

## LIITE 1 TRADENIN KULKEMA REITTI SEKÄ SÄÄTIEDOT.

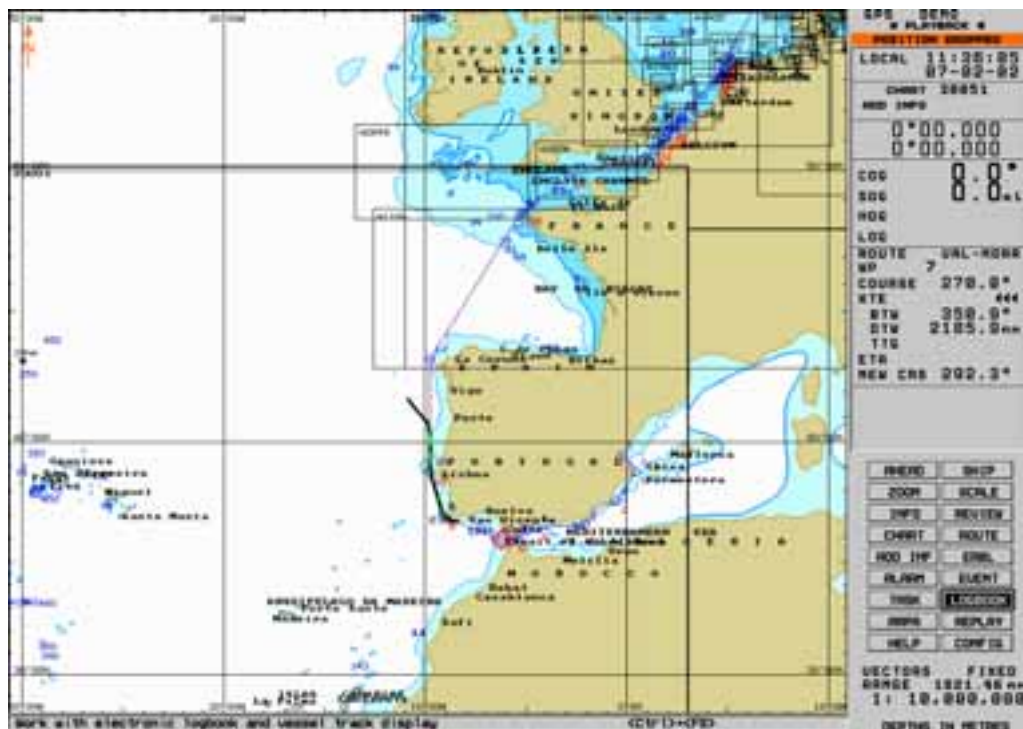
Tämä liite sisältää yksityiskohtaisen selostuksen vaaratilanteesta ja sitä edeltäneiden päivien tapahtumista laivapäiväkirjaan, säätiedotuksiin ja aluksen Navi-Sailor -navigointiohjelman tulosteisiin perustuen. Laivapäiväkirjaan on kirjattu Suomen aika eli UTC+2.

TRADENilla käytössä ollut Navi-Sailor navigointiohjelmaan oli asetettu Suomen aikaan. Alus oli Portugalin rannikolla longitudilla 10° länteen, joten paikallinen aika oli lähinnä UTC-1. Navi-Sailor ohjelman rekisteröimä Logbook kirjoitti ajan (02:00E) eli UTC+2. Sekaannusta aiheuttaa se, että kuljettua matkaa esittävä \*.trk -file kirjoitti ajan UTC:nä. Ajat on korjattu taulukoissa.

TRADEN sivuutti Lissabonin 17.10.2001 puolenpäivän aikaan ja kääntyi pohjoiseen. Cabo Razo niemi sivuutettiin noin 12 mailin etäisyydellä.

*Taulukko1. TRADENin liikkeitä keskiviikkona 17. lokakuuta 2001, laivapäiväkirjan sivut 230–231.*

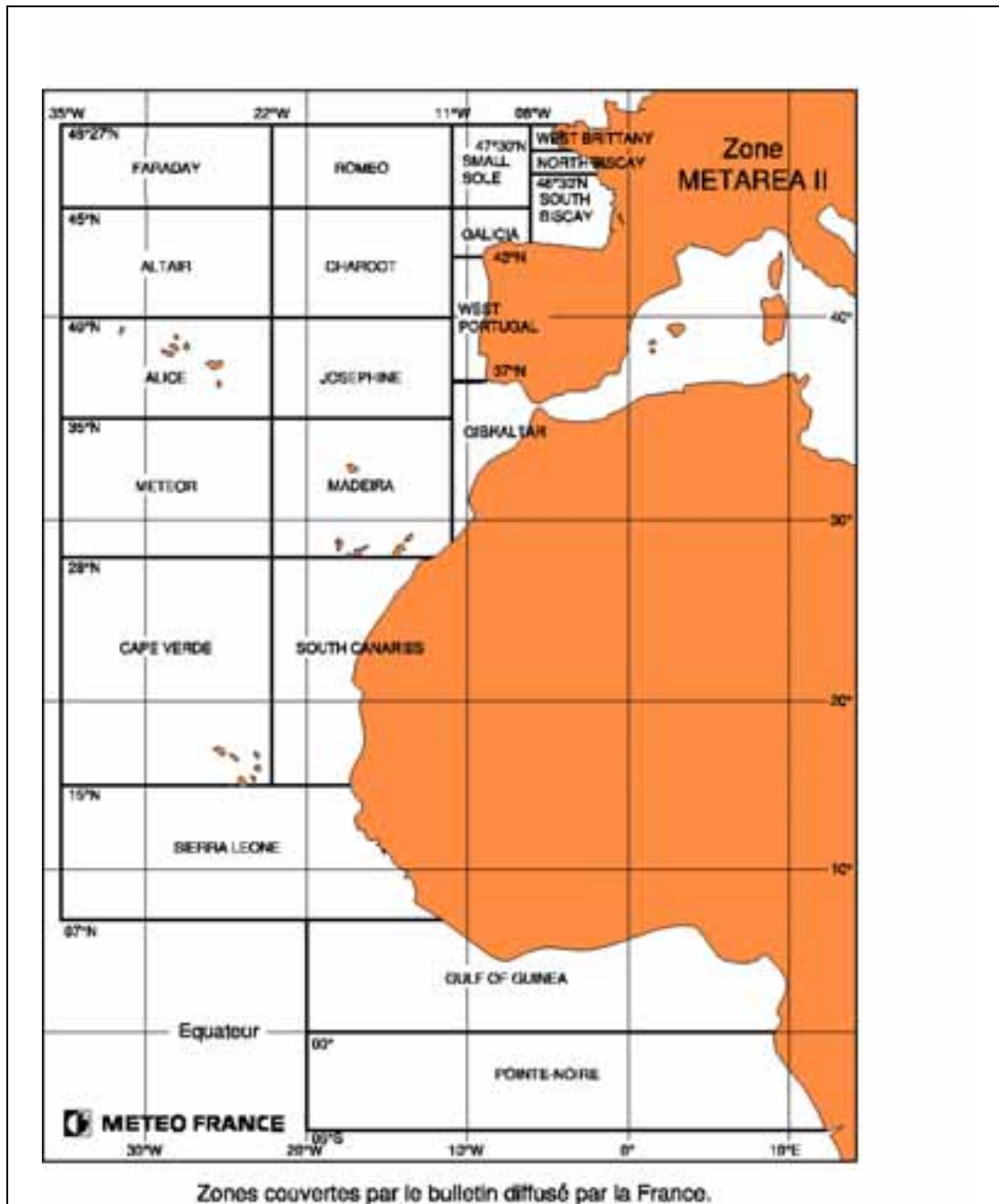
UTC+2	Paikka	Suunta ja nopeus	Sää	
16:00	39° 433' N 009° 450' W	HDG= 355°, 14.6 solmua	SE 4 bf	
20:00	41° 416' N 009° 51.0' W	HDG= 330°, 13.9 solmua	SSW 4 bf	Alus alkoi rullata isossa mainingissa. TRADEN kääntyy luoteeseen.
24:00	41° 22.04' N 010° 32.3' W	HDG= 319°, 12.8 solmua	WSW 5	Laivapäiväkirjan mukaan oli ohjattava aallokon mukaan. Suunta muuttui vasemmalle.



Kuva 1. TRADENin reitti 17. lokakuuta 2001.

(Navi-Sailor)

TRADENin vastaanottamat säätiedotukset annettiin ennustealueille, jotka on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Säätiedotusten ennustealueet.

Alueelle "West Portugal" 17.10.2001 annetun säätiedotuksen tiivistelmän mukaan säätila oli "Complex low 982 hPa 47N18W by 17/00hUTC, deepening and moving north, 962 hPa 53N18W by 17/18UTC. Numerous thundersqualls with severe gusts."

Taulukko 2. Sää tiedotus alueelle "West Portugal" (paitsi aivan pohjoisosaan) 17.10.2001.

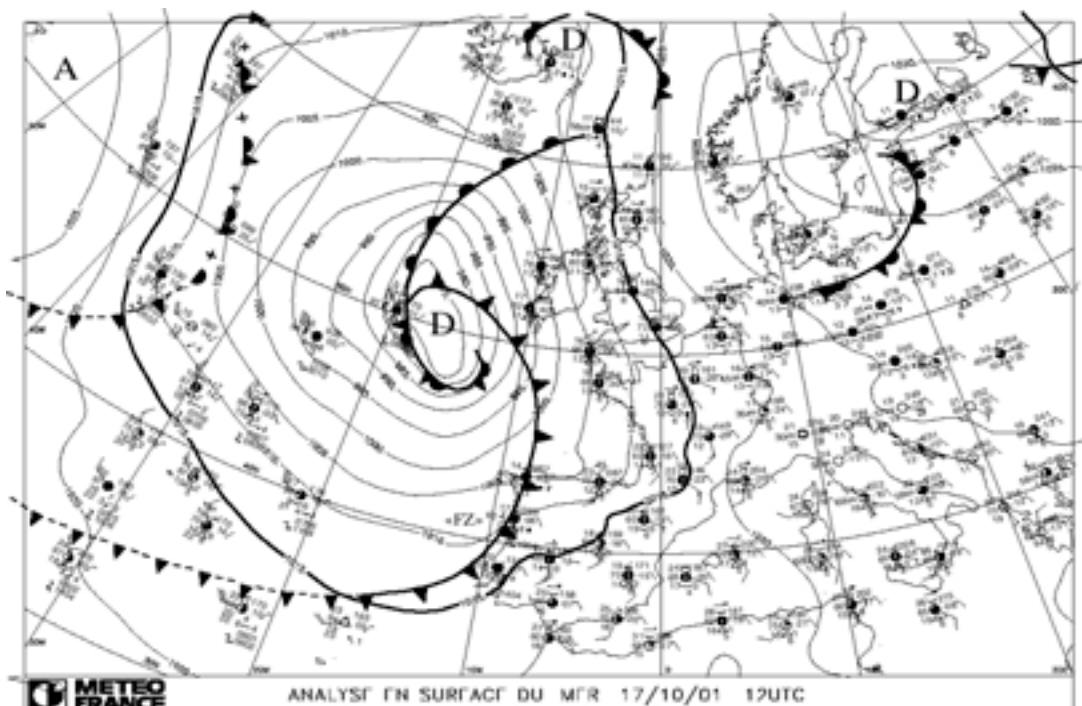
Hour UTC	WIND		TOTAL SEA	Primary SWELL		
	dd	ff (knots)	H1/3 (m)	dd	H1/3 (m)	T(s)
00	SSE to SSW	15 to 30 from south to north of area and gusts	2.5 to 4.5 from south to north	NW	1.5	14
06	SSE to SSW	20 to 30 from south to north and gusts	2 to 5 from south to north	NW	2	12
12	SW	15 to 30 from south to north and gusts	2.4 to 4.6 from south to north	WNW	2	11
18	SW to W	15 to 25 from south to north and gusts	2.4 to 4.8 from south to north	WNW	2.5	12

WIND: ff on keskimääräinen tuulen nopeus solmuissa (10 metrin korkeudella 10 minuutin keskiarvona).

SEA: H1/3 on korkeimman kolmasosan aallonkorkeus (merkitsevää aallonkorkeus)

Primary SWELL: energiasisällöltään eli pituudeltaan suurempi maininki alueella.

T on aallon periodi



Kuva 3. Pinta-analysikartta 17.10.2001 (METEOFRANCE)

Taulukko 3. TRADENin liikkeet torstaina 18. lokakuuta 2001, laivapäiväkirjan sivut 230–233.

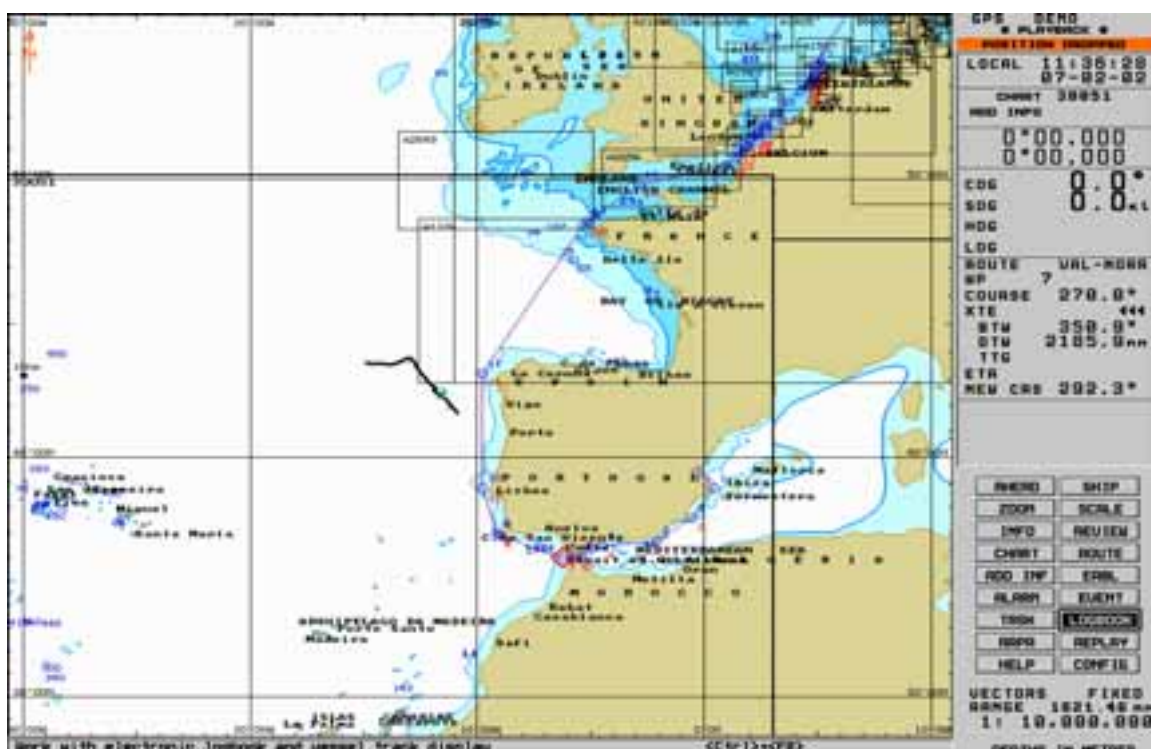
UTC+2	Paikka	Suunta ja nopeus	Sää	
04:00	42° 05.5' N 011° 14.3' W	HDG= 320°, 13.8 solmua	WSW 5	Ohjattiin vaihtelevia suuntia aallokon mukaan. Lännestä korkea maininki joka yltyi yön aikana.
08:55	42°34.925N 11°57.870W	HDG=004.9 11.0 solmua		Alus kääntyy nopeasti oikealle.
08:56	42°34.760N 11°57.976W	HDG= 038°, 11.5 solmua		Ohjattu myötäiseen n. 060°. Voimakasta rullaamista.
09:28	42°38.377N 11°48.505W	HDG= 003.8° LOG 11.2 solmua		Nopea käännös vasemmalle.
09:29	42°38.505N 11°48.579W	HDG= 311.3° LOG 9.6 solmua		Uusi pääsuunta noin 315° pohjan suhteen.
11:09	42°52.302N 12°08.277W	HDG= 315.3° LOG 12.9 solmua		
11:28	42°55.483N 12°11.648W	HDG= 323.8° LOG 13.0 solmua		Pääsuunta noin 336° pohjan suhteen.
12:00	43°00.998N 12°17.146W	HDG= 321.3° LOG 13.7 solmua	SW 5-6	Ohjattu merenkäynnin mukaan.
16:00	43°44.650N 12°53.401W	HDG= 317.2° LOG 12.0 solmua	SW 6-7	Vaihtelevia suuntia merenkäynnin mukaan.
16:20	43°47.456N 12°56.678W	HDG= 281.2° LOG 5.0 solmua		Sorto oli 26° oikealle.
16:20 - 16:30	Hallitseva kurssi 240°-260°. Erittäin korkea meri.		W-SW 8-10	Käännetään alus tuulta ja korkeaa merta päin - alus rullaa voimakkaasti (n. 20°-25°).
16:30 - 16:50	Alusta ohjataan vaihtelevin kurssein 240°-260°.			Alus rullaa puolelta toiselle voimakkaasti edelleen sääkannella (WD) <b>toinen " konttitiiri keulasta on irronnut osittain kiinnityksistään ja liikkuu.</b>
16:34	43°47.719N 12°57.921W	HDG= 224.0° LOG 3.4 solmua		Käännös vasemmalle tuulta kohti. Sorto oli 15°. Kontti oli ilmeisesti juuri irronnut.
16:37	43°47.542N 12°58.149W	HDG= 212.1° LOG 6.2 solmua		Ohjattu vasten tuulta kaksi minuuttia. Kontit on ilmeisesti kiinnitetty, koska nopeutta on lisätty.
16:40	43°47.202N 12°59.289W	HDG= 243.5° LOG 8.6 solmua		Pääsuunta pohjan suhteen on noin 248°. Sorto on noin 5°.
20:00	43°33.423N 13°39.972W	HDG= 255.8° LOG 10.7 solmua	W-SW 9-10	Laivapäiväkirjan mukaan vastamereen koko vahdin ajan.
20:26	43°32.055N 13°46.337W	HDG= 269.5° LOG 10.6 solmua		Käännytty lähes suoraan länteen.
22:00	43°33.316N 14°07.303W	HDG= 283.4° LOG 10.3 solmua		Ristiaallokkoa. Päällikön johdolla vastamereen.
24:00	43°33.753N 14°34.562W	HDG= 271.4° LOG 10.2 solmua	W 8-9	Ristiaallokkoa. Päällikön johdolla vastamereen

Laivapäiväkirjan sivulla 287 tilanne kuvataan seuraavasti:

18.10.01 merellä.

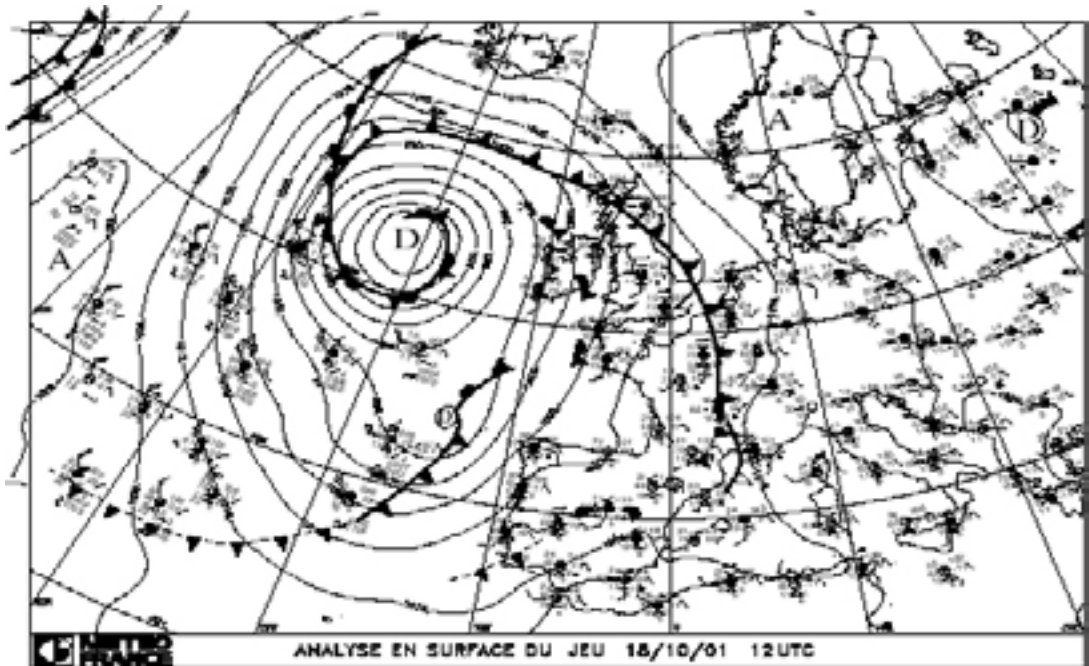
Kello 16:20 alus käännetään vasten merta, kallistuskulmat  $\approx 20^\circ$  puolelta toiselle. Kannelta ilmoitus: sääkannella toisen tiirin (keulasta lukien) neljä konttia (20') BB-puolella liikkuvat sivusuunnassa kannella ja ovat osittain irronneet kettinkikiinnityksistään. Koko miehistö pyrkii pysäyttämään konttien liikkeen lisäämällä kettinkejä kaikkiin kannella oleviin kontteihin. Konttien ja reelingin väliin (noin 1 m) asetettiin mm. traileripukkeja.

Kello 17:00 sääkannen kolmannen tiirin kontit lähtevät sivusuunnassa liikkumaan. Aluksen suuret kallistuskulmat ja pohjalyönnit jatkuvat. Konttien surrausta jatketaan läpi yön.



Kuva 4. TRADENin reitti 18. lokakuuta 2001.

(Navi-Sailor)



Kuva 5. Pinta-analysikartta 18.10.2001 1200 UTC (METEOFRANCE)

Säätiiedotuksen tiivistelmä alueelle "Charcot":

Low 965 hPa by 53N20W at 00h UTC, then 53N21W at 12h UTC. Frontal trough along 14W, north of 35N by 18/12UTC, with new low 989 hPa around 44N14W. Numerous thundersqualls with severe gusts.

Taulukko 4. Säätiiedotus alueelle "Charcot" 18.10.2001.

Hour UTC	WIND		TOTAL SEA	Primary SWELL		
	dd	ff (knots)	H1/3 (m)	dd	H1/3 (m)	T(s)
00	SW to W	20 to 30 and gusts	4.2 to 6 from south to north	WNW	3.5	12
06	SSE to SSW	20 to 30 and gusts	4.2 to 5.1 from south to north, but 3.6 in far south-east of area	WNW	3	12
12	In W: W to NW. In E: S to SSW	In W: 20 to 30 and gusts. In E: 25 to 30 and gusts	4 to 4.7	WNW	3	11
18	SW to NW	20 to 30 and gusts	4 to 5	SSW	3	10

Taulukko 5. TRADENin liikkeet klo 00:00–12:00 perjantaina 19. lokakuuta 2001, laivapäiväkirjan sivut 232–233.

UTC+2	Paikka	Suunta ja nopeus	Sää	
00:43	43°34.076N 14°42.037W	HDG= 282.8° LOG 6.7 sol- mua		Suuntaa käännetty hieman oikealle. Nopeus laskee.
02:00	43°35.959N 14°54.174W	HDG= 281.0 LOG 6.9 sol- mua	W-SW 8-11	Alus kallistuu ajoittain voimakkaasti 20°-20°. Pohjalyöntejä. Miehistö on kiinnittämässä lastia WD ja MD kansilla. Pääasiallinen suunta oli 270°-280° välillä. Tuulen suunta ja voimakkuus vaihtelee.
05:00	43°39.536N 15°20.028W	HDG= 276.3 LOG 6.2 sol- mua	W-SW	Lastinkiinnitystä jatketaan sääkannella (WD). Lasti on kiinnitetty pääkannella (MD).
08:00	43°44.546N 15°44.722W	HDG= 276.5 LOG 6.6 sol- mua		
10:00	43°47.353N 16°02.468W	HDG= 286.0 LOG 6.5 sol- mua		Lastinkiinnitystä jatkettu.
11:00	43°49.373N 16°11.519W	HDG= 287.0 LOG 7.5 sol- mua	N-NW	Aluksen tilanne ilmoitettu FINISTERRE RADIOLLE. <b>Sovittu että ollaan "stand by" 2182 kHz.</b> Meriselityksen mukaan varustamo oli informoitu jo aiemmin Inmarsat- Cllä eli telexillä.
12:00	43°51.120N 16°20.599W	HDG= 289.0 LOG 7.5 sol- mua		
14:15	43°56.795N 16°42.125W	HDG= 281.8 LOG 6.3 sol- mua		<b>Toisen perämiehen ilmoitus, että pääkannella (MD) takimmainen juna oli pudonnut pukiltaan katkaisten konttikiinnitykset. Sääkannen kontteja irtosi uudelleen.</b>

Laivapäiväkirjan sivulla 287 tilanne kuvataan seuraavasti:

19.10.01 merellä.

Kello 08:00 kaikkien konttien liike on saatu eliminoitua "vaijeristropuilla", jotka on kiinnitetty aluksen vahvoihin rakenteisiin. Pääkannen kontteihin lisätään kettinkejä. Pääkannen lasti on pysynyt kiinnityksissään kanteen.

Kello 14:14 pääkannelta ilmoitus: Takimmainen junanvaunu on pudonnut perän puolelta pukiltaan ja on katkaissut keulan puolelta konttien kiinnitykset.

Kello 14:36 osa pääkannen konteista on liikkeessä. Alus pidetään SB-puolelle kallistuneena (n. 10°-15°) niin, että lasti joka on jäänyt irtonaisena SB-puolelle liikkuu mahdollisimman vähän. Ruumasta kuuluu edelleen liikkeessä olevan lastin ääntä. Sääkannen kiinnityksiä parannetaan, pääkannelle ei lasketa enää laivaväkeä kiinnittämään.

Taulukko 6. TRADENin liikkeet klo 14:15–24:00 perjantaina 19. lokakuuta 2001, laivapäiväkirjan sivut 234–235.

Liite 1/8

UTC+2	Paikka	Suunta ja nopeus	Sää	
14:30	43°56.964N 16°44.884W	HDG= 277.6 LOG 9.2 solmua	SW	Alus kallistuu voimakkaasti molemmille puolille. Toinen perämies ilmoittaa pääkannelta, että osa konteista on liikkeessä. Hänen kehoitetaan poistua pääkannelta. Kallistus oikealle lisääntyy.
15:00	43°57.869N 16°50.610W	HDG= 284.8 LOG 8.7 solmua	NW 8-11	Ohjattu merta päin etsien suuntaa jolla aluksen rajuja liikkeitä voitaisiin vähentää. <b>Päällikön alustava ilmoitus miehistölle mahdollisesta laivan jätöstä.</b>
15:10	43°58.283N 16°52.515W	HDG= 285.6 LOG 8.5 solmua		<b>Lähetetty VHF DSC hätäsanoma</b> Ms DOLE AFRICA kuittasi sanoman 13 mailin päässä ja ilmoitti muuttavansa suuntansa kohti TRADENia. ETA oli 2-3 tuntia.
15:20	43°58.733N 16°54.349W	HDG= 285.3 LOG 9.4 solmua		<b>Lähetetty MF ja HF DSC hätäsanomat</b>
15:50	44°00.089N 16°59.511W	HDG= 294.0 LOG 7.6 solmua		<b>Lähetetty Inmarsat hätäsanoma</b>
16:00	44°00.551N 17°01.123W	HDG= 291.3 LOG 7.8 solmua		Kallistuma oikealle 20°. Pienennetty kallistumaa 5°.
17:45	44°06.083N 17°16.718W	HDG= 289.1 LOG 7.2 solmua		<b>Päällikkö antoi "laivan jätö" hälytyksen GENERAL ALARM.</b> Suunta vaihteli 270°–220° välillä.
18:00	44°06.960N 17°19.286W	HDG= 288.3 LOG 7.5 solmua	WNW 11	Korkea vastameri. N.10–15 m korkeita yksittäisiä aaltoja.
21:00	44°18.732N 17°42.596W	HDG= 321.3 LOG 6.7 solmua		Kurssi muutettu enemmän sivutuuleen. Toisen perämiehen ilmoitus pääkannelta, että kaikki junat ovat osittain irti kiinnityksistään. Pukit ovat hajonneet.
24:00	44°36.780N 17°47.821W	HDG= 329.6 LOG 5.5 solmua		

Laivapäiväkirjan sivulla 283 kuvataan, että kaikkia hätäsanoman lähettämismahdollisuuksia käytettiin 19.10.2001.

MF/HF Distress sanoma lähetetty ja kuitattu.

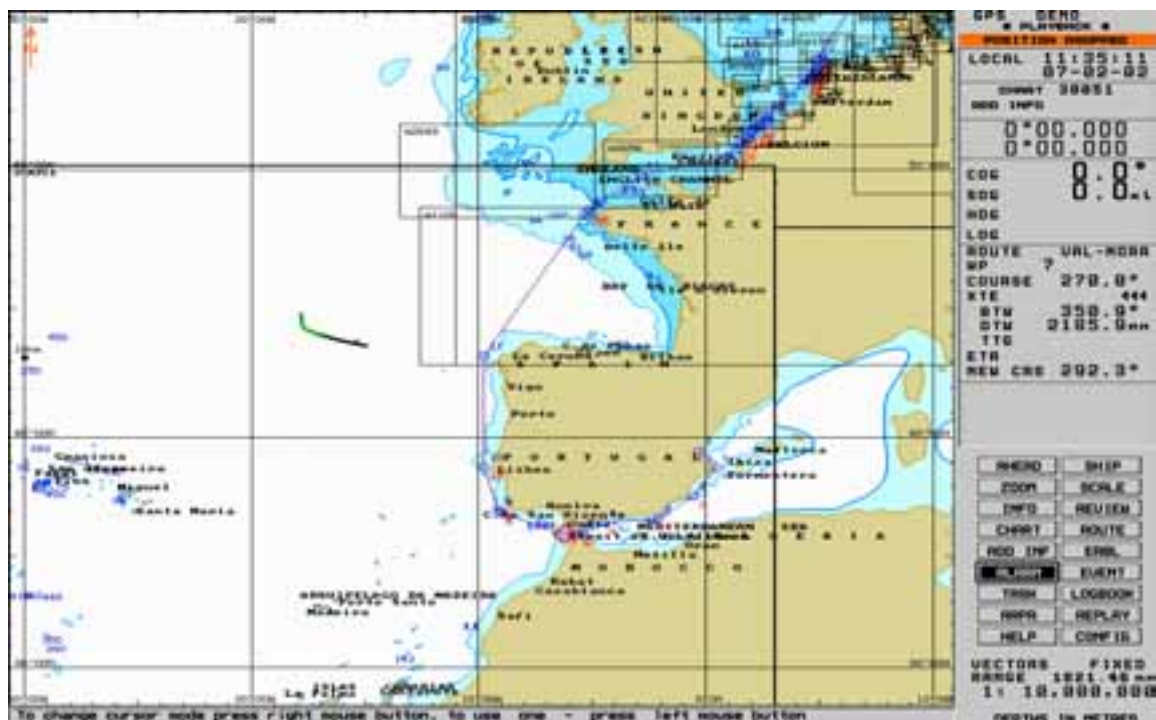
VHF DSC Distress lähetetty ja kuitattu.

Aktivoitu molemmat EPIRB -poijut komentosillan katolta. Useat MRCC -asemat kuittasivat sanomat, mikä todettiin Inmarsat sanomista.

INMARSAT Distress lähetetty ja kuitattu telexillä.

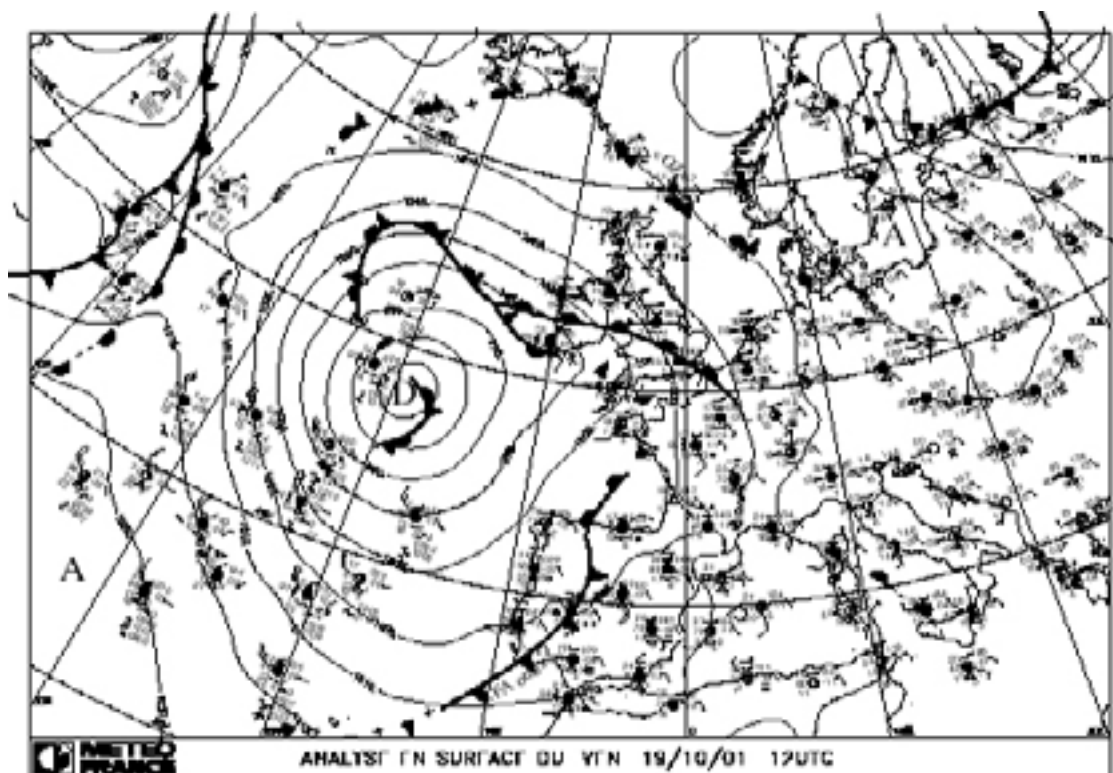
Käyty hätäliikennettä puheella MF/2182 ja HF/14125 taajuuksilla.

Tarkemmat tiedot lähetysajoista on radiopäiväkirjassa.



Kuva 6. TRADENin reitti 19. lokakuuta 2001.

(Navi-Sailor)



Kuva 7. Pinta-analysikartta 19.10.2001 1200 UTC (METEOFRANCE)

Sää tiedotus alueelle "Charcot":

"Low 974 hPa by 51N21W at 00h UTC and 977 hPa by 47N19W, moving south south-east and filling."

Taulukko 7. Sää tiedotus alueelle "Charcot" 19.10.2001.

Hour UTC	WIND		TOTAL SEA	Primary SWELL		
	dd	ff (knots)	H1/3 (m)	dd	H1/3 (m)	T(s)
00	WSW to WNW	20 to 30 and gusts	4 to 4.5, but 4.8 to 6 in far northwest of area		2	11
06	SW to WNW	20 to 30 and gusts	3.2 to 4.4 from south to north, but 4.8 to 6 in far northwest of area		2.5	11
12	<i>In W:</i> WSW to WNW. <i>In E:</i> SSW or SW	<i>In W:</i> 25 to 35 and gusts. <i>In E:</i> 15 to 25 and gusts	3.2 to 6.4 from southwest to northwest of area		3	12
18	<i>In W:</i> W to WNW. <i>In E:</i> SSW to SW.	<i>In W:</i> 25 to 36 and gusts. <i>In E:</i> 15 to 25 and gusts	3.2 to 6 from east to west of area		3	15

Taulukko 8. TRADENin liikkeet lauantaina aamupäivällä 20. lokakuuta 2001, laivapäiväkirjan sivut 234–235.

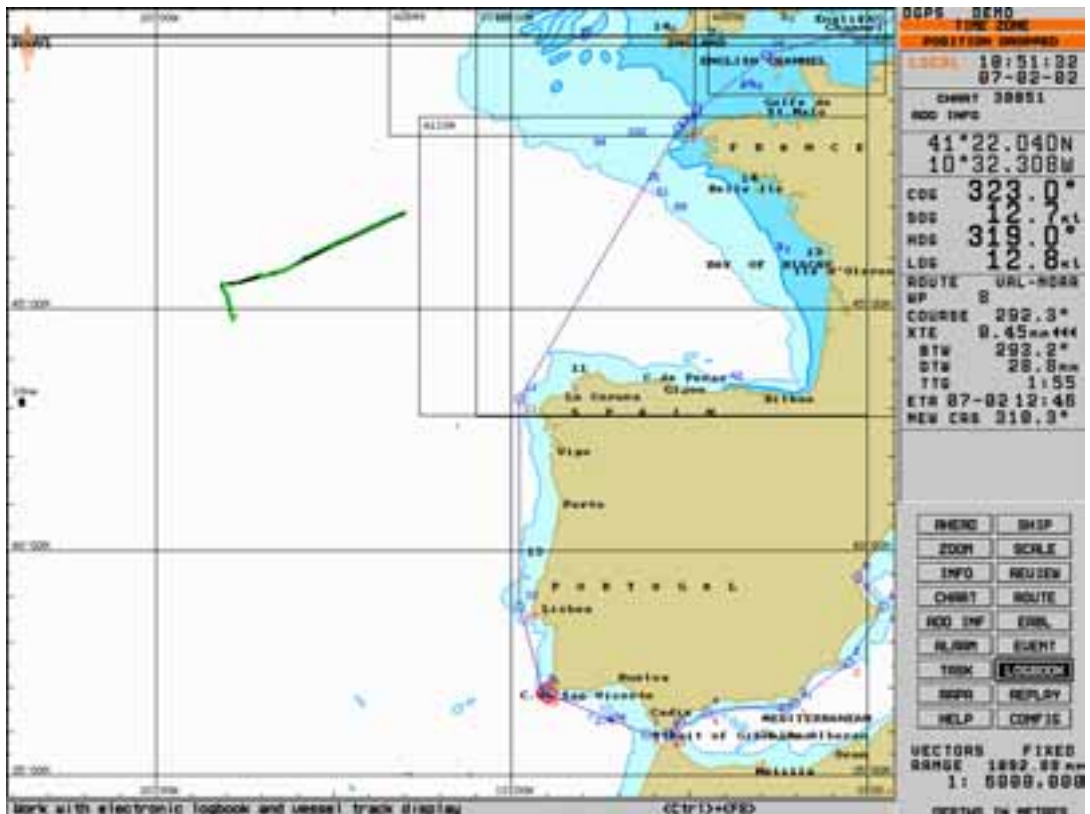
UTC+2	Paikka	Suunta ja nopeus	Sää	
02:00	44°47.501N 17°50.056W	HDG= 335.5 LOG 5.0 solmua		Alus pyritään pitämään 15°–20° kallistumassa. Toinen perämies pienentää kallistumaa pumppaamalla konehuoneessa 2 sivutankeilla. Suunta 330°–340° ja nopeus 4–5 solmua.
04:00	44°57.221N 17°53.896W	HDG= 349.0 LOG 5.0 solmua	NW 8–11	Suunta 340°–350° ja nopeus n. 4 solmua.
06:00	45°05.599N 17°56.560W	HDG= 336.5 LOG 3.7 solmua		Tilanne muuttumaton lastiruumassa. Kallistuma 15°–20. Erittäin korkea aallokko.
08:00	45°14.527N 17°59.506W	HDG= 344.1 LOG 6.3 solmua		Kallistuma 15°–20°.
09:50	45°24.432N 18°07.765W	HDG= 332.1 LOG 4.5 solmua		
09:55	45°24.652N 18°08.006W	HDG= 323.8 LOG 2.5 solmua		
10:00	45°24.732N 18°08.136W	HDG= 325.6 LOG 1.6 solmua		Tilanne muuttumaton lastiruumassa. Kallistuma 5°–10°. Alus rullaa.
10:05	45°24.779N 18°08.146W	HDG= 014.3 LOG 0.1 solmua		Rekisteröidyn tiedon mukaan TRADEN ajoi välillä 09:55–10:10 vain 0 –2.5 solmua, jonka mukaan pelastuslautta laskettiin mereen juuri silloin. Ks. kuva 15. Laivapäiväkirjan mukaan tämä tapahtui myöhemmin.
10:10	45°24.822N 18°08.173W	HDG= 000 LOG 0.2 solmua		

Päällikön haastattelun mukaan 20.10. aamulla väsymys alkoi vaikuttaa koko miehistöön.

Laivapäiväkirjan sivulla 283-284 todetaan lyhyesti, että 20.10.2001 pelastuslautta laskettiin, mutta se täyttyi vedellä, ohjausliina katkesi ja lautta menetettiin. Se rikkoontui myöhemmin erään aluksen yrittäessä pelastaa lauttaa.

*Taulukko 9. TRADENin liikkeet lauantaina iltapäivällä ja yöllä 20. lokakuuta 2001, laivapäiväkirjan sivut 234–237.*

UTC+2	Paikka	Suunta ja nopeus	Sää	
11:00	45°28.614N 18°04.494W	HDG= 078.9 LOG 14.1 sol- mua		Laivapäiväkirja 11:00 –11:30 : "Lasketaan oikean puolen pelastuslautta mereen. Keulapotkurin avulla pyritään alus pitämään suunnassa, joka tarjoaa suojaa oikealle puolelle. Kytkimet valmiina irrotettaviksi. Aluksen lähietäisyydellä ovat m/s DOLE AFRICA, m/s DONCAN ISLAND ja RESCUE AIRCRAFT MOS 91. Lautan miehittäminen ei onnistu korkean merenkäynnin vuoksi. Lautta menetetttiin."
11:40	45°30.069N 17°51.104W	HDG= 080.0 LOG 14.4 sol- mua	NW 6	Perän takaa sivuaallockko. Kallistuma 5°–10°. Vauhti 14 solmua. Pelastautumistilanne on keskeytetty. Alus jatkaa m/s DOLE AFRICAN saattamana.
16:03	45°45.400N 16°22.159W	HDG= 060.5 LOG 15.4 sol- mua		Suunta muuttui 20° vasemmalle.
17:36	45°56.665N 15°52.169W	HDG= 064.0 LOG 15.6 sol- mua	WSW 3	M/s DOLE AFRICA siirtänyt saattovastuun m/s TURM ALICElle.
24:00	46°39.866N 13°40.630W	HDG= 064.9 LOG 15.7 sol- mua	WSW 2-3	



Kuva 8. TRADENin reitti 20. lokakuuta 2001.

(Navi-Sailor)

Sää tiedotuksen tiivistelmä alueelle "Romeo" 20.10.2001.

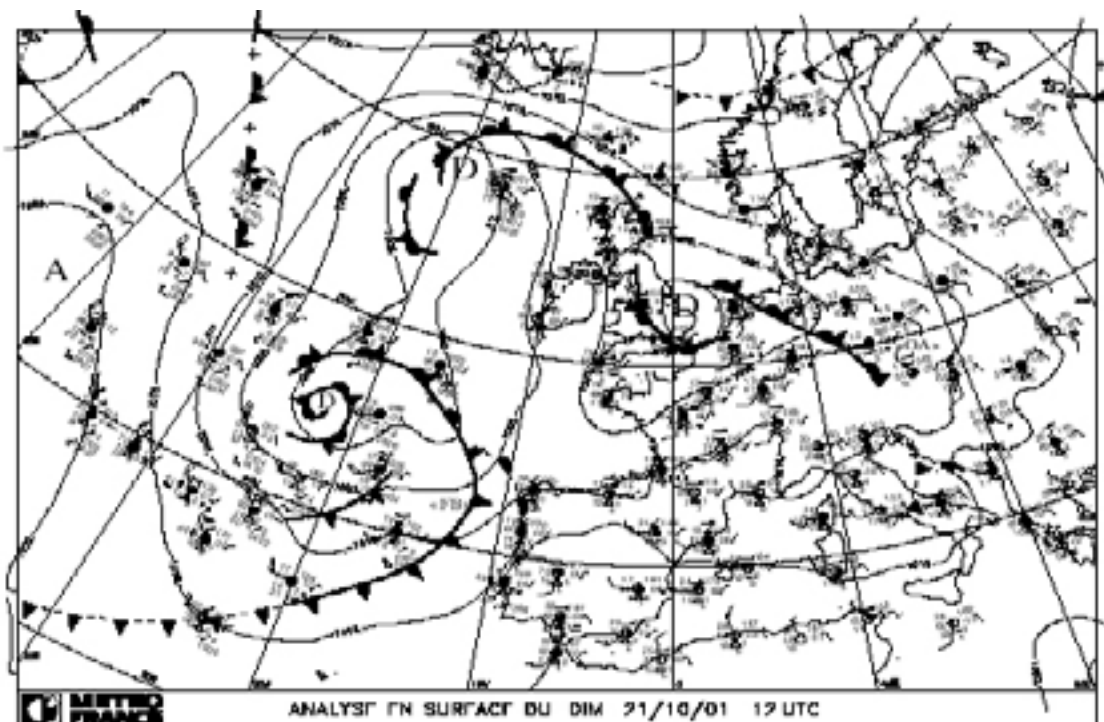
"Low 984 hPa 300 miles northwest of Cap Finisterre at 00h UTC, slowly moving east and filling 990 hPa at 12h UTC."

Taulukko 10. Sää tiedotus alueelle "Romeo" 20.10.2001.

Hour UTC	WIND		TOTAL SEA	Primary SWELL		
	dd	ff (knots)		dd	H1/3 (m)	T(s)
00	Cyclonic, mainly north-westerly in west part and mainly southeasterly in east	In W : 20 to 30 and gusts In E : 15 to 25 and gusts	4 to 4.5	WNW	3	15
06	Cyclonic, mainly north-westerly in west part and mainly southeasterly in east.	20 to 30 and gusts, but 15 to 25 and gusts in far East	4 to 4.5	WNW	3.5	12
12	Variable but cyclonic in far southeast	05 to 15, but locally 20 in far southeast	3.3 to 4, but 4.5 around 46° north and 13°30 west	WNW	3	11
18	Variable but cyclonic in far southeast	05 to 15, but locally 20 in far southeast	2.25 to 3.25 from northwest to south-east of area	WNW	2.5	10

Taulukko 11. TRADENin liikheet sunnuntaina 21. lokakuuta 2001 jolloin tilanne vakiintui, laivapäiväkirjan sivut 236–237.

UTC+2	Paikka	Suunta ja nopeus	Sää	
04:00	47°03.977N 12°20.348W	HDG= 065.0 LOG 14.8 sol- mua	WSW 2-3	<b>Lasti ruumassa paikallaan</b>
16:00	48°25.474N 08°23.978W	HDG= 066.4 LOG 15.2 sol- mua		<b>Lasti ruumassa ja kannella paikallaan</b>



Kuva 9. Pinta-analyysikartta 21.10.2001 1200 UTC (METEOFRANCE)

Säätiedotuksen tiivistelmä alueelle "Romeo" 21.10.2001:

"Low 998 hPa by 46N10W at 00h UTC, slowly moving eastwards. Low 994 hPa 47N25W at 00h UTC, moving east, 995 hPa by 46N21W at 12UTC, then moving northeast."

Taulukko 12. Sää tiedotus alueelle "Romeo" 21.10.2001.

Hour UTC	WIND		TOTAL SEA	Primary SWELL		
	dd	ff (knots)		H1/3 (m)	dd	H1/3 (m)
00	Variable	05 to 15	2 to 3 from northwest to southeast.	W	2	10
06	Variable	05 to 15	1.8 to 2.8 from northwest to south-east.	W	2	10
12	Variable, but SSE in far east of area	05 to 15, but 15 or 20 in far east.	1.8 to 2.6 from northwest to south-east.	W	1.6	09
18	Variable, but SSE or S in far east of area	05 to 15, but 20 or 25 in far east.	2 to 3 from northwest to southeast.	W	1.5	09



**LIITE 2: TRADENIN LIIKKEIDEN JA KIIHTYVYYKSIEN LASKENTA**

**Deltamarin Oy**  
**11.3.2003**

## Sisällysluettelo

0	JOHDANTO.....	3
1	YHTEENVETO.....	4
2	LASKENNAN PERUSTEET.....	5
2.1	Laivan perustiedot.....	5
2.2	Ympäristöolosuhteiden perustiedot.....	6
3	MERIKELPOISUUSLASKELMIEN TULOKSET.....	7
3.1	Liikkeet ja kiihtyvyydet.....	7
3.2	IMO:n mitoituskiihtyvyydet.....	9
3.3	Luokituslaitosten mitoituskiihtyvyydet.....	12
4	VAKAVUUS AALLOKOSSA.....	14
5	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	18
6	LÄHDELUETTELO.....	19

## 0 JOHDANTO

Tämä liite on kooste TRADENille Atlantilla 19.10.2001 tapahtuneen vaaratilanteen virkamiestutinnan aikana valmistuneesta Deltamarinin raportista.

Työssä on laskettu laivan lastina olleisiin junanvaunuihin ja konttiin kohdistuneita kiihtyvyyksiä lastinsiirtymän aikana vallinneissa olosuhteissa.

Kiihtyvyyksiä on verrattu IMO:n ja luokituslaitosten julkaisemiin mitoituskiihtyvyyksiin.

Laivan vakavuuden osalta on tehty erillinen tarkastelu, jossa on otettu huomioon lastinsiirtymä, tuuli ja keinuntaliike.

## 1 YHTEENVETO

Ro-ro alus TRADENin lastinsiirtymä aiheutui aluksen jouduttua myrskyyn Atlantilla ja alus joutui ohjailemaan merenkäynnin mukaan noin kahden ja puolen vuorokauden ajan.

Aluksella tehtyjen havaintojen mukaan suurimmat aallot olivat noin 15 m korkeita ja keinunta-amplitudin maksimiarvoksi arvioitiin 25°. Tämän lisäksi alus kohtasi runkovärähtelyjä aiheuttaneita pohjaiskuja, mitkä lisäsivät lastinkiinnityksiin kohdistuneita voimia.

Lastiin ja kiinnityksiin kohdistuneiden kiihtyvyyksien ja voimien arvioimiseksi on merikelpoisuuslaskemat suoritettu epäsäännöllisessä aallokossa merkitsevän aallonkorkeuden ollessa 7.5 m. Aallokon periodit on valittu Atlantilla lähinnä tapahtumapaikkaa sijaitsevalla havaintoalueella tehtyjen aaltohavaintojen mukaisesti ja laskelmat on tehty vasta-aallokossa sekä sivuvastaisessa aallokossa suuntakulman ollessa 30° keulasta.

Merikelpoisuuslaskelmien mukaan 60 tunnin aikana 20 %:n ylitystodennäköisyydellä suurin keinunta-amplitudi oli 27.5°. Tarkastelun kohteena olleeseen taaimmaiseen junanvaunuun kohdistunut suurin poikittainen kiihtyvyys oli 5.3 m/s<sup>2</sup>, suurin pystysuora kiihtyvyys 3.7 m/s<sup>2</sup> ja suurin pitkittäinen kiihtyvyys 1.6 m/s<sup>2</sup>.

IMO:n mitoituskiihtyvyydet ylittyivät laivan poikittais- ja pystysuunnissa selvästi ja pitkittäissuunnassa lievästi. Tarkasteltujen luokituslaitosten julkaisemat kiihtyvyydet ovat kaikissa suunnissa IMO:n kiihtyvyyksiä suuremmat ja keskimäärin melko lähellä taaimmaiselle junanvaunulle lasketuja kiihtyvyyksiä.

Laivan vakavuuden osalta suoritettuna erillisen tarkastelun mukaan laiva ei ollut tapahtuneen lastinsiirtymän, tuulen ja keinuntaliikkeen yhteisvaikutuksesta vielä lähellä kaatumista. Jos lastia ei olisi saatu kiinnitettyä, olisi kaatuminen kuitenkin ollut melko todennäköistä.

## 2 LASKENNAN PERUSTEET

### 2.1 Laivan perustiedot

Tämän tutkimuksen kannalta oleelliset perustiedot TRADENille on esitetty taulukossa 1. Vakavuustiedot perustuvat tutkinnan NAPA-laskelmiin.

Taulukko 1. TRADENin perustiedot.

Suurin pituus, $Loa$ (m)	129.20
Perpendikkelpituus, $Lpp$ (m)	120.40
Leveys, mallattu, $B$ (m)	19.20
Suunnittelusyväys, $T$ (m)	6.30
Peräsyväys laskentatilanteessa, $TA$ (m)	5.287
Keulasyväys laskentatilanteessa, $TF$ (m)	4.276
Syväys keskilaivalla laskentatilanteessa (m)	4.78
Uppouman tilavuus ( $m^3$ )	7220
Uppouman täyteläisyys, $c_B$	0.65
Suunnittelunopeus (kn)	15.5
Nopeus laskentatilanteessa (kn)	7.0
Uppouman pitkittäinen painopiste, $LCB$ (%)	-1.40
Painopisteen korkeus perustasosta, $KG$ (m)	7.32
Poikittainen vaihtokeskuskorkeus, $GM_0$ (m)	1.48
Jyskinnän massahitaussäde, $k_{yy}$ (m)	30.1
Keinunnan massahitaussäde, $k_{xx}$ (m)	6.72

Laivan pääkannelle oli lastattu kuusi Pendolino-junanvaunua, joista taaimmainen irtosi pukeiltaan ja katkaisi sitä tukeneet kiinnitykset. Myös kaikki muut junanvaunut irtosivat osittain kiinnityksistään. Toinen lastinkiinnityksen kannalta tärkeä kohde on sääkannella sijainneet kontit ja keulasta lukien toisen konttitiirin kontteja irtosi kiinnityksistään.

Kiihtyvyyksien laskentapisteiksi on valittu taaimmaisesta junanvaunun painopiste, keulimmaisesta junanvaunun painopiste sekä sääkannella sijainneen toisen konttitiirin ylemmän kontin painopiste laivan vakavuusasiakirjojen tietojen perusteella, taulukko 2. Pitkittäinen x-koordinaatti on mitattu peräperpendikkelistä keulaan päin, poikittainen y-koordinaatti keskilaivalta perästä katsoen oikealle ja pystysuora z-koordinaatti perustasosta ylöspäin.

Taulukko 2. Kiihtyvyyksien laskentapisteet.

Laskentapiste	x (m)	y (m)	z (m)
Taaimmainen junanvaunu	55	-7.5	8.79
Keulimmainen junanvaunu	110	-3.0	8.20
Kontti sääkannella	70.7	-7.5	17.64

## 2.2 Ympäristöolosuhteiden perustiedot

Merenkäynti Atlantilla lastinsiirtymän ajankohtana 19. lokakuuta 2001 oli erittäin voimakasta ja edellisen vuorokauden aamuyöstä alkaen.

Tämän työn kannalta aallonkorkeudet ja aallon periodit ovat oleellisia ja näistä on visuaalisia havaintoja itse alukselta sekä Meteo France:n raportissa (Anon. 2002).

TRADENilla suoritettujen visuaalisten aaltohavaintojen mukaan suurimmat aallonkorkeudet olivat välillä 10 m ja 15 m lastinsiirtymän aikaan. Tuulen voimaksi arvioitiin laivalla 11 boforia, mikä on suurin arvo joka kyseisen myrskyn aikana laivapäiväkirjaan kirjattiin. Aluksen päällikön antaman meriselityksen mukaan suurimpien aaltojen korkeus oli yli 12 m ja tuulen voima yli 11 boforia. Merkittävää on myös ristiaallokon esiintyminen eikä aluksen päällikkö ollut vastaavaa ennen kyseisellä merialueella kokenut.

Meteo France:n raportin mukaan suurin merkitsevä aallonkorkeus alueella "Charcot" vaaratilanteen tapahtumapäivänä oli 6.4 m, suurin mainingin korkeus 3 m ja suurin aallon periodi 15 s. Suurimmaksi tuulen nopeudeksi raportissa on esitetty 35 solmua sekä puuskia. Useita säävaroituksia annettiin kyseisenä päivänä sekä sitä edeltävänä ja seuraavana päivänä ja niiden mukaan tuulen voima oli 8–9 boforia, tuulen suunta lännestä tai luoteesta, voimakkaita tuulenpuuskia ja korkeaa merenkäyntiä. Nämä tuulen voimakkuudet vastaavat Maailman ilmatieteen järjestön (WMO) mukaisesti keskimäärin 7.5 m:n merkitsevää aallonkorkeutta.

Muilla laivoilla suoritettujen visuaalisten aaltohavaintojen mukaan suurin merkitsevä aallonkorkeus alueella oli 6 m tuuliaalloille ja 7 m mainingeille. Merenkäyntitilan voidaan arvioida olleen täysin kehittynyttä suuren pyyhkäisyamatkan ja tuulen riittävän pitkän keston takia.

Johtopäätöksenä aaltotiedoista voidaan todeta että jopa 15 m korkeita yksittäisiä aaltoja on saatanut esiintyä 19.10.2001 eli laivapäiväkirjan arvio vaikuttaa realistiselta.

Global Wave Statistics (Hogben et al., 1986) sisältää aaltotietoja Biskajanlahdelle, joiden mukaan suurimmat merkitsevät aallonkorkeudet länsituulilla syys-lokakuussa ovat yli 14 m ja merkitsevä aallonkorkeus 7.5 m ylitetään todennäköisyydellä 2.3 % eli noin kahdeksana päivänä vuodessa. Biskajanlahden aaltotietoja on käytetty tässä työssä koska lastinsiirtymä tapahtui lähimpänä Biskajanlahden aaltohavaintoaluetta.

### 3 MERIKELPOISUUSLASKELMIEN TULOKSET

#### 3.1 *Liikkeet ja kiihtyvyydet*

Merikelpoisuuslaskelmat laivan lastiin vaikuttavien kiihtyvyyksien arvioimiseksi suoritettiin lineaariseen strip-teoriaan perustuvalla SHIPMO-ohjelmalla (Anon. 1998) säännöllisen aallokon osalta. Epäsäännöllisen aallokon tilastolliset tarkastelut suoritettiin WASCO-ohjelmalla (Anon. 1997).

Laivan etenemisnopeutena laskelmissa oli 7 solmua, mikä vastaa lastinsiirtymän ajankohtana vallinnutta todellista laivan nopeutta.

Laivan syväydet keulassa ja perässä on saatu todellisen lastitilanteen vakavuuslaskelman tuloksesta ja ne on esitetty taulukossa 1.

Merikelpoisuuslaskelmissa on kappaleessa 2.2 esitettyjen tietojen perusteella käytetty merkittävänä aallonkorkeutena 7.5 m. Myös aaltospektrin periodilla on merkittävä vaikutus liikkeisiin ja kiihtyvyyksiin ja laskelmat on tehty kaikille niille aallon periodeille, joita Atlantilla lähellä tapahtumapaikkaa on havaittu kun merkittävä aallonkorkeus on 7.5 m (Hogben et al., 1985). Nollakohtien perusteella lasketut aallon periodit sijoittuvat välille 6.5 s–11.5 s ja laskelmien tuloksista on valittu suurimmat arvot kullekin liikekomponentille ja kiihtyvyydelle.

TRADENia kohdanneen ristiaallokon takia epäsäännöllisen aallokon laskelmat on tehty lyhytharjaisessa aallokossa. Vallitsevan aallonsuunnan lisäksi muiden aallonsuuntien vaikutus on otettu huomioon  $\pm 60^\circ$ :n suunta-aikeisiin saakka.

Tulokset lyhytharjaisessa aallokossa on esitetty kiihtyvyyksien maksimiarvoina taulukossa 3. Maksimiarvot ovat riippuvaisia aaltokohtaamisten lukumäärästä ja kun alus joutui ohjailemaan merenkäynnin mukaan noin 60 tunnin ajan, on maksimiarvot laskettu käyttäen tänä aikana kohdattujen aaltojen lukumäärää. Ylitystodennäköisyytenä on käytetty 20 % eli maksimiarvojen sallitaan ylittävän keskimäärin kerran viiden matkan aikana jos olosuhteet pysyvät muuttumattomina.

*Taulukko 3. Lyhytharjaisessa epäsäännöllisessä aallokossa lasketut maksimikiihtyvyydet kun merkittävä aallonkorkeus  $H_s = 7.5$  m.*

Laskentapiste	Kiihtyvyydsamplitudi ( $m/s^2$ )					
	Poikittainen		Pystysuora		Pitkittäinen	
	180°	150°	180°	150°	180°	150°
Kohtauskulma	180°	150°	180°	150°	180°	150°
Taaimmainen junanvaunu	4.58	5.28	3.09	3.68	1.58	1.32
Keulimmainen junanvaunu	5.00	5.53	10.26	9.43	1.45	1.27
Kontti sääkannella	5.69	6.49	4.35	4.51	3.02	2.63

Keinunnan osalta vastaavasti lasketut maksimiarvot on esitetty taulukossa 4.

## Liite 2/8

Taulukko 4. Lyhytharjaisessa epäsäännöllisessä aallokossa lasketut maksimi keinunta-amplitudit kun merkitsevä aallonkorkeus  $H_s = 7.5$  m.

Kohtauskulma	Maksimiamplitudi (°)
180° (vasta-aallokko)	23.7
150° (sivuvastainen aallokko)	27.5

Taulukon 4 teoreettisesti lasketut keinunta-arvot ovat melko lähellä laivapäiväkirjan mukaan arvioituja maksimiarvoja (25°). Näin suuri keinunta aiheuttaa miehistön toimintakyvyn heikkenemistä ja laskelmista saatu keinunnan hajonta, 5.7°, on hyvin lähellä kauppalaivoille suositeltua toimintakyvyn ylärajaa 6°. Keinuntaliikkeen lisäksi etenkin pystykiehtyvyys vaikuttaa miehistön toimintakyvyn ja komentosillan sijainti lähellä keulaa kasvattaa jyskintäliikkeen vaikutusta pystykiehtyvyyteen.

Suurien kiihtyvyyksien lisäksi alus kohtasi pohjaiskuja laivan ja vedenpinnan välisen suuren suhteellisen liikkeen takia, mikä aiheutti ainakin keulan nousun vedenpinnan yläpuolelle ja iskeytyksen melko suurella nopeudella takaisin veteen.

Pohjaiskujen määrää voidaan laskea kun keulan vedestänousun lisäksi laivan ja vedenpinnan välinen suhteellinen pystynopeus tarkastelukohdassa ylittää tietyn rajanopeuden. Yleisesti käytetään Ochin julkaisemaa kriittistä nopeutta (Ochi, 1964):

$$V_{crit} = 0.093\sqrt{gL_{pp}}$$

missä  $g$  on maan vetovoimakihtyvyys ja  $L_{pp}$  on laivan perpendikkelpituus.

Epäsäännöllisessä lyhytharjaisessa aallokossa lasketut pohjaiskujen esiintymistaajuudet kohdassa  $0.1L_{pp}$  keulasta perään päin on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Lyhytharjaisessa epäsäännöllisessä aallokossa lasketut pohjaiskujen esiintymistaajuudet kun merkitsevä aallonkorkeus  $H_s = 7.5$  m.

Kohtauskulma	Esiintymistaajuus (kpl/tunti)
180° (vasta-aallokko)	155
150° (sivuvastainen aallokko)	127

Taulukon 5 arvoista seuraa, että pitkän altistumisajan takia pohjaiskuja kohdattiin huomattava määrä. 60 tunnin aikana saadaan pohjaiskujen määräksi 9300 kpl vasta-aallokossa ja 7620 kpl sivuvastaisessa aallokossa. Näiden pohjaiskujen aiheuttamia värähtelykiehtyvyyksiä ei tässä työssä käytetyllä laskentamenetelmällä voida ottaa huomioon, mutta niillä on ilmeisesti ollut huomattava merkitys lastin kiinnityksiin kohdistuneiden voimien kannalta.

### 3.2 IMO:n mitoituskiehtyvyydet

IMO on julkaissut ohjeen, jota käyttäen voidaan laskea kiihtyvyyksiä eri kokoisille ro-ro-aluksille, kuva 1. Poikittaiset kiihtyvyydet sisältävät painovoimakihtyvyyden sekä jyskinnän ja kohoilun vaikutukset kannen suunnassa. Pystysuorat kiihtyvyydet eivät sisällä staattisen painovoimakihtyvyyden vaikutusta.

Transverse acceleration $a_y$ in m/sec <sup>2</sup>										Longitudinal acceleration $a_x$ in m/sec <sup>2</sup>	
on deck high	7.1	6.9	6.8	6.7	6.7	6.8	6.9	7.1	7.4	3.8	
on deck low	6.5	6.3	6.1	6.1	6.1	6.1	6.3	6.5	6.7	2.9	
tween deck	5.9	5.6	5.5	5.4	5.4	5.5	5.6	5.9	6.2	2.0	
lower hold	5.5	5.3	5.1	5.0	5.0	5.1	5.3	5.5	5.9	1.5	
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	L
Vertical acceleration $a_z$ in m/sec <sup>2</sup>											
	7.6	6.2	5.0	4.3	4.3	5.0	6.2	7.6	9.2		

Kuva 1. IMO:n mitoituskiihtyvyydet.

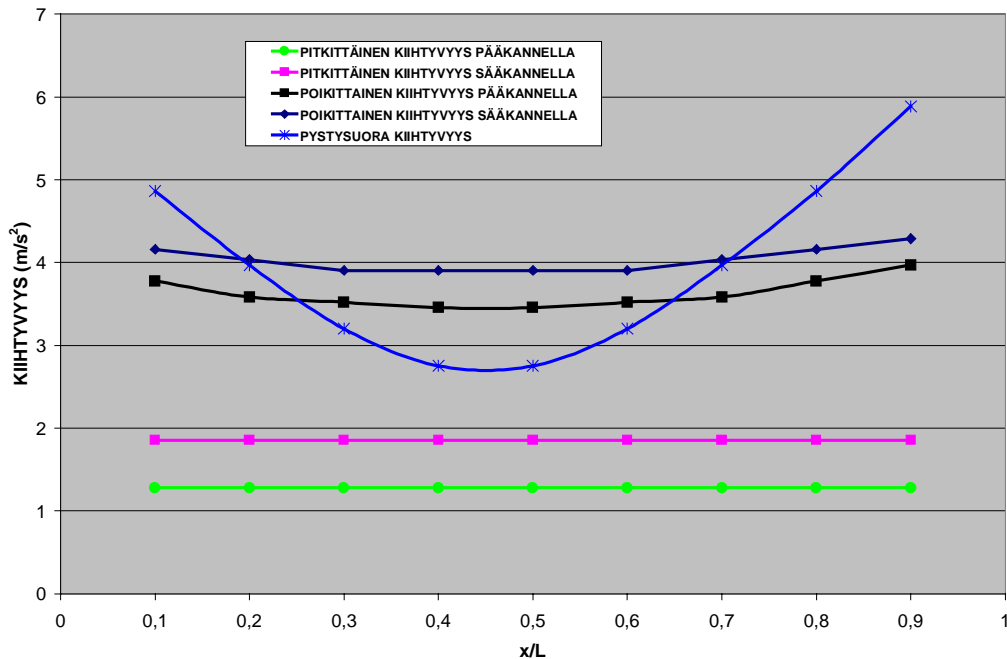
Kuvan 1 kiihtyvyydet pätevät seuraavin oletuksin:

- 1 Toiminta-alue on rajoittamaton
- 2 Ympäri vuotinen toiminta-aika
- 3 Matkan pituus 25 vuorokautta
- 4 Aluksen pituus 100 m
- 5 Aluksen nopeus 15 solmua
- 6  $B/GM_0 \geq 13$

Jos pituus, nopeus tai  $B/GM_0$ -suhde poikkeaa oletusarvoista, on kiihtyvyyksiä korjattava. Matkan keston suhteen voidaan myös tehdä korjaus pienentämällä kiihtyvyyksiä lyhyempää altistumisaikaa vastaavasti mutta tätä korjausta ei tässä tarkastelussa ole tehty.

Suorittamalla korjaus laivan pituuden suhteen ja ekstrapoloimalla 7 solmun nopeudelle, saadaan lopulliseksi korjauskertoimeksi 0.64. TRADENille saadaan siten kuvan 2 mukaiset kiihtyvyydet: junanvaunuille pääkannella (tween deck) ja kontille sääkannella (vastaten deck low kuvassa 1).

## Liite 2/10



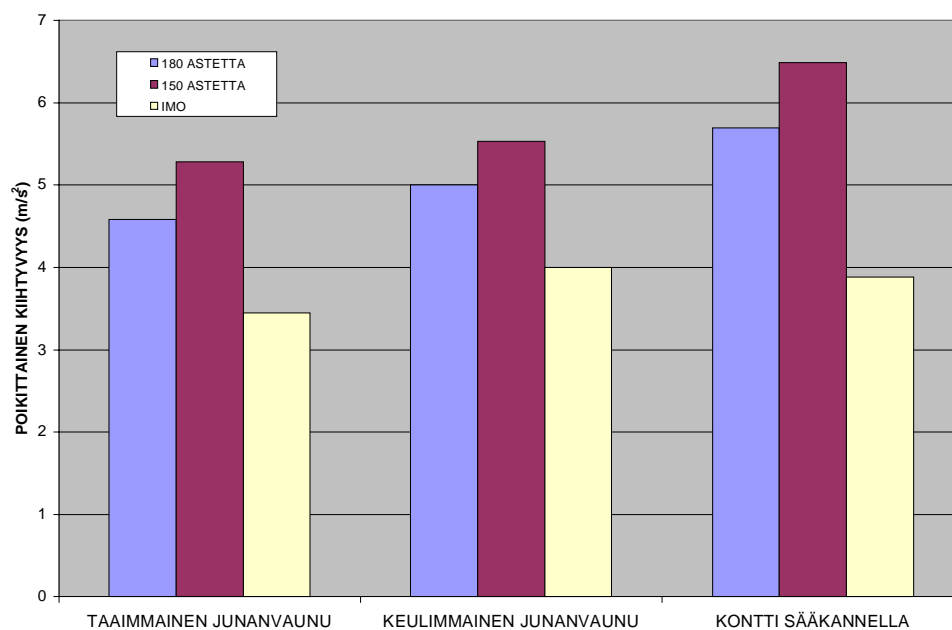
Kuva 2. Laivan pituuden ja etenemisnopeuden mukaan korjatut kiihtyvyydet.

$B/GM_{\sigma}$ -suhde on likimain 13 joten sen suhteen mitään korjausta ei tarvitse suorittaa. Soveltamalla kuvan 2 arvoja tarkastelupisteille, saadaan taulukossa 6 esitetyt kiihtyvyyssarvot, missä myös merikelpoisuusohjelmalla epäsäännöllisessä aallokossa lasketut tulokset on esitetty.

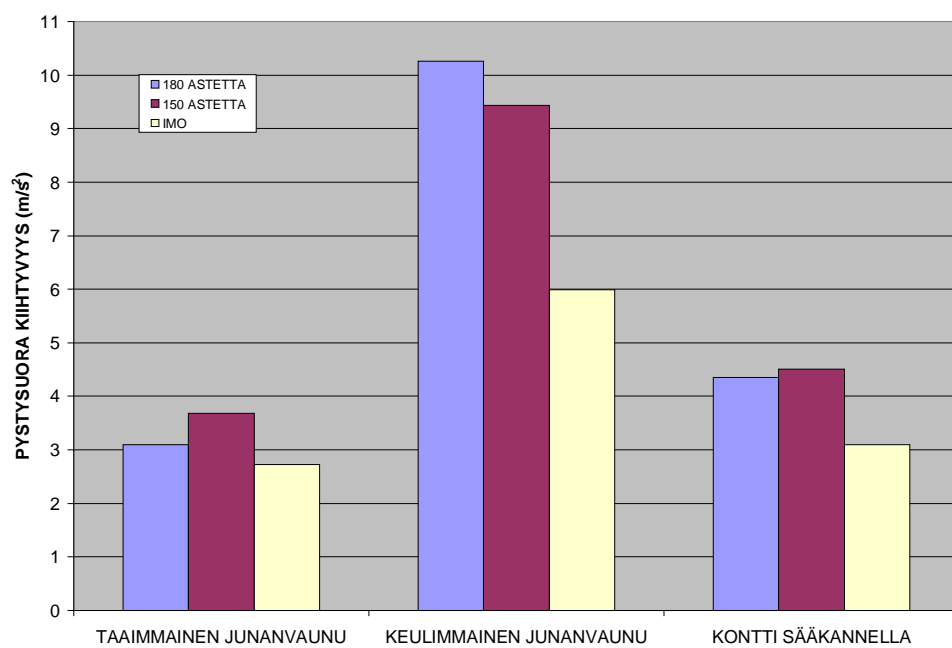
Taulukko 6. IMO:n mitoituskiihtyvyydet ja lasketut kiihtyvyyssamplitudien maksimiarvot epäsäännöllisessä lyhytharjaisessa aallokossa kun merkittävä aallonkorkeus  $H_s = 7.5$  m.

Laskentapiste	Kiihtyvyyssamplitudi ( $m/s^2$ )								
	Poikittainen			Pystysuora			Pitkittäinen		
Kohtauskulma	180°	150°	IMO	180°	150°	IMO	180°	150°	IMO
Taaimmainen junanvaunu	4.58	5.28	3.45	3.09	3.68	2.72	1.58	1.32	1.28
Keulimmainen junanvaunu	5.00	5.53	4.00	10.3	9.43	5.99	1.45	1.27	1.28
Kontti sääkannella	5.69	6.49	3.88	4.35	4.51	3.10	3.02	2.63	1.86

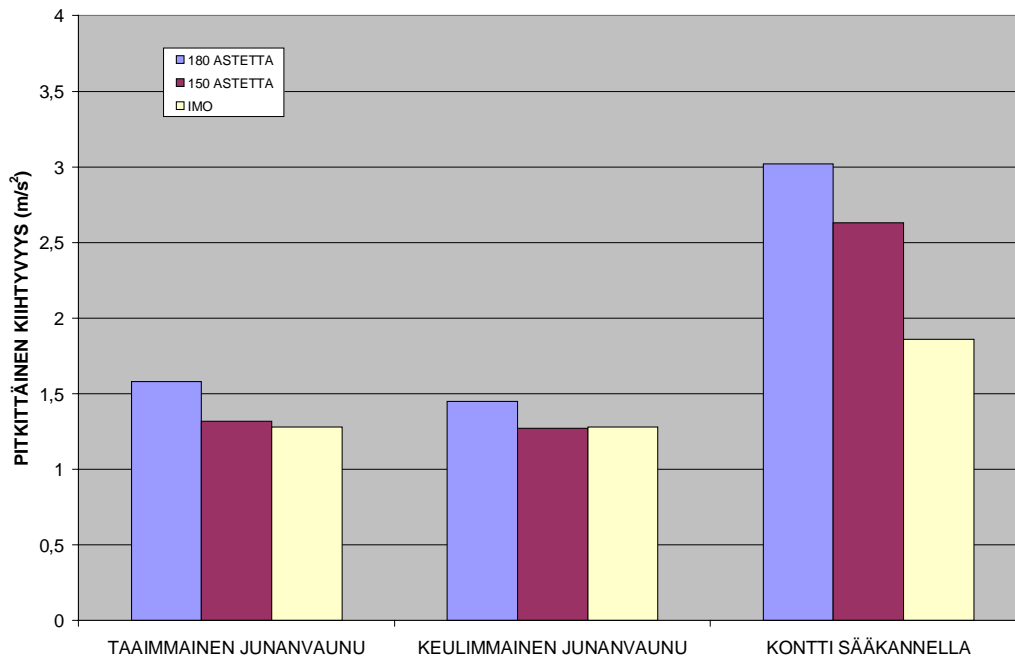
Taulukon 6 tulokset on esitetty myös kuvissa 3–5.



Kuva 3. Poikittaiset maksimikihtyvyydet ja IMO:n mitoituskihtyvyydet.



Kuva 4. Pystysuorat maksimikihtyvyydet ja IMO:n mitoituskihtyvyydet.



Kuva 5. Pitkittäiset maksimikihtyvyydet ja IMO:n mitoituskihtyvyydet.

Tuloksista havaitaan että IMO:n mitoituskihtyvyydet ylitetään sekä poikittaisten että pystysuorien kihtyvyyksien osalta selvästi. Pitkittäiset kihtyvyydet ylittävät myös IMO:n mitoituskihtyvyydet mutta ylitys on useimmissa tapauksissa pienempi kuin muiden kihtyvyysskomponenttien osalta.

### 3.3 Luokituslaitosten mitoituskihtyvyydet

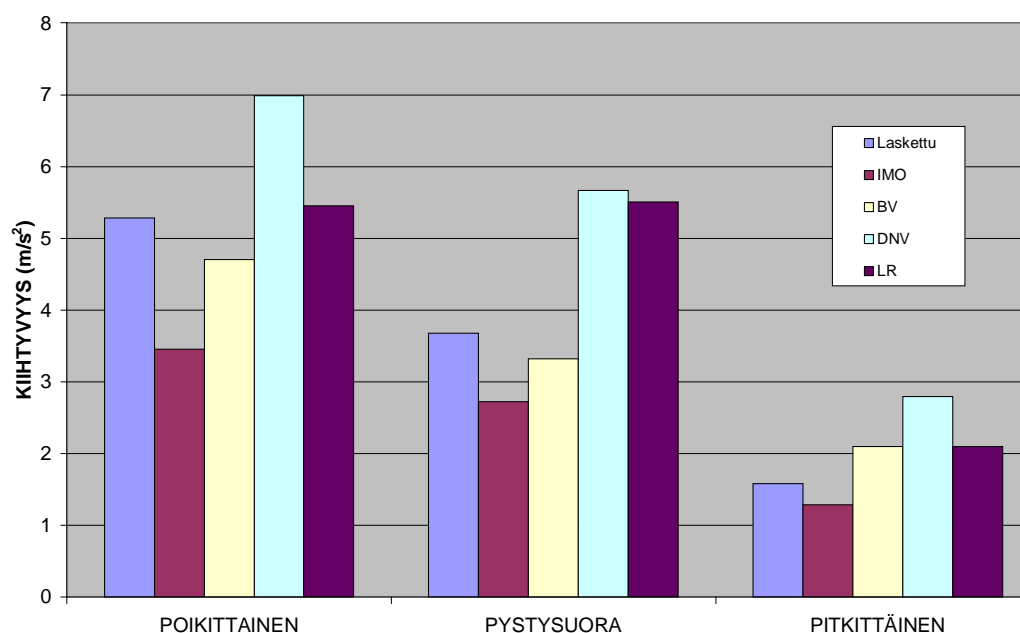
Eri luokituslaitokset ovat julkaisseet omissa säännöissään kihtyvyyssarvoja, joita on esitetty ja vertailtu seuraavassa. Eri säännöt poikkeavat toisistaan mutta tässä työssä ei esitetä sääntöjen yksityiskohtia. Sääntöjä on kuitenkin sovellettu niin että tulokset ovat vertailukelpoisia sekä laskeittuihin tuloksiin että IMO:n kihtyvyyksiin nähden. Tarvittaessa pystysuorasta kihtyvyysskomponentista on poistettu staattisen painovoimakiihtyvyyden osuus.

Taulukossa 7 on esitetty liikkeiden periodit ja maksimiampplitudit sekä maksimikihtyvyydet taaimaisen junanvaunun osalta.

Taulukko 7. Luokituslaitosten sääntöjen perusteella laskettuja liiketilasuureita ja kihtyvyyksiä.

Luokituslaitos	Bureau Veritas	Det Norske Veritas	Lloyd's Register of Shipping
Keinuntakulma (°)	22.5	34.4	28.7
Keinuntaperiodi (s)	11.5	12.3	11.0
Jyskintäkulma (°)	9.57	11.8	8.07
Jyskintäperiodi (s)	8.99	6.31	5.48
Poikittainen kihtyvyyys (m/s <sup>2</sup> )	4.70	6.99	5.45
Pystysuora kihtyvyyys (m/s <sup>2</sup> )	3.32	5.66	5.51
Pitkittäinen kihtyvyyys (m/s <sup>2</sup> )	2.10	2.79	2.10

Taulukon 7 tulokset osoittavat että luokituslaitosten säännöt antavat oleellisesti suurempia kiihtyvyyksiä kuin IMO:n ohje. Vertailu on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Kiihtyvyyksien vertailu taaimmaisen junanvaunun osalta.

Johtopäätöksenä kiihtyvyyksien vertailusta voidaan todeta, että TRADENille lasketut kiihtyvyydet ovat melko lähellä luokituslaitosten kiihtyvyyksistä laskettuja keskiarvoja. Lisäksi voidaan todeta, että jos IMO:n kiihtyvyyksiin ei olisi tehty laivan pituuteen ja nopeuteen perustuvaa korjausta, niin ero luokituslaitosten kiihtyvyyksiin olisi huomattavasti pienempi. Knott (2002) suositteleeekin tämän korjauksen tekemättä jättämistä jos korjauskerroin on pienempi kuin yksi.

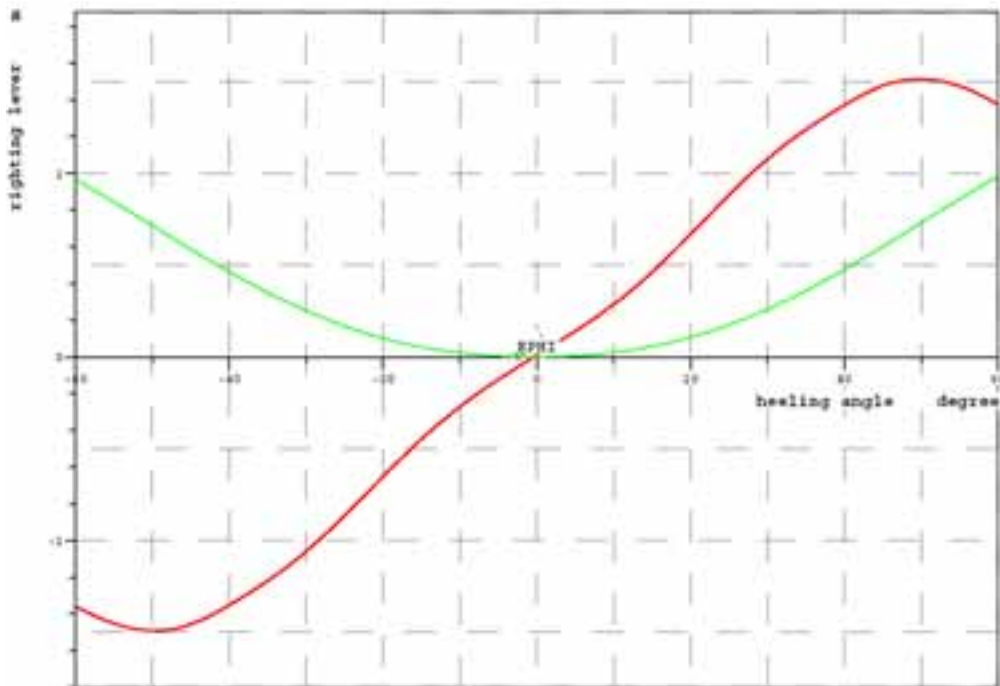
## 4 VAKAVUUS AALLOKOSSA

Lastinsiirtymän, keinunnan ja tuulen vaikutuksia sekä yhteisvaikutusta on tarkasteltu suorittamalla vakavuuslaskelmia NAPA-ohjelmalla. Laskelmat on tehty Ship Consulting Ltd Oy:n toimesta. Tarkoituksena on arvioida miten lähellä kaatumista laiva oli todellisissa olosuhteissa ja millä tavalla suuri lastinsiirtymä olisi vaikuttanut tilanteeseen. Keinunta-amplitudina on käytetty laivalla arvioitua arvoa 25°.

Seuraavat tapaukset on otettu huomioon:

- lasti siirtynyt sivulle aiheuttaen 20°:n kallistuman
- lasti siirtynyt sivulle laivan puolileveyden verran
- tuuli ja keinunta
- tuuli ja keinunta sekä lastinsiirtymä puolileveyden verran sivulle

Laivan staattinen ja dynaaminen vakavuuskäyrä ilman lastinsiirtymää on esitetty kuvassa 7. Vakavuuslaskelma osoittaa, että laiva täyttää kyseisessä lastitilanteessa IMO:n päätöslauselman A.749 mukaiset vakavuuskriteerit.

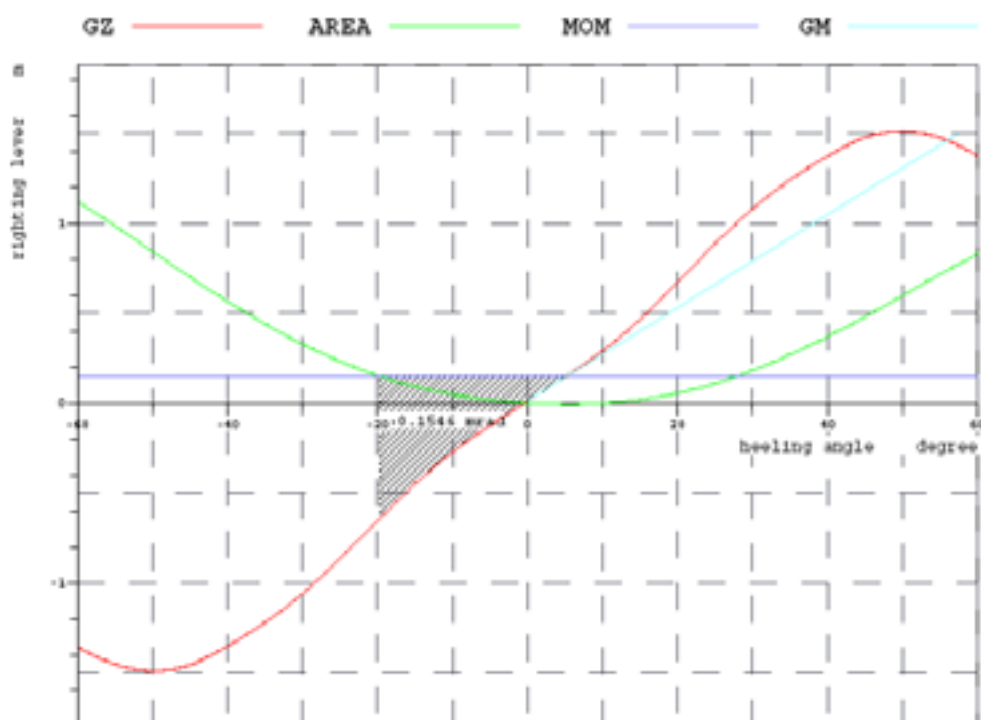


Kuva 7. Staattinen ja dynaaminen vakavuuskäyrä ilman lastinsiirtymää. Staattinen vakavuuskäyrä on esitetty punaisena kuvissa 7–10.

Vakavuuslaskelmilla osoitettiin myös, että aluksella pahimmassa tilanteessa todetun 20°:n staattisen kallistuskulman aikaansaamiseen tarvittiin noin 4 m:n lastinsiirtymä sivusuunnassa. Alus täyttää tässä tilanteessa yhtä kriteeriä lukuunottamatta kaikki IMO:n päätöslauselman A.749 vakavuuskriteerit.

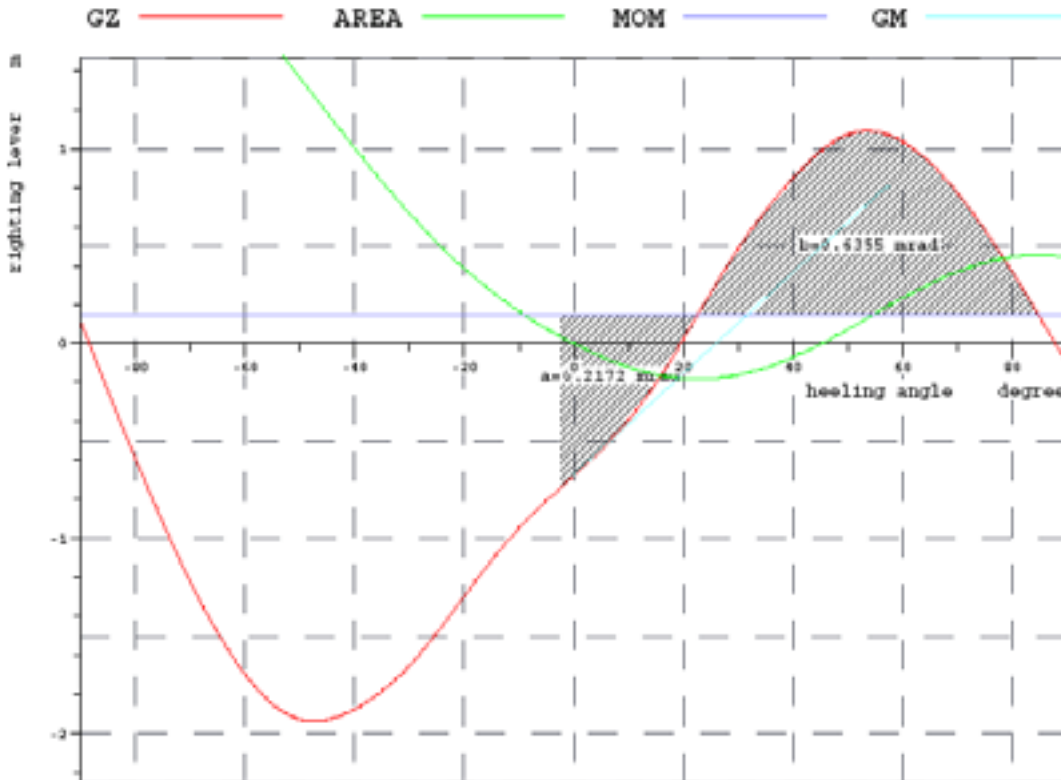
Laivan puolileveyden suuruinen eli käytännössä erittäin suuri lastinsiirtymä aiheuttaa jo itsessään 35.5°:n staattisen kallistuskulman ja vakavuuskriteereistä staattisen vakavuuskäyrän ja vaak akselin väliin jäävään pinta-alaan perustuvat kriteerit eivät täyty.

Pelkän lastinsiirtymän lisäksi laivaan vaikuttivat tuuli ja aallokon aiheuttama keinunta. Molempien suunnat vaihtelivat käytännössä ja TRADENia kohdanneessa myrskyssä erityisesti ristiaallokkoa esiintyi merkittävässä määrin. Kuva 8 esittää tuulen vaikutusta ilman lastinsiirtymää. Tuulen nopeutena on käytetty 40 m/s, tuulivoimakertoimena 1.0, vaikutuspisteenä 8.0 m syvyyden puolivälistä ja laivan sivupinta-alana 1320 m<sup>2</sup>. Kuvasta 8 nähdään, että laiva kallistuu tuulen vaikutuksesta noin 5°.



Kuva 8. Tuulen ja keinunnan vaikutus laivan vakavuuteen ilman lastinsiirtymää.

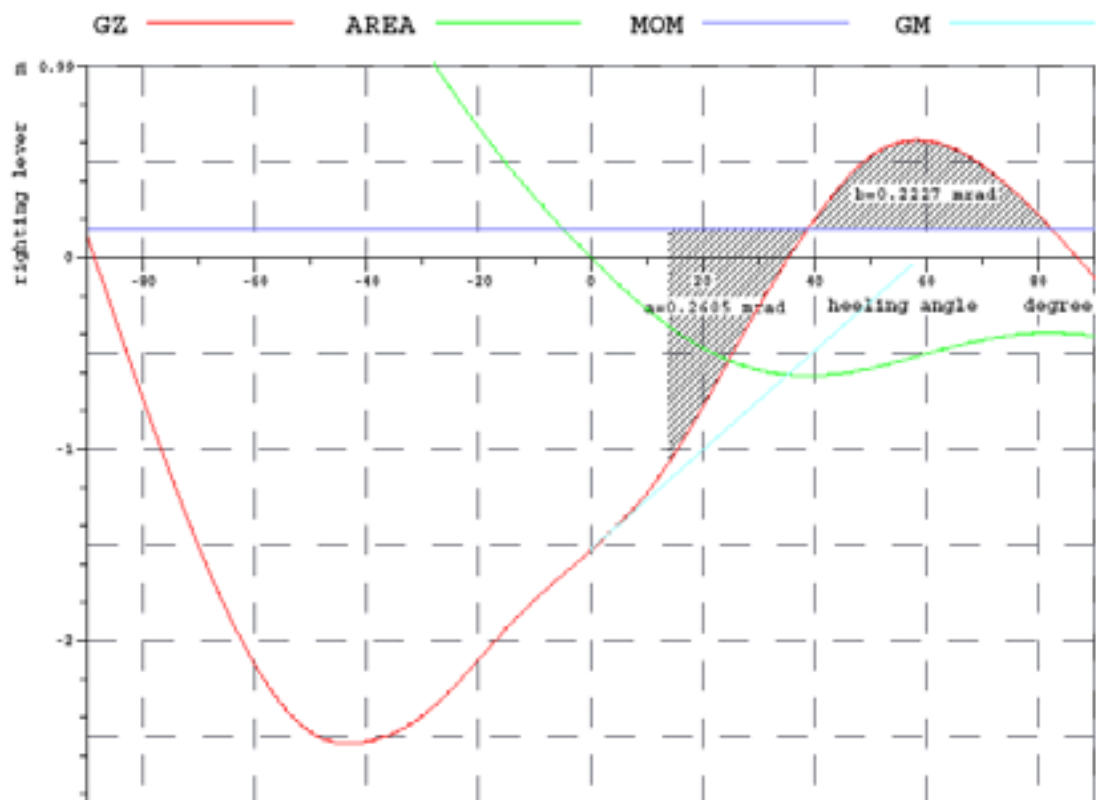
Kun otetaan lisäksi huomioon 20°:n kallistuman aiheuttava lastinsiirtymä, muuttuu tilanne kuvan 9 mukaiseksi.



Kuva 9. Tuulen, keinunnan ja 4 m:n sivuttaisen lastinsiirtymän vaikutus laivan vakavuuteen.

Kuvissa 8–10 on esitetty pinta-alat, jotka kuvaavat tuulimomentin (a) ja vakavuusmomentin (b) tekemää työtä kun laiva keinuu amplitudilla 25°. Tuulimomentin tekemä työ kuvassa 9 on selvästi vakavuusmomentin tekemää työtä pienempi jolloin laiva ei kaadu eikä ole kovin lähellä kaatumista.

Tämän lisäksi on tarkasteltu miten tilanne olisi muuttunut jos lasti olisi siirtynyt laivan puolileveyden verran, kuva 10. Kuvan perusteella voidaan päätellä, että tilanne muuttui oleellisesti. Tuulimomentin tekemä työ on jo suurempi kuin vakavuusmomentin tekemä työ eli laiva olisi kaatunut. Erittäin suurilla kallistuskulmilla olisi myös todennäköistä että vuotoaukkoja joutuisi veden alle ja tästä aiheutuva progressiivinen vuoto olisi myötävaikuttanut aluksen kaatumiseen.



Kuva 10. Tuulen, keinunnan ja laivan puolileveyden suuruisen sivuttaisen lastinsiirtymän vaikutus laivan vakavuuteen.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä liitteessä on tarkasteltu TRADENin merikelpoisuutta ja vakavuutta Atlantilla 19.10.2001 tapahtunutta lastinsiirtymää vastaavissa olosuhteissa.

Aluksen liikkeet merenkäynnissä, lastiin vaikuttaneet kiihtyvyydet ja pohjaiskujen todennäköisyys on laskettu strip-teoriaan perustuvalla tietokoneohjelmalla. Kiihtyvyyksiä on verrattu sekä IMO:n julkaisemiin mitoituskiihtyvyyksiin että luokituslaitosten sääntöjen mukaisiin kiihtyvyyksiin.

Alus joutui matkallaan myrskyyn runsaan kahden vuorokauden ajaksi. Tuulen voimaksi arvioitiin laivalla suurimmillaan yli 11 boforia ja aallon korkeudeksi 10–15 m. Merikelpoisuuslaskelmat on tehty lyhytharjaisessa epäsäännöllisessä aallokossa käyttäen merkitsevänä aallonkorkeutena 7.5 m. Aallokon periodeina on käytetty kyseisellä aallonkorkeudella Atlantilla lähinnä vaaratilanteen tapahtumapaikkaa havaittuja periodeja.

Lasketut kiihtyvyydet ylittävät IMO:n mitoituskiihtyvyydet erityisesti poikittais- ja pystysuunnissa. IMO:n pitkittäiset kiihtyvyydet ylittyvät lievästi.

Luokituslaitoksien kiihtyvyydet poikkeavat toisistaan jonkin verran mutta ovat kaikissa tapauksissa suurempia kuin IMO:n kiihtyvyydet. Merikelpoisuuslaskelmista saatavat kiihtyvyydet ovat melko lähellä luokituslaitosten kiihtyvyyksiä.

Laiva toteutti vaaditut vakavuuskriteerit kyseisellä lastitilanteella. 20°:n kallistuman aiheuttanut lastinsiirtymä heikensi vakavuutta mutta laiva ei ollut lähellä kaatumista kovan tuulen ja 25°:n amplitudilla tapahtuneen keinunnan yhteisvaikutuksesta. Suuri lastinsiirtymä yhdessä kovan tuulen ja aallokon kanssa olisi todennäköisesti kaatanut aluksen.

## 6 LÄHDELUETTELO

Anon. 1997. WASCO User's Guide. Maritime Research Institute Netherlands, Wageningen.

Anon. 1998. SHIPMO User's Guide. Maritime Research Institute Netherlands, Wageningen.

Anon. 2002. Weather Report "Traden". Meteo France, Marine and Oceanography Division, Toulouse, 28.3.2002, 49 p.

Faltinsen, O.M. 1990. Sea Loads on Ships and Offshore Structures. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 328 pp.

Hogben, N., Dacunha, N.M.C. & Olliver, G.F. 1985. Global Wave Statistics. British Maritime Technology Limited, Feltham, 661 p.

Knott, J.R. 2002. Lashing and Securing of Deck Cargo. The Nautical Institute, Southall, UK, 207 pp.

Ochi, M.K. 1964. Prediction of Occurrence and Severity of Ship Slamming at Sea. Fifth Symposium on Naval Hydrodynamics, Bergen, September 1964, Office on Naval Research, pp. 545–596.

Sarpkaya, T. & Isaacson, M. 1981. Mechanics of Wave Forces of Offshore Structures. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 651 p.