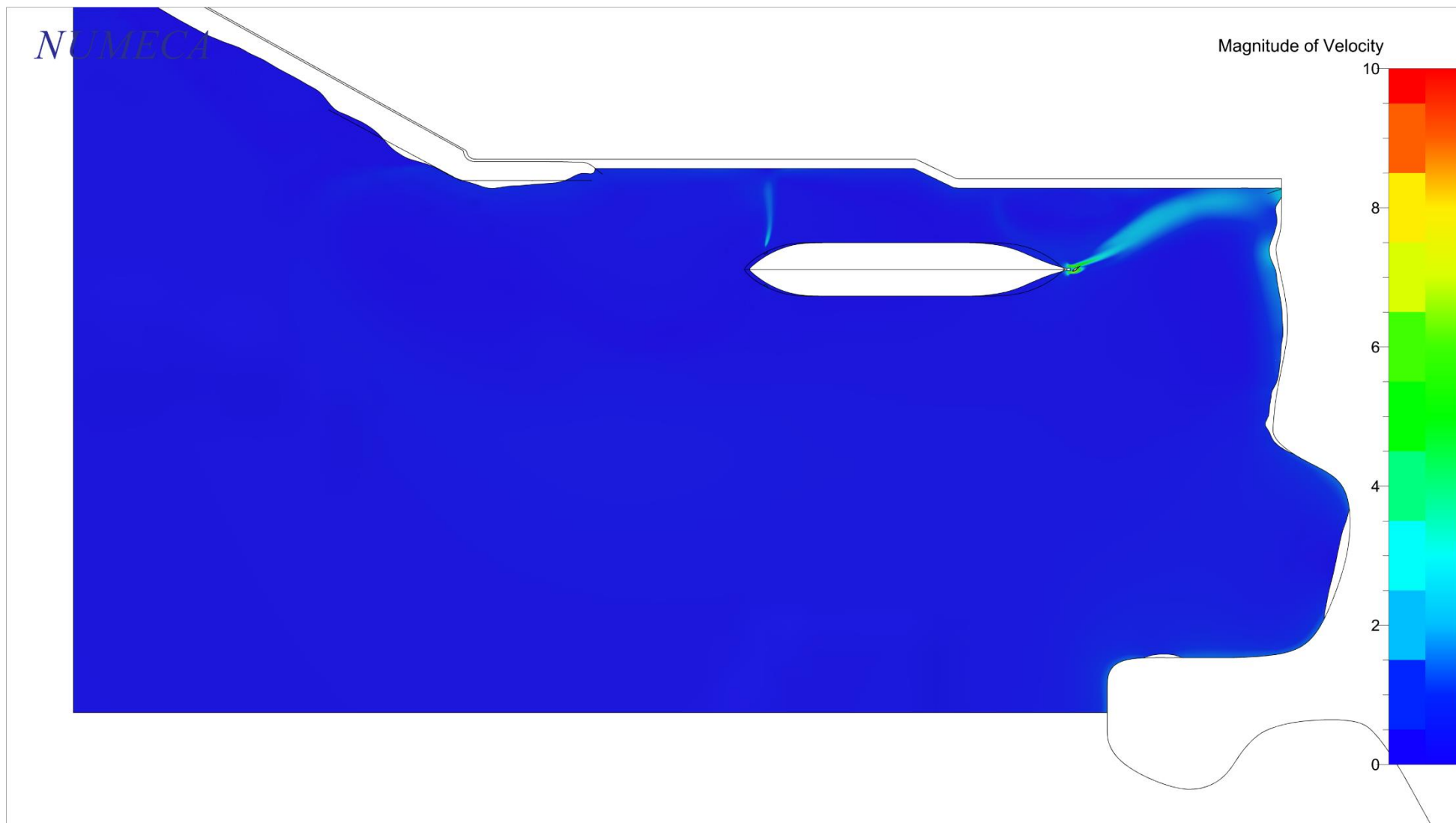


(b) Iso-kurvor, Fall Nr 6

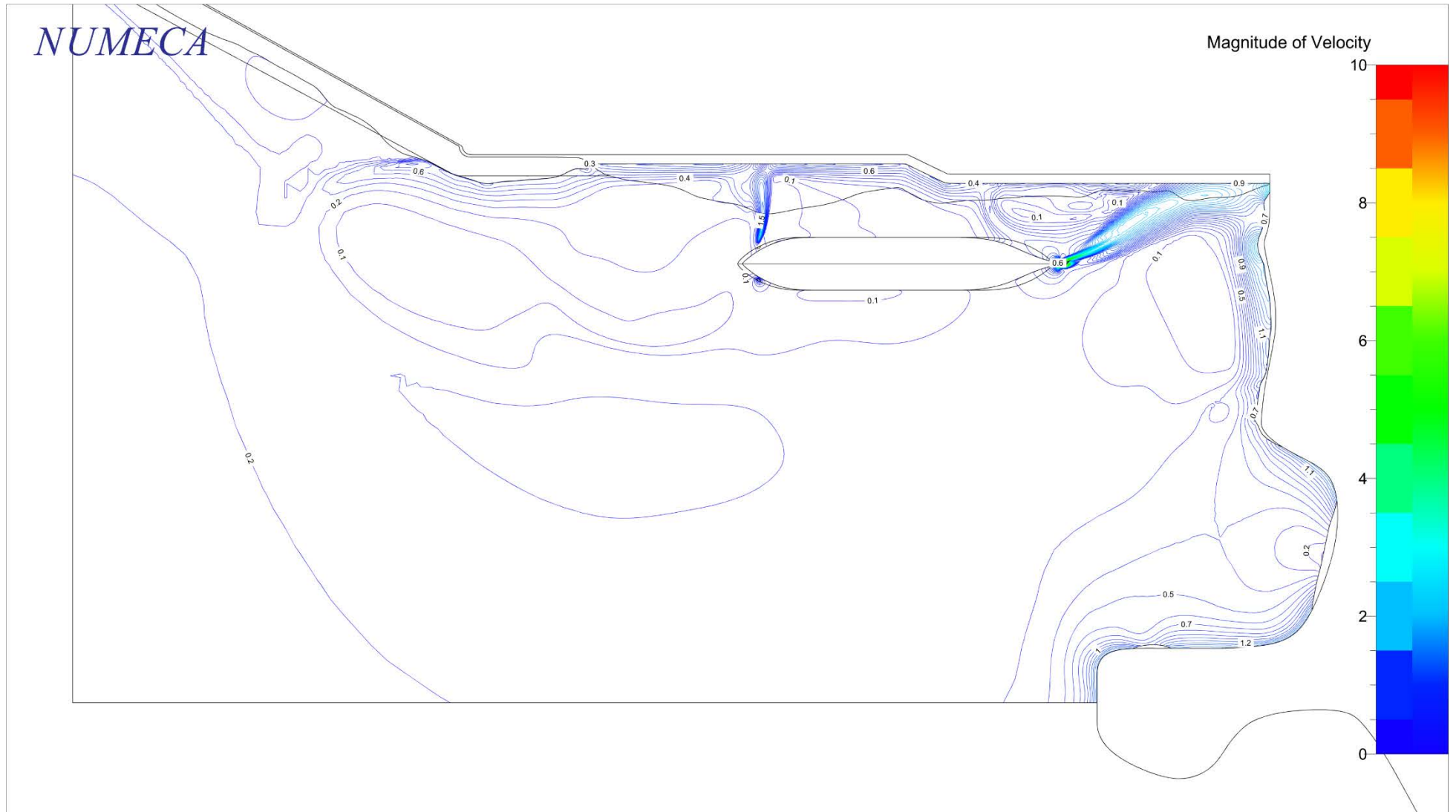


(c) Vektorplottar, Fall Nr 6

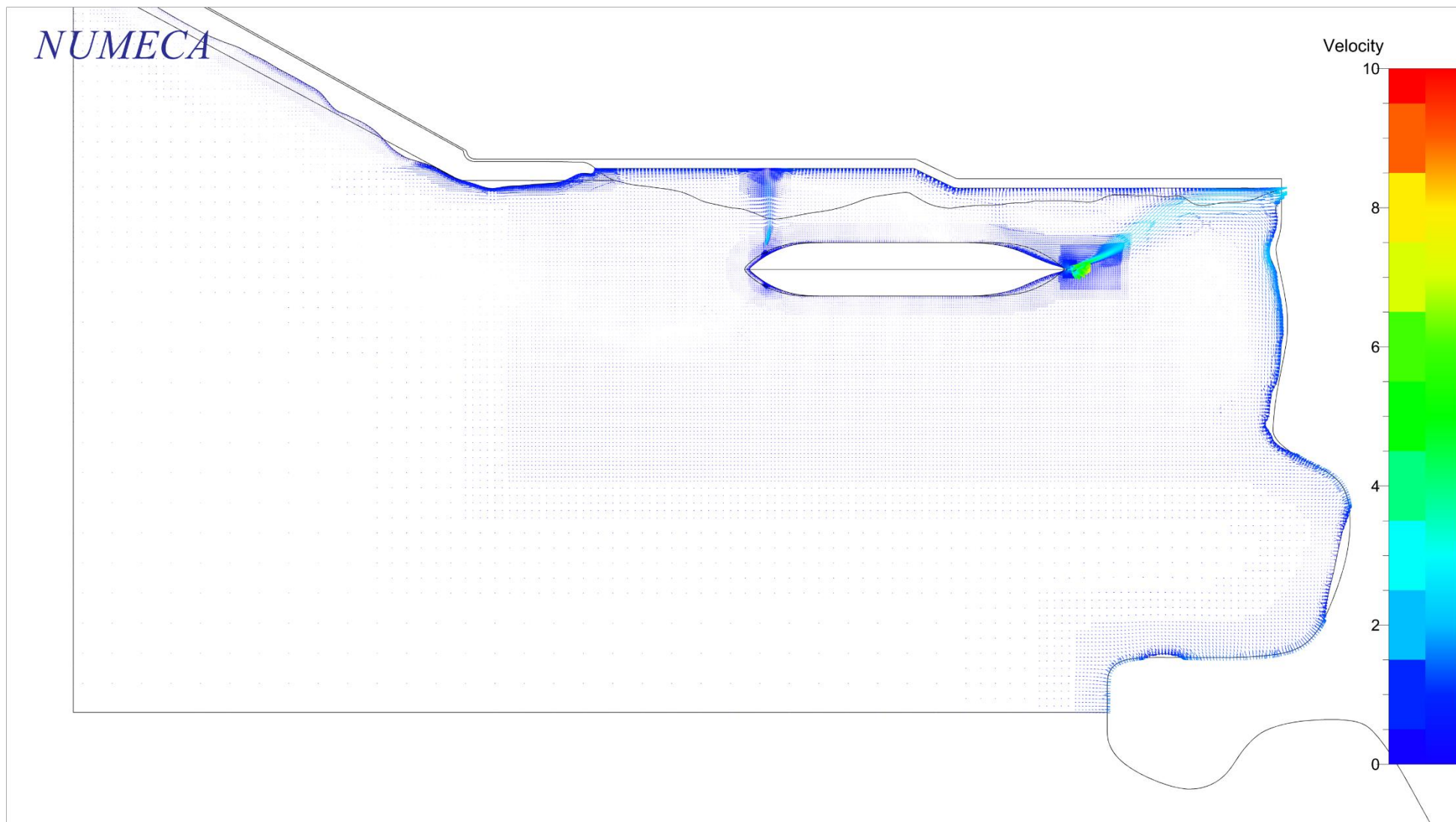
Figur 37 Inducerade hastigheter på horisontellt plan $z = 4.0$ m, för Fall Nr 6



(a) Konturplottar, Fall Nr 7

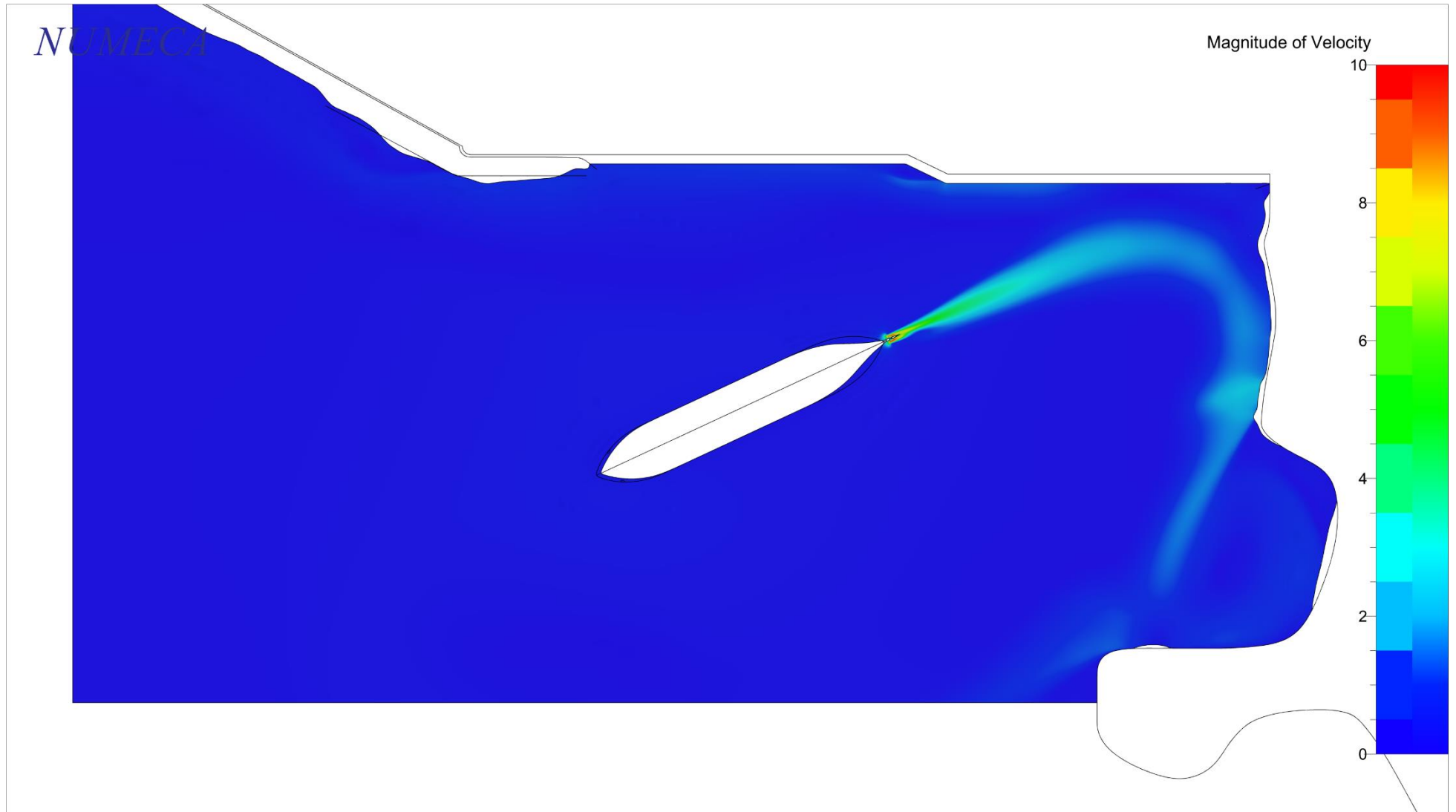


(b) Iso-kurvor, Fall Nr 7



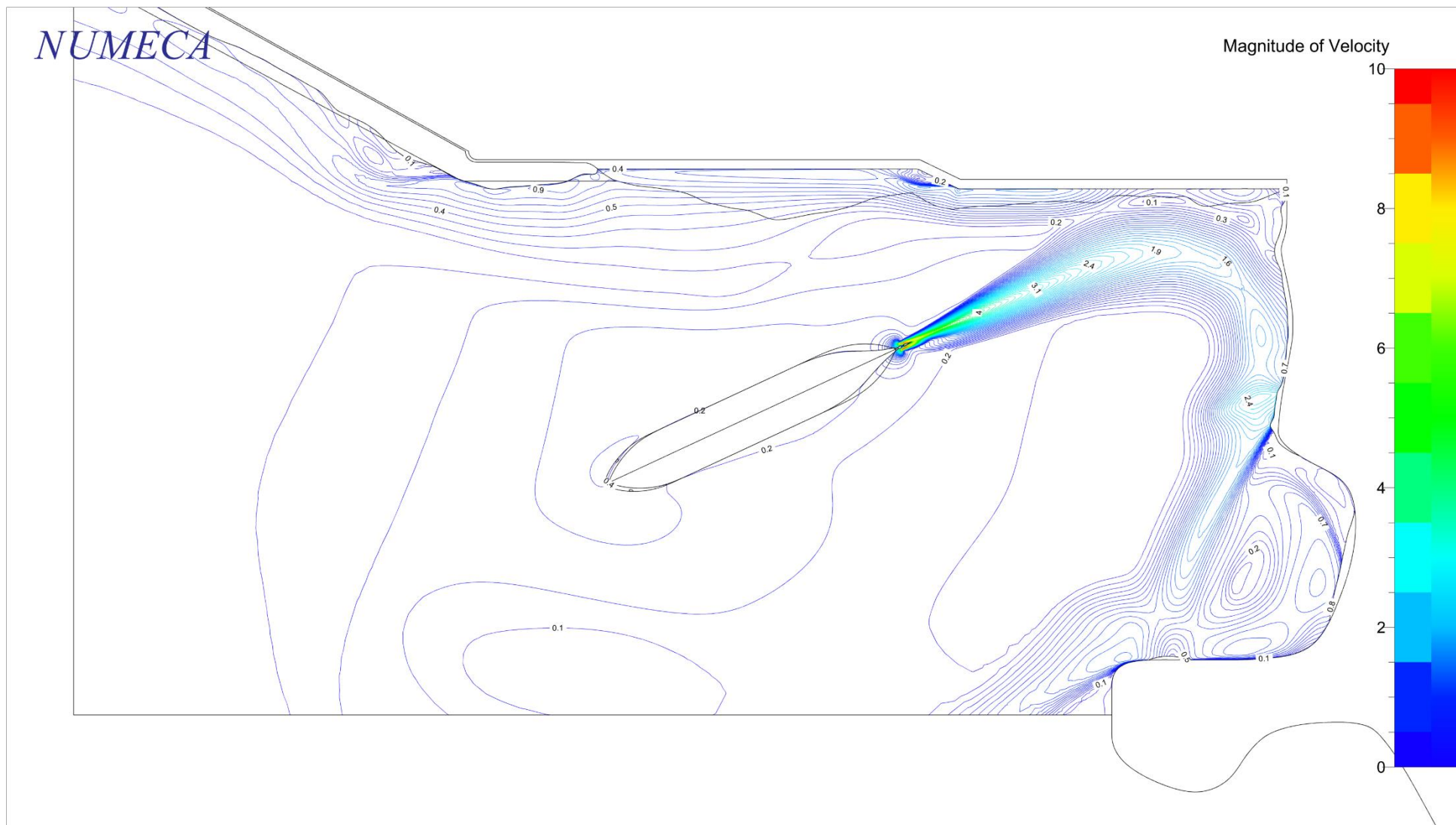
(c) Vektorplottar, Fall Nr 7

Figur 38 Inducerade hastigheter på horisontellt plan $z = 2.06$ m, för Fall Nr 7

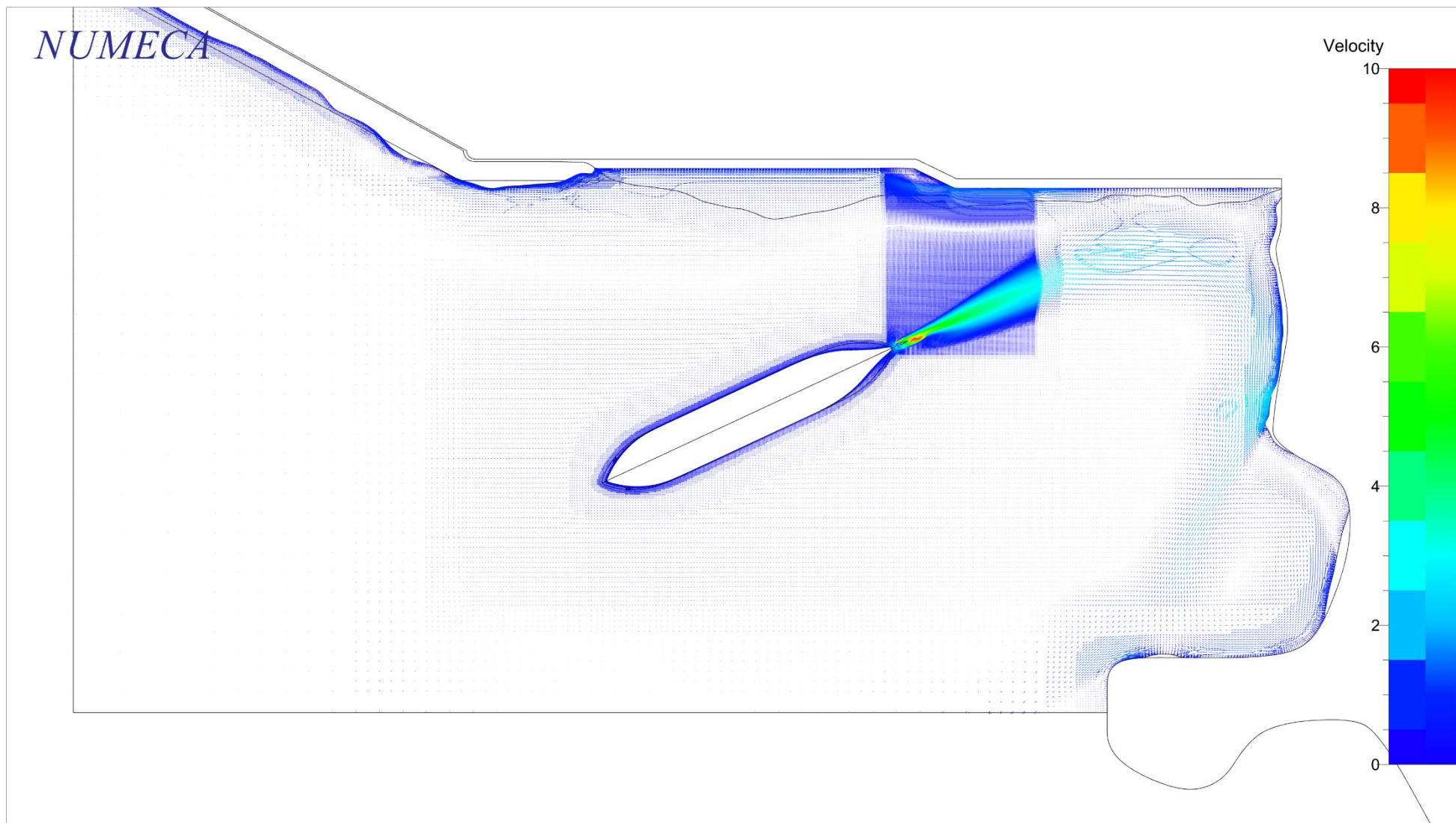


(a) Konturplottar, Fall Nr 8

NUMECA

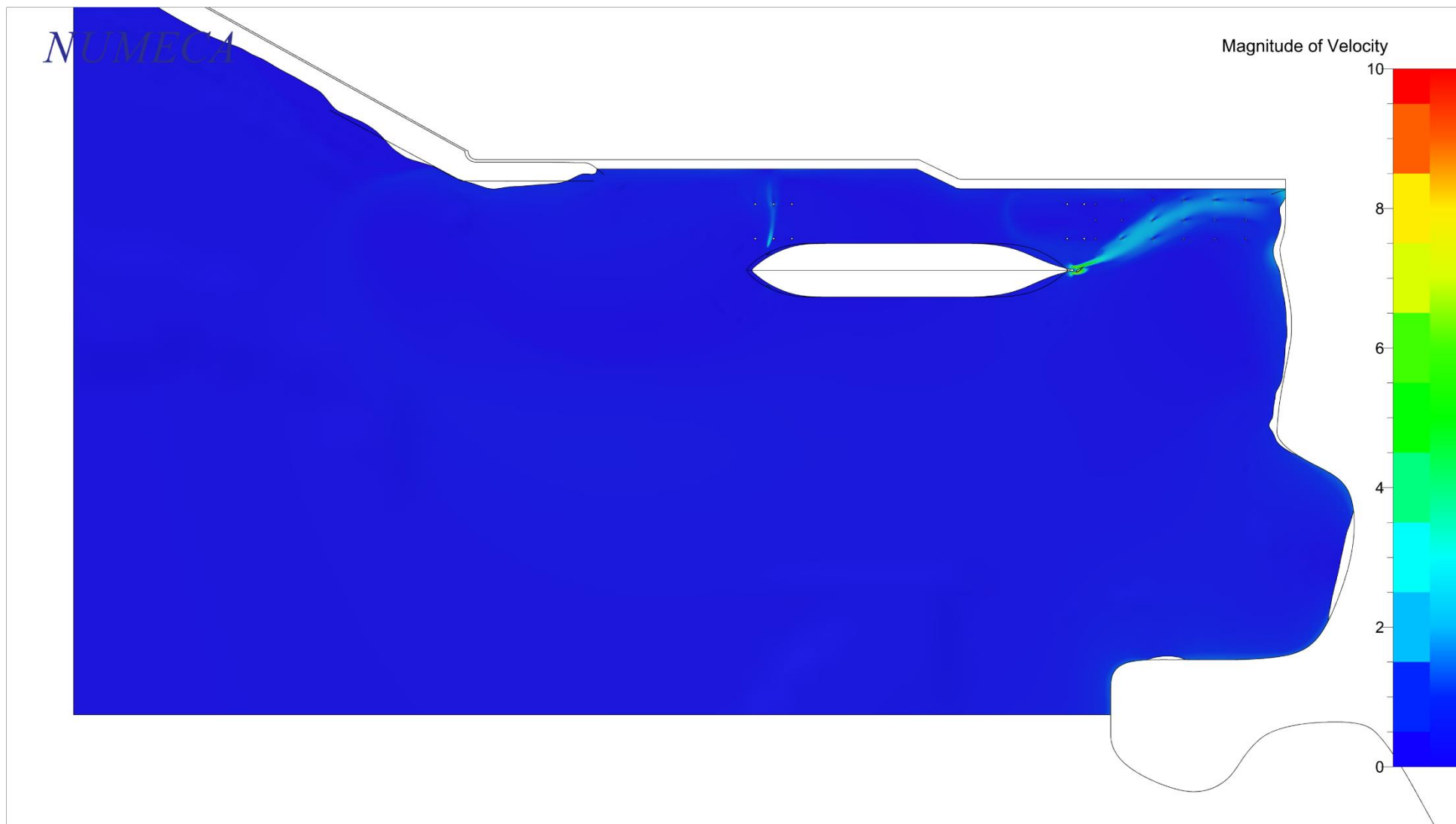


(b) Iso-kurvor, Fall Nr 8



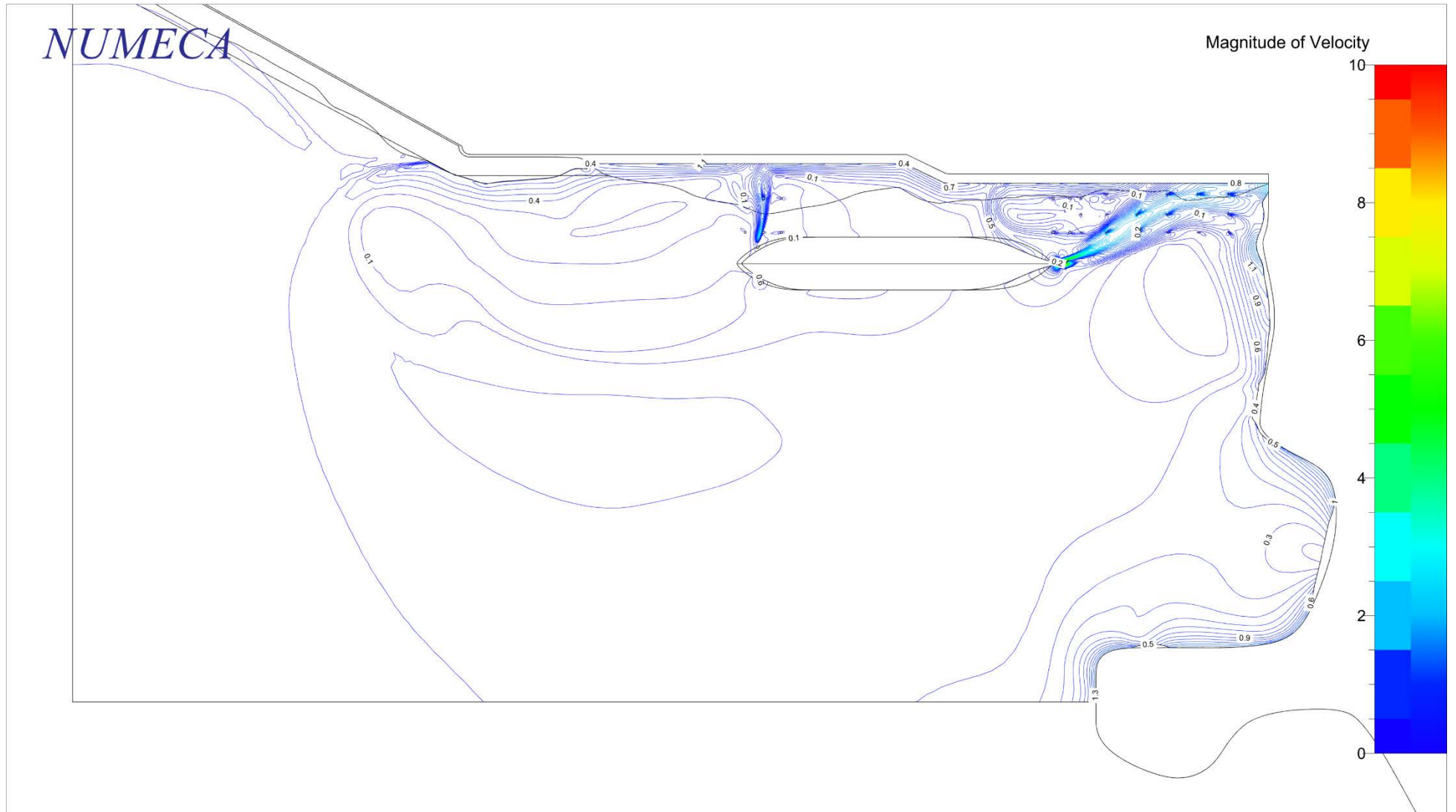
(c) Vektorplottar, Fall Nr 8

Figur 39 Inducerade hastigheter på horisontellt plan $z = 2.06$ m, för Fall Nr 8

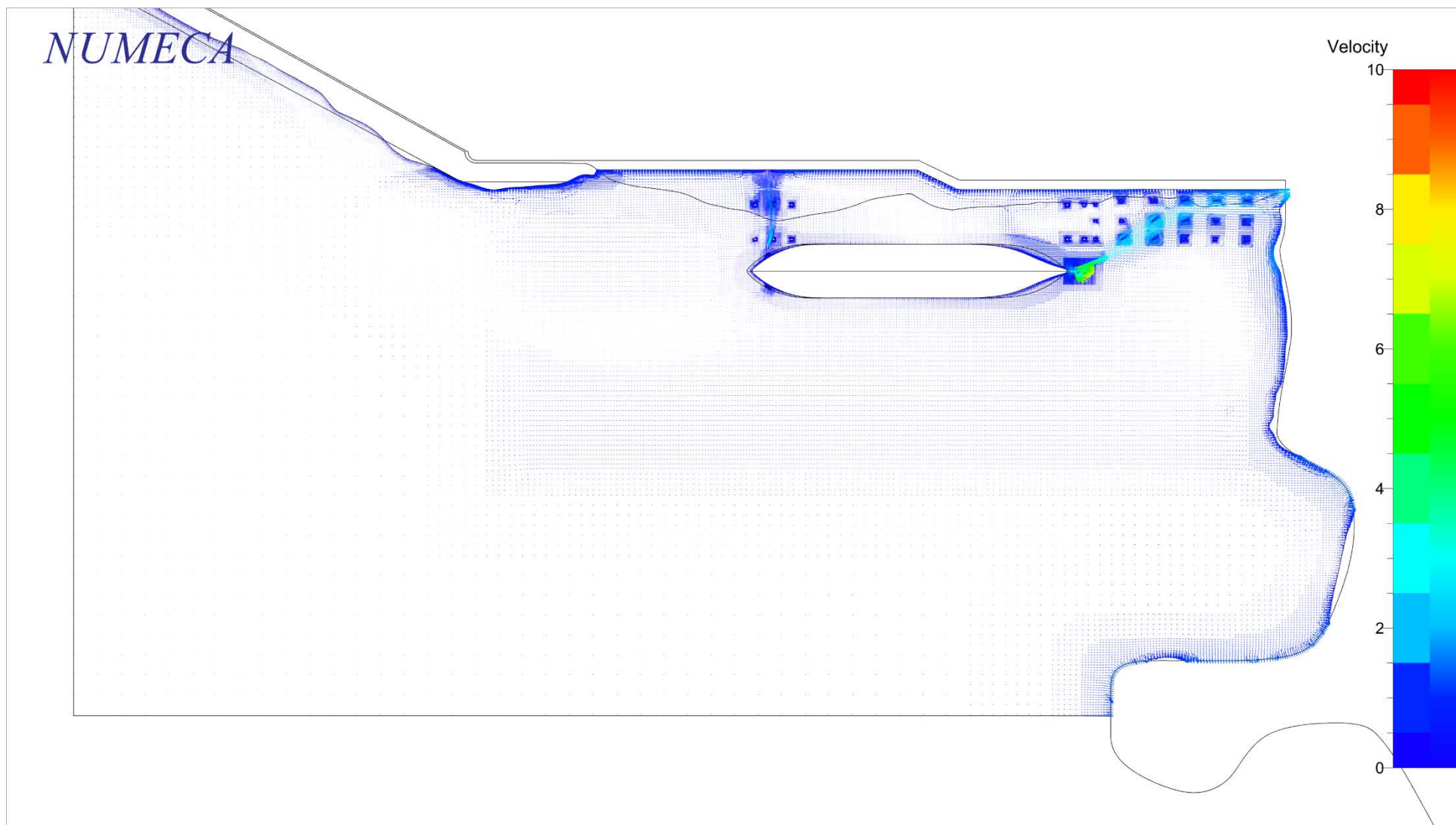


(a) Konturplottar, Fall Nr 9

NUMECA

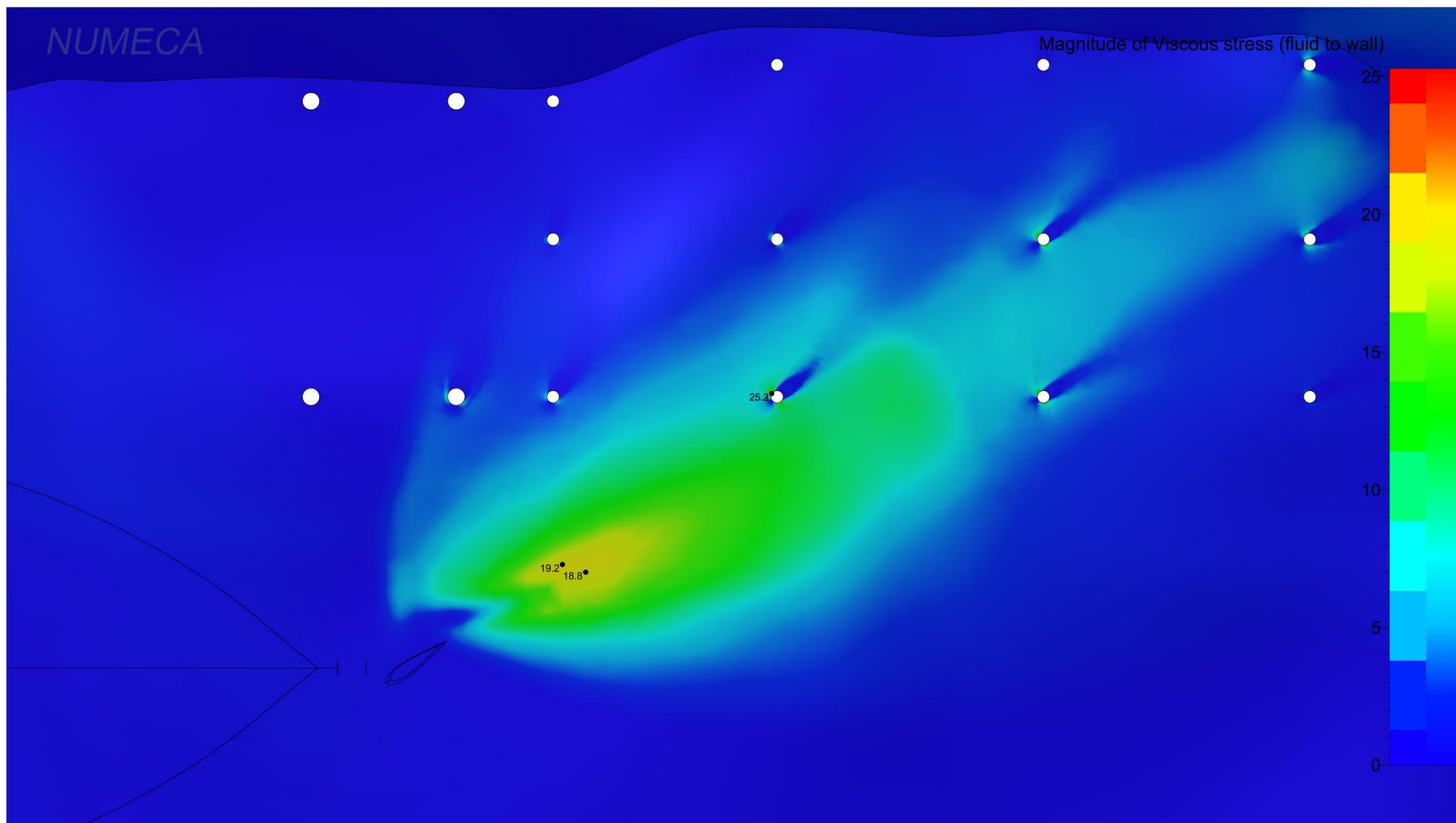


(b) Iso-kurvor, Fall Nr 9



(c) Vektorplottar, Fall Nr 9

Figur 40 Inducerade hastigheter på horisontellt plan $z = 2.06$ m, för Fall Nr 9



Figur 41 Zoomad vy på maximal bottenskjuvspänning område för Fall Nr 9