

M/L ESTONIA

**28. septembril 1994 toimunud kataastroofi
tehnilisi aspekte käsitlev**

OSAARUANNE

Reisiparvlaeva ESTONIA Huku Põhjuste Uurimise Rahvusvaheline Komisjon

EESSÕNA

28. septembri ööl 1994. aastal veidi enne kella kahte* kaadus reisiparvlaev ESTONIA ümber ja hukkus Läänemerel, plaanipärasel reisir Tallinna ja Stokholmi vahel. Palju inimesi hukkus.

Õnnetust uurib Eesti-Soome-Rootsi ühiskomisjon.

Komisjon on eelnevalt jõudnud järeldusele, et õnnetuse põhjustas vööri visiiri lukustus, mis ei pidanud vastu laeva liikumisest, kursist ja ilmastikutingimustest põhjustatud koormusele. Komisjon on selle järelduse juurde jäänud.

Komisjoni osaaruanne hõlmab põhilisi tehnilisi uurimistulemusi ja järeldusi. ** Hiljem järgnev lõpparuanne hõlmab ka teisi tegureid ja tingimusi, mis võisid õnnetuse asjaoludele kaasa aidata. Siia kuuluvad töökorraldus, laeva dokumentide väljaandmine ja laeva inspekteerimine, püstuvust puudutav informatsioon, ilmastikutingimused ja meremeeste väljaõpe, võimalik, et ka päästeoperatsioonid ja -vahendid.

Käesolev osaaruanne võib lõpparuande osana kuuluda parandamisele ja toimetamisele, kuid eeldatavasti peaksid kõik siin ära toodud faktid ja järeldused põhiosas muutmata jääma.

Komisjon koosneb järgneval leheküljel loetletud liikmetest ja ekspertidest.

MÄRKUS

Käesoleva osaaruanne lugemisel tuleks silmas pidada selle piiratud ulatust ning vältida järelduste tegemist õnnetuse põhjuste kohta enne lõpliku aruande ilmumist.

* Kui pole märgitud teisiti, siis on kõik aruandes esinevad kellaajad antud Eesti aja järgi (UTC + 2h).

** Kaalu (massi) ja jõu ühikute asemel kasutatud tonne.

KOMISJONI LIIKMETE JA EKSPERTIDE NIMEKIRI

ROOTSI

KOMISJONI LIKMED

Olof Forssberg , BAI peadirektor
Hans Rosengren, Kaugsoõidukapten
Börje Stenström, Laevaehituse insener

EKSPERDID

Mikael Huss, Dr. Tech.
Olle Noord, Kaugsoõidukapten
Bengt Schager, M. Sc.

SOOME

KOMISJONI LIKMED

Kari Lehtola, PCIMA esimees
Heimo Iivonen, kontr-admiral
Tuomo Karppinen, Dr. Tech.

EKSPERDID

Simo Aarnio, kapten
Klaus Rahka, Dr. Tech
Pirjo Valkama-Joutsen, tegevsekretär

EESTI

KOMISJONI LIKMED

Andi Meister, Komisjoni esimees, Teede- ja Sõdeminister
Uno Laur, Kaugsoõidukapten
Enn Neidre, Kaugsoõidukapten

EKSPERDID

Kalle Pedak, EVA Peadirektor
Heino Jaakula, Laevaehituse insener
Jaan Metsaveer, Professor
Heino Levald, Professor

SISUKORD

1	Sissejuhatus ja lühikokkuvõte	1
1.1	Sissejuhatus	1
1.2	Laev	2
1.3	Reis	3
2	Faktide ja uurimistulemuste kokkuvõte	6
2.1	Õnnetusega seonduvate seadmete kirjeldus	6
2.1.1	Vööri visiiri ja -rambi seadmed	6
2.1.1.1	Visiir	6
2.1.1.2	Põhjalukk	7
2.1.1.3	Kulglukud	8
2.1.1.4	Kasilukud	9
2.1.1.5	Tekihinged	9
2.1.1.6	Vööriramp	10
2.1.1.7	Visiiri ja rambi juhtimissüsteem	11
2.2	Merest ülestõstetud vööri visiiri uurimise ja vraki tuukrivaatluste tulemuste kokkuvõte	12
2.2.1	Üldkokkuvõte	12
2.2.2	Vööri visiir	12
2.2.3	Laevakere vööriosa	13
2.3	Merepõhjast üles tõstetud osad	14
2.4	Muud tähelepanekud	15
2.5	Rammvaheseina ja vöörirambi asukoht	15

3 Analüüs ja hinnang 16

3.1. Võõrvisiiri kinnitusseadmete kandejõu hinnang 16

3.1.1 Projekteerimise alused ja klassifikatsiooniühingu nõuded 16

3.1.1.1 Üldised nõuded 16

3.1.1.2 Bureau Veritase reeglitega kehtestatud nõuded võõrvisiiri projektkoormusele 16

3.1.2 Põhjaluku konstruktsiooni tugevus 17

3.1.3 Külglukkude tugevus 18

3.1.4 Lukustusseadmete heakskiitmine 18

3.1.5 Tekihinged 19

3.1.6 Käsilukkude panus 20

3.1.7 Visiiri avamise käiturid 20

3.2 Rambi lukustusseadmete tugevuse hindamine 20

3.3 Visiiri ja rambi purunemise võimalik kulg 21

3.4 Purunemise käigus mõjunud jõud 23

3.4.1 Üldised tähelepanekud 23

3.4.2 Võrdlus projekteerimisnõuetega 24

3.4.3 Kriitiliste jõudude tekkimiseks eeldatavad meretingimused ja kiirus 25

3.5 Rammvaheseina ja võõrirambi asukoht 25

3.5.1 Reguleerivad nõuded 25

3.5.2 Projektiga seonduvast 26

4 Järeldused 27

5 Soovitused 29

Joonised

1 Sissejuhatus ja lühikokkuvõte

1.1 Sissejuhatus

Eesti lipu all sõitev reisiparvlaev ESTONIA kaadus ümber ja uppus veidi enne kella kahte 28. septembri öösel 1994, plaanikohasel reisir Tallinnast Stokholmi. Komisjonile teadaolevatel andmetel oli pardal 989 reisijat ja laevapere liiget. Päästeti 137 inimest.

Katastroofi uurib Eesti/Soome/Rootsi ühine komisjon, mis moodustati 29. septembril 1994 a. Turus kolme riigi peaministrite otsusega. Eesti esimehe poolt juhital komisjonil on üheksa liiget, igast riigist kolm. Komisjoni töös osalevad ka eksperdid, tagamaks kompetentsust kõigil aladel.

Käesolev osaaruanne sisaldab komisjoni uurimistulemusi, järeldusi ja soovitusi õnnetuse tehniliste põhjuste ja sündmuste käigu kohta. Lõpparuanne hõlmab ka kõiki teisi tegureid ja tingimusi, mis õnnetuse toimumisele kaasa aitasid, k. a. ilmastikutingimused, laevadokumentide väljaandmine, püstuvust puudutavad andmed, töökorraldus, väljaõpe ning päästeoperatsioonid ja -vahendid. Ka puudutab lõpparuanne õnnetusega seotud organisatsioone.

Komisjoni töö jooksul on asjakohased sõltumatud asutused teinud hulga asjatundlikke uurimusi, mis muuhulgas sisaldavad ka ilma- ja mereolude ning lainetusest põhjustatud laeva liikumise analüüsi, vööriosas rakenduvate hüdrodünaamiliste jõudude kalkulasiooni, purunenud osade mõranenud pindade ning hüdraulilise käituri uurimust.

Käesolevat osaaruant lugedes tuleks silmas pidada, et siin ära toodud põhjused ja järeldused puudutavad ainult tehnilisi asjaolusid, kuid ei kirjelda ega seleta kogu sündmuste käiku ega õnnetusega seotud töökorralduslikke aspekte.

1.2 Laev

Reisiparvlaev ESTONIA oli ehitatud uusehitusena number 590 all "Jos. L. Meyer Werft'i" laevatehases Papenburgis, Saksamaal Soome laevakompanii Rederi AB Sally tellimusel. Laev, mis kandis siis nime VIKING SALLY anti omanikule üle 20. juunil 1980 a. ja hakkas sõitma Rootsi Stokholmi sadama ning Soome Turu ja Marienhamni sadamate vahel. Pärast Sally laevakompanii liitumist Effjohn OY-ga, sõitis laev alates 1990 a. aprillist SILJA STAR'i nime all Stokholmi ja Turu vahel ning 1991. a. jaanuarist WASA KING'ina Waasa ja Sundswalli vahel Botnia lahes.

Sel ajal oli see suurim Läänemerel sõitev laev ja üks esimesi suuri parvlaevu. Laeva üldplaani võib näha joonisel 1.

15. jaanuaril 1993 ostis laeva Estline Marine Co Ltd ning prahtis selle meeskonnata Eesti laevandusfirmale E-Line Ltd. Estline'i teenistuses sai laev nimeks "ESTONIA" ning sõitis Tallinna ja Stokholmi vahel. Laeva eksploatatsiooni teostas RAS Eesti Merelaevandus laeva eksploateerimise lepingu alusel. Nii AS E-Line kui ka Estline omanikeks olid võrdsetes osades RAS Eesti Merelaevandus ja je Rootsi firma Nordström & Thulin AB. Laeva tehniline hooldus tehti lepinguga ülesandeks Nordström & Thulin AB-le.

Laev oli ehitatud samasuguse laeva DIANA II eeskujul, mille tellijaks oli Rootsi laevandusfirma Rederi AB Slite. ESTONIA oli laeva keskosa sektsiooni võrra pikem, kuid vööri- ja ahtriosad olid mõlemal laeval identsed, välja arvatud pirkujuline vöör, mida ESTONIA puhul pikendati 0,8 m võrra. Mõlemad laevad ehitati Bureau Veritase eeskirjade kohaselt klassiga +13/3 E, avamerelaev, jääklass IA, Auto/reisiparvlaev + (AUT). Laeva ehitati ümber 1985. aastal, kui laevakere ahtri veealune osa ehitati ümber, tagamaks suuremat ujuvust ja püstuvust.

Laevatehasest ülevõtmisel andsid Soome võimud laevale Reisilaeva ohutuse tunnistuse. Laevale anti tunnistus rahvusvahelisteks lühireisideks. Lubatud reisjate arv oli seotud märkega, mis viitab rahvusvahelistele lühireisidele Rootsi ja Soome vahel (see märke tehti seoses teatud päästevahenditega vastavalt SOLAS konventsiooni 1974 a. väljaandele, kuigi sel ajal polnud jõus mitte viimane, vaid 1960. SOLAS-konventsiooni väljaanne). Laev oli Soome Mereadministratsiooni statuudikohase järelevalve all ehitamisest kuni jaanuarini 1993. Soome mereadministratsioon oli volitanud Bureau Veritast vastavaid laevakere ülevaatusi ja kontrolli läbi viima. 1993. a. jaanuarist kuni õnnetuseni oli laev Eesti järelevalve all. Eesti Veeteede Amet volitas Bureau Veritast täitma SOLAS-ist ja teistest rahvusvahelistest konventsioonidest tulenevaid funktsioone.

Laeva peamised andmed olid järgmised:

Kogupikkus	155,40 m
Perpendikulaaride vaheline pikkus	137,40 m
Teoreetiline laius	24,20 m
Laeva teoreetiline kõrgus vaheseintetekini	7,65 m
Maksimaalne süvis	5,60 m
Tekkide arv	8
Peamasinatate võimsus	17 500 kW
Kandevõime	3230 tonni
Tühja laeva mass	9733 tonni
Kogumahutavus	15 598
Maksimaalne reisijate arv	2000
Maksimaalne eksploatatsioonikiirus	21 sõlme

1.3 Reis

Käesolev alapeatükk sisaldab lühikokkuvõtte katastroofiga lõppenud reisist. Reisi üksikasjalisem kirjeldus ning töökorralduslike jm. aspektide ja päästeoperatsioonide analüüs järgnevad lõpparuandes.

Laev sõitis sõiduplaani järgi Tallinna ja Stockholmi vahel, lahkumisega Tallinnast kl. 1900 kohaliku aja järgi ja saabumisega Stockholmi kl. 0900 kohaliku aja järgi. Sama päeva õhtul lahkus laev Rootsist, et järgmiseks hommikuks taas Tallina jõuda. Tallinn-Stockholmi reisi kestus oli 15 tundi.

Laev lahkus sadamast 27. septembril kl. 1915, pardal 803 reisijat ja 186 meeskonnaliiget. Vastavalt tollist saadud dokumentatsioonile olid autotekil 38 veoautot ja treilerit, 25 väiksemat veoautot, 11 minibussi ja 26 sõiduauto kogumassiga u. 1000 tonni. Veoautod ja treilerid olid laaditud ahtrisse ja sadamast lahkudes oli laeval poolemeetiline diferent ahtri suunas. Samuti oli laev umbes 1° paremparda kreenis, kusjuures vasakparda ballasttank oli täis.

ESTONIA Tallinnast lahkumisel puhus lõunatuul, 8-10 m/s. Nähtavus oli hea, kohati sadas vihma. Reisi jätkudes tuul tugevnes ja pöördus edelasse. Keskööl oli edelatuul 15-20 m/s ja laine kõrgus 3,5 - 4,5 m. Nähtavus oli üle 10 meremiili.

Laeval vastuvõetud ilmaennustus lubas keskööks läände pöörduvat edelatuult kiirusega 15-20 m/s, edasise tugevnemisega hommikul, ja laine kõrgust 2,5 - 3,5 m.

Reis kulges normaalselt mõõdukates ilmastikutingimustes kursiga 262° piki Eesti rannikut. Kõik neli peamasinat töötasid tavalise võimsusega. Umbes kell 0030 Eesti aja järgi (UTC + 2) pöördus laev teekonna punktis, mis asus umbes 59°20'N ja 22°02'E kursile 287°, et jätkata reisi Stokholmi saarestikku läbi Söderarmi väina.

Mereolud muutusid raskemaks, kui laev lahkus Eesti ranniku äärsetest vaiksematest vetest. Kiirus oli u. 14,5 sõlme, esines rullumist ja mõõdukat, aegajalt ka tugevamat pikiõõtsumist.

Stabiliseerivad tiivad olid sellest teekonnapunktist möödudes välja lastud. Kell 0045 panid mitmed tunnistajad tähele esimesi märke, et midagi on korrast ära. Vööri piirkonnast kuuldi metalseid helisid.

Masina kontrollruumis viibinud mehaanik on tunnistanud, et hiljem, ilmselt u. 0115, märkas ta TV-monitorist, et vöörirambi külgedelt tungib vesi sisse. Ramp paistis olevat suletud asendis. Veidi hiljem kuuldi veelgi metalse kõlaga helisid, ja varsti pärast seda hakkas laev endisest tugevamalt rulluma ja kaldus paremale kreeni.

Seejärel eraldus vöörivisiir vöörist ja langes üle vöörtäävi ettepoole. Visiir tõmbas mehaanilise seotuse tõttu vöörirambi lahti ning see võimaldas suurel veehulgal autotekile tungida.

Kreeni suurenedes hakkasid reisijad treppidest üles jooksmas, mitmes kohas tekkis paanika. Inimestele, kel õnnestus paaditekile jõuda, jagati päästeveste. Paljud reisijad, kes olid magama läinud, olid oma kajutites nagu lõksu jäänud ja neil ei olnud lootust õigel ajal välja jõuda.

Kui kreen suurenes 30 kraadini, seiskusid peamasinad määrideõli surve puudumise tõttu. Generaatorid seiskusid mõnevõrra hiljem ja automaatselt hakkas tööle abigeneraator, mis varustas energiaga väheseid valgusteid üldkäidavates kohtades ja tekil.

Kell 0124 võtsid MAYDAY hädasignaali vastu üksteist lähikonnas asunud kalda- ja laevaraadiojaama, kaasa arvatud Turu merepääste koordinatsioonikeskus.

Laev kaldus üha enam kreeni ja vesi hakkas tungima kajutitekkidele umbes kl. 0130. Vee tungimine kajutitekkidele jätkus väga kiiresti ja silla parempoolne osa jäi vee alla umbes kl. 0135, nagu näitab kaardikambri kell, mis seiskus just sel ajahetkel. Sel ajal oli kreen juba üle 90 kraadi.

Reisijad, kel oli õnnestunud jõuda paaditekile või laeva välisküljele, hüppasid või uhuti vette. Päästeparved olid lahti päästetud või vabanesid automaatselt vee alla jäädes ning mõnedel inimestel õnnestus päästeparvedele pääseda. Ilmastikutingimused olid öösel väga rasked ja põhjustasid inimeste hukkumist, kes muidu oleksid võinud pääseda. Ümbritsevast veest ja päästeparvedelt korjati üles 94 ohvrit. Kokku päästsid helikopterid ja appitulnud laevad öösel ja varastel hommikutundidel 137 ellujäänut.

Paremparda kreen üha suurenes ja laev tegi pöörde vasakule. Mida sillal sel ajal ette võeti, ei ole õnnestunud kindlaks teha. Laeva sõukruvid seiskusid ja laev triivis merepinnal, vee tungimine laeva jätkus. Laev uppus täielikult kl. 01.48, kui laeva kujutis kadus täielikult Soome radarijaama radari ekraanilt. Uppumiskoha koordinaadid olid N59°22',9 ja E21°41',0. Vrakki oli uppudes pöördunud kursile 95 kraadi. Vöörivisiir leiti hiljem vrakist umbes ühe meremiili kaugusel läänes.

Uurimine on näidanud, et õnnetuseöoga võrreldavaid ilmastikutingimusi oli varem esinenud vaid ühel või kahel korral, kui laev oli teel Tallinnast Stokholmi.

2 Faktide ja uurimistulemuste kokkuvõte

2.1 Õnnetusega seonduvate seadmete kirjeldus

2.1.1 Vöörivisiiri ja -rambi seadmed

Käesolev alapeatükk kirjeldab vöörivisiiri ja rambi seadmeid. Vöörivisiiri asukohaga seotud asjaolusid ja tingimusi käsitleb alapeatükk 2.5.

ESTONIA vöörivisiiri ja rambi seadmed olid laeva ehitamise ajale tüüpilise konstruktsiooniga. See konstruktsioon koosnes ülespoole avanevast vöörivisiirist ja laadimisrambist, mis oli hingedega kinnitatud peateki kõrgusele ja oli suletud ülestõstetud asendis. Suletud asendis ulatus rambi ülemine ots visiiriteki karbikujulisse moodustisse.

Vöörivisiiri ja rambi spetsiifilised detailid oli konstrueerinud ja valmistanud von Tell AB, üks tuntumaid säärase süsteemide valmistajaid. Süsteemi kuulus kogu vööriramp koos hingedega, selle tõstmise-langetamise ja kinnitamise mehhanismid, visiiri käsitlemise ja lukustuse mehhanismid, samuti ka kogu seadmestiku käsitlemise ja kontrollimise hüdrauliline süsteem. Selle süsteemi paigaldamine laeva projekteeriti ja teostati laevatehases.

Rambi- ja visiiriseadmete üldvaadet võib näha joonisel 2.

2.1.1.1 Visiir

Visiir kui laevakere kõige etteulatavam osa kujutas endast teraskonstruktsiooni, mis oli sarnane tavalise laeva vöörikonstruktsiooniga. Visiiri on kujutatud joonisel 3. Laevakere kuju oli vööriosas märgatavalt kooniline, mis oli tüüpiline sel ajal ehitatud ro-ro laevadele. Visiir koosnes põhiliselt välisplaadistusest, mis oli laeva välisplaadistuse ja kuju jätkuks; tekiosast, põhjaosast, ahtripoolsest vaheseinast, sisemistest horisontaalsetest stringeritest, osalistest püstvaheseintest ja põikjäikusribadest. Tekil ulatusid kaks kinnitustala visiiri ahtripoolsest otsast ahtri suunas ja moodustasid visiiri pöördepunktis liigendite mehhanismi (hinged). Visiiri mass oli umbes 55 tonni.

Visiiritekil oli kahe kinnitustala vahel kaitsekarp, mis kattis rambi ülemist otsa, kui ramp oli suletud asendis. Konstruksiooni iseärasuseks oli, et ramp pidi olema täiesti suletud asendis, et ta ei segaks visiiri liikumist selle avamise ja sulgemise ajal.

Visiir pöörles tavapärasel avamisel ja sulgemisel kahel ülemisele tekile kinnitatud hingel. Suletud asendis fikseerisid visiiri kolm hüdraulilist lukustusmehhanismi visiiri alumises osas. Üks neist asus vöörpiigitekil ja teised kaks visiiri ahtripoolses otsas, kinnitustega laevakere eesmisel vaheseinal. Lisaks olid hüdrauliliste külglukkude piirkonnas veel kaks mehaanilist lukku. Kolm fikseerimissarve, millest üks asetses vöörpiigitekil ja kaks eesmisel vaheseinas, sisenesid visiiris asuvatesse pesadesse ja võtsid vastu külgkoormusi.

Suletud asendis toetus visiir kahele tekil asuvale hingele ja kolmes punktis ka vöörpiigi-tekile. Üks neist oli visiiri massiivne vöörtälv, mis toetus jäävöörile pinnikujulise vööri tipus, teised kaks olid teraspadjad vöörpiigi tekil. Kolm lukustusmehhanismi hoidsid visiiri all, kui see oli suletud asendis, ja fikseerimissarved võtsid vastu igasuguse võimaliku tekkiva külgkoormuse. Pikisuunas rakenduvaid koormusi kandsid hinged ja lukustusseadmed, võimalik, et ka otsene kontakt visiiri ja laevakere eesmise vaheseina vahel.

Avatud asendis toetus visiir kahele hingele ja kahele hoideseadeldisele, mis koosnesid hüdrauliliselt käitatavatest riivadest, mis sisenesid visiiri kinnitustalade kõrvadesse.

Vöörpiigi tekil ja eesmisel vaheseinal olid kummitihendid, mida hoidsid terasribad, ja mis koos moodustasid pideva tihendi, mille vastu visiir sulgus.

Laeva pealisehitise eenduva esiosatõttu ei olnud võimalik visiiri sillalt näha. Siiski oli näha vööri lipuvarda tipp.

2.1.1.2 Põhjalukk

Põhjalukk on ära toodud joonisel 4. Seda on nimetatud ka Atlandi lukuks, kuivõrd see ei olnud varasematel parvlaevadel tavaline, vaid seda hakati kasutama hiljem, et selletüübilised laevad saaksid ületada ookeane. ESTONIA ehitamise ajaks oli Atlandi luku kasutamine saanud tavaliseks. Lukustusseade koosnes lukustusriivist, mis liikus juhtpuksis horisontaalselt põikilaeva. Väljaulatavas asendis kinnitus riivi ots tugipuksis. Riivi juhtpuks kinnitus vöörpiigitekil kahe terasest kõrva abil ja tugipuks oli kinnitatud kolmanda samasuguse kõrvaga. Vastaskõrv, kinnitatud visiiri enda külge, asetses riivi juhtpuksi ja tugipuksi vahel, kui visiir oli suletud asendis ja väljaulatuv riiv täitis siis lukukõrvas oleva augu.

Kõrvade mõningad üldmõõtmed olid näidatud lukustusseadmete tarnija koostisjoonistel, kuid tööjooniseid ei ole arvatavasti olemas olnud.

Riiv liikus puksides hüdraulilise käituri abil, mida käitati visiiri ja rambi juhtpuldist, nagu on kirjeldatud alalõigus 2.1.1.7. Vedruga varustatud mehaaniline varbkolb fikseerus riivi soontes vastavalt avatud ja suletud asendis, seega riivi äärmistes positsioonides mehaaniliselt fikseerides, sõltumata hüdraulilisest survest. Riiv oli pidevalt ka hüdrauliliselt lukustatud, sest vedelik ei pääsenud süsteemist välja sõltumata sellest, kas süsteem oli parajasti surve all või mitte.

Oli kaks magnetilist tüüpi piirlüliti, mille käivitajaks oli riivile kinnitatud magnet. Need lülitid hakkasid tööle, kui riiv oli vastavalt kas täiesti sissetõmmatud või väljaulatuvas asendis. Hüdrauliline kontrollsüsteem nagu ka lülite paigutus ja funktsioneerimine ning riivi asendite kindlaksmääramise- ja häiresüsteem leiavad eraldi käsitlemist alalõigus 2.1.1.7. Esialgse projekti järgsed mehhaanilised lülitid olid asendatud magnetilistega laeva eksploatatsiooni varasemas järgus.

Visiiri põhjastruktuuri vastaskõrv koosnes ühestainsast teraskõrvast, mis oli kinnitatud visiiri põhjastruktuuri põiktalale ja toetus põlvikule, nagu on näidatud joonisel 5.

Kõrvas oli auk lukustusriivi jaoks, mille diameeter oli algselt 85 mm. Eksploatatsiooni käigus oli augu diameeter suurenenud ja pärast õnnetust oli auk ovaalne, mõõtmetega u. 90 x 105 millimeetrit. Pikenemine võis olla põhjustatud kulumisest või deformatsioonist lukustusmehhanismi purunemisel.

Põhjaluku purunemise viisi ja sellega seotud uurimistulemusi käsitletakse lõigus 3.1.2.

2.1.1.3 Külglukud

Külglukud koosnesid kahest kõrvast, mis kinnitasid visiiri tagumise vaheseina külge ja ulatusid visiiri suletud asendi puhul kahte süvendisse laevakere eesmises vaheseinas, teine teisel pool rambi avaust. Suletud asendis fikseeriti hüdrauliliselt töötavad riivid visiiri kõrvade aukudes. Seda mehhanismi on võimalik näha joonisel 6. Hüdrauliliste riivide konstruktsioon oli sarnane põhjaluku omale, s. o. riiv liikus juhtpuksis ja väljaulatuvas asendis fikseerus tugipuksis. Visiiri kõrv asetseb juhtpuksi ja tugipuksi vahel. Riivi liigutas hüdrauliline käitur. Oli paigaldatud ka mehhaaniline hõõrdevarbkolb. Riivi äärmistele sissetõmmatud ja väljaulatuvatele asenditele reageerisid magnetilist tüüpi piirlülitid.

Kummalegi küljele olid monteeritud täiendavad hüdraulilised silindrid, et lükata visiiri kõrvade kohalt ettepoole, kui visiir pidi avanema. See seade pidi kaasa aitama visiiri avamisele juhul, kui see oleks suletud asendisse kinni jäätunud.

Visiiri küljkõrvade paigutust võib näha joonisel 7. Komisjon on märkinud, et nendest kõrvadest ei ole olemas ühtegi detailset joonist, ning nende tegelik visiirile kinnituva osa pikkus oli lühem, kui näidatud üldpaigutuse joonistel. Kõrvad olid keevitatud visiiri ahtrivaheseina ahtripoolsesse külge nurkkeevitusega. Keevitamise üksikasju ei olnud ära toodud ühelgi joonisel.

Plaadistuse esiküljele oli monteeritud kaks vertikaalset jäikusribi, mille vahe oli pisut suurem kõrva enese paksusest. Need jäikusribid olid paigaldatud rahuldamiseks Bureau Veritase laevainspektori nõudmist "laeva konstruktsiooni kohalikuks tugevdamiseks lukustusseadmete kohal". Muid konstruktsioone, mis kannaksid jõudusid kõrvadelt üle visiirile enesele, projektis ette nähtud ei olnud.

2.1.1.4 Käsilukud

Oli olemas kaks käsitsi suletavat lukku, mis olid kummalgi küljel monteeritud kohe hüdrauliliste külglukkude alla. Kumbki käsilukk koosnes kahest kõrvast, mis olid keevitatud visiiri ahtripoolsesse külge, ja hingega aaspoldist koos mutriga, mis oli monteeritud kahe kõrva vahele eesmises vaheseinas. Suletud asendis liikus aaspolt visiiri kahe kõrva vahel asuvasse asendisse ja mutter keerati kinni. Seda konstruktsiooni näeb joonisel 8. Neil lukudel ei olnud asendiandureid.

Tarnija instruktsioonis kirjeldati käsilukkusid varulukkudena. Tarnija, laevatehas ega laeva käitaja ei ole kusagil andnud mingeid juhiseid nende lukkude kasutamiseks.

2.1.1.5 Tekihinged

Kaks visiiritekil asuvat visiiri kinnitustala ulatusid umbes 3 meetri jagu visiiriteki ahtripoolsest otsast ahtri suunas. Talade otstele toetusid hingede konstruktsioonid. (Vt. joonis 9). Kummagi tala kahes külglpaadis asuvasse aukudesse oli keevitatud massiivne teraspuks. Kummaski puksis oli õõs, kuhu omakorda kinnitus pronkspuks. Hingede tekiosa koosnes kahest kõrvast, mis olid teki külge keevitatud ning toetasid endi vahel teraspesa. See hingede tekil asuv osa asetses visiiri kinnitustala kahe puksi vahel. Läbi kogu konstruktsiooni käis telg, mis oli fikseeritud hingede pukside välimistele külgedele kinnitatud lukustusplaatidega.

2.1.1.6 Vööriramp

Ramp kujutas endast nelja pikitala ja mitme põiktalaga teraskonstruksiooni. Rambil ülemise pinna moodustas terasplaat. Põhitalade vahele olid monteeritud täiendavad jäikusribid.

Ramp oli olemasoleva teki kõrgusest pikem ning seega ulatus ülestõstetud, s.o. suletud asendis ülemise teki pinnast umbes 1,5 meetrit ülespoole. See üleulatuv osa asetses visiiriteki asuvas kaitsekarbis. Rambil otsas asuvad labad kinnitused hingedega rambi eesmise otsa külge ning neid juhtisid rambi avanemisel pikenevad terastrossid. Trossid olid kinnitatud labade telje otsas asuvatele seadmetele. Rambil suletud asendis rippusid labad allapoole, et rambi pikkus oleks võimalikult väike.

Rambi kinnitus alumises otsas nelja hingega laevakere külge. Iga hing koosnes laevakere külge keevitatud teraskõrvadest ning rambi alumise tala külge keevitatud kõrvadest. Puksid ja hingede sõrmed moodustasidki hingede mehhanismi. Välimised hinged olid kahest sisemisest suuremad.

Rambi külgedele olid keevitatud lehtäärnikud. Kummalegi küljele olid monteeritud püsi- reelingud.

Rambi liigutasid kaks hüdraulilist käiturit (hüdrosilindrit), üks kummalegi küljel. Ülestõstetud, suletud asendis tõmbasid rambi sissepoole kaks lukustuskonksu, mis haarasid rambi külgtalade vardaid. Need konksud töötasid hüdrauliliselt hoobmehhanismi abil, mis oli konstrueeritud nii, et ta liikus sulgumisel üle oma surnud punkti ja jäi sellesse mehaaniliselt suletud asendisse.

Rambi kummalegi küljele oli monteeritud kaks täiendavat lukustusriivi. Needki töötasid hüdrauliliselt, liikudes rambi kraes horisontaalselt. Väljaulatuvas asendis kinnitused nad rambi külgtalades asuvasse karbikujulistesse pikendustesse.

Kõigil lukustusseadmetel olid piirlülid, mis näitasid nende äärmisi asendeid ja mida on põhjalikumalt kirjeldatud alalõigus 2.1.1.7.

Rambi kraes asus terasribadega toetatud kummitihend, ning moodustas rambi pinnal veekindla tihendi sel ajal, kui ramp oli suletud asendis.

2.1.1.7 Visiiri ja rambi juhtimissüsteem

Visiiril ja rambil oli olemas juhtimissüsteem, mis oli valmistatud visiiri ja rambi käitursüsteemide tootja poolt. Seda kirjeldas tootja poolt välja antud broshüür.

Juhtimissüsteem koosnes kõrgrõhu hüdraulilisest süsteemist, mis omakorda koosnes paagist ja kahest pumbast, lisaks veel muud hüdraulilise süsteemi tavapäraseid komponendid, mis andsid hüdraulilise jõuimpulsi juhtpuldile ning visiiri ja rambi käitamise ning sulgemise mehhanismidele. Juhtpult asus rambi kõrval vasakul pardal. Sellel olid käsihoovad, millega sai eraldi juhtida:

- visiiri põhjalukku
- visiiri külglukkusid
- rambi lukustuskonksusid ja lukusturiive
- visiiri avanemist/sulgemist
- avatud visiiri toetuslukkusid
- rambi avanemist ja sulgemist

Mehhanismide vahel ei olnud elektroonilist või hüdraulilist ühendust, operaator pidi avanemise või sulgemise ajal indikaatorlampidelt jälgima, et iga operatsioon oleks enne järgmise juurde asumist korralikult lõpetatud.

Indikaatorlambid asusid juhtimisjaamas olnud juhtpuldil, teine kontrollpaneel asus sillal, vahiohvitseri istmest paremal asuval eesmisel juhtpuldil.

Paneelidel olid punased ja rohelised lambid, mis said signaali visiiri ja rambi sulgemismehhanismide käiturite piirlülititelt. Olid paigaldatud ka visiiri ja rambi täielikult suletud asendit näitavad kontroll-lülitid. Visiiri ja rambi asendit näitavad lambid olid rohelised ainult juhul, kui vastavalt visiir või ramp olid täiesti suletud asendis, muidu olid need punased. Lukustusseadmete lambid olid punased, kui lukud olid täiesti avatud ja rohelised, kui lukud olid suletud asendis. Põhjalukul oli eraldi tulede komplekt, külglukkudel kahe peale üks komplekt ja rambi lukudel samuti üks. Visiiri külglukkude ja rambi lukkude andurlülitid olid jadaühenduses, see tähendas, et kõik seadmed pidid olema õiges asendis, enne kui vastav lamp süttis. Kui ainult ükski seade oli jäänud vahepealsesse asendisse, siis lamp ei süttinud.

Autoteki jälgimiseks olid üles pandud TV-kaamerad. Üks neist jälgis ka võõrirambi piirkonda. Monitorid olid paigaldatud nii masina kontrollruumi kui ka kaardikambrisse sillal.

2.2. Merest ülestõstetud vööri visiiri uurimise ja vraki tuukri vaatluste tulemuste kokkuvõte

2.2.1 Üldkokkuvõte

Ei ole leitud märke konstruktsioonilistest kõrvalekalletest tegelike pardal olnud konstruktsioonide ja algprojekti vahel. Siiski pole olnud võimalik täiesti kindlaks teha, kas laeval oli tehtud õnnetuse seisukohalt oluliste osade juures mingeid remonditöid.

2.2.2 Vööri visiir

Vööri visiir leiti merepõhjast ja tõsteti üles. Allpool on ära toodud põhilised tähelepanekud, mis tehti Soomes Hankos asuva kaldale toodud visiiri uurimisel.

Visiiri välisplaadistuse esiküljel, täävist pisut paremal, oli ulatuslik deformatsioon.

Pärast keevituste rebenemist oli massiivne vöörtäav visiirist eraldunud.

Visiiri põhi oli deformeerinud ja tugevate löögijälgedega. Põhjaluku kõrv oli omal kohal, kuid ümbritsev konstruktsioon tugevalt deformeerinud. Lukukõrva auk oli ovaalse kujuga ning selle materjalil oli näha voolamise jälgi.

Visiiri sisemistel vertikaalsetel vaheseintel esines vasakul pool deformatsiooni ja täkete märke.

Jäljed visiiri ülemisel põikvardal olid väga tugevad. Teistel põikvarrastel olid need vähem silmatorkavad.

Visiiri ahtrivaheseinal oli mitmesuguseid vigastusi. Eriti vasakpoolse fikseerimissarve pesa oli allpool täiesti lahti rebitud.

Mõlemad külgmised lukukõrvad olid vaheseinast välja rebenenud, jättes plaadistusse nelinurksed augud.

Visiiri kinnitustalade otstes asuvad hingede puksid olid talade külgsplaadistusest eraldunud külgsplaatide ja pukside ümbruse keevisõmbluste purunemise tõttu.

Visiiri kinnitustalade põhjaplaadistusel oli löögi- ja põrkejälgi visiiri avamiskäiturite kinnituskõrvade ümbruses, ning roheline värvi jälgi. Avamissilindrite kõrvadel oli tugevaid kriimustusjälgi mõlema paremal küljel.

Visiiritekil asuval kaitsekarbil oli ahtripoolse siseseina vasakpoolsel osal löögijälgi, mis seisnesid pirnprofiilide lokaalsetes deformatsioonides.

Visiiri kinnitustalade põhjaplaadistuse ja visiiri tekiplaadistuse ahtripoolsetel osadel oli tugevaid löögijälgi.

Neid vigastusi on näidatud fotodel 10.1 - 10.9.

2.2.3 Laevakere vööriosa

Tuukrite poolt ja veealuse videokaameraga teostatud laevavraki vööriosa vaatlused näitasid alljärgnevaid vigastusi laevakerel ja vööriosa konstruktsioonidel.

Tekihingede kinnitused tekil olid vigastamata, välja arvatud löögijäljed eespoolsetel osadel. Avatud visiiri tugi oli kahjustusteta.

Visiiri käiturite avaustest ettepoole oli tekk lahti rebitud. Rebestused ulatusid teatud pikkuses eesmissse vaheseina. Teki vigastused olid ulatuslikud, ebaühtlaste purunemispindadega, kuna augud eesmisses vaheseinas olid võrdlemisi puhta kontuuriga.

Külglukkude kõrvad asusid oma süvendites, kinnituses lukustusriividele. Ainult osa visiiri lahtirebitud ahtripoolsest plaadistusest paistis olevat jäänud kõrvade alumise osa külge. Lõtke kõrvade ja riivide vahel hindas tuuker umbes 10 millimeetrit.

Eesmisel vaheseinal, eriti selle alumisel osal, leiti mitmesuguseid vigastusi.

Põhjaluku jutpuks oli lahti rebenenud, nagu ka tugipuks. Kõik kolm kinnituskõrva olid vähima ristlõikega kohtadest purunenud. Keevisõmblused kõrvade ja juhtpuksi ning tugipuksi vahel olid järele andnud. Kinnitusriiv oli jäänud käitursilindri varda külge.

Kummitihendil ja seda toetavatel esivaheseina ribidel oli mitmesuguseid vigastusi, laialdasi vigastusi oli ka vööriigitekil.

Löögijälgi täheldati ka välisplaadistuse äärtel vööriigiteki ümbruses ja pirnukujulise vööri ülaosas oleval jäävööril. Ka pirnukujulisel vööril oli mitmesuguseid kriimustusi.

Vööriramp oli veidi avatud asendis, umbes meetri võrra avanenult ülaosas.

Kaks vasakpoolset hinge rambi allservas olid lahti rebenenud. Mõlemad rambi hüdraulilised käituriid olid riivipoolses otsas järele andnud. Käituriid olid sissetõmmatud, s. o. suletud asendis.

Rambi alumise külje taladel leiti palju sügavaid deformatsioone.

Rambi vasakparda tala oli mitmest kohast vigastatud, põhiliselt ülaosas.

Lukustuskonksude kõrvad olid kõverdunud. Konkse ei olnud võimalik lähemalt uurida.

Rambi külglattide boksid, kuhu kinnitusid rambi külglukkude riivid, olid väänatud avatud asendisse, välja arvatud alumine vasakpoolne. Külglukkude riivid olid täiesti suletud asendis, välja arvatud alumine vasakpoolne, mis oli osaliselt suletud.

Neid kahjustusi näitavad fotod 11.1 - 11.6.

2.3 Merepõhjast üles tõstetud osad

Visiir leiti merepõhjast ja toimetati uurimiseks kaldale. Visiiri terasosad eraldati, et uurida üksikasjaliselt külglukkude kõrvade ja ja hingede kinnituspiirkondi. Toodi üles ka hüdrauliline silinder selle sisemuse uurimiseks.

Põhjaluku kinnituskõrvad ja üks hingepuks eraldati vrakist ja tõsteti üles.

Atlandi luku käituri varda küljest eemaldasid tuukrid lukustusriivi ja tõid selle üles 4. detsembril 1994. a. Riiv oli sirge. Mõõtmisel tehti kindlaks väga väike erinevus riivi diameetris riivi ja visiirikõrva kokkupuutepiirkonnas. Riivi üldine diameeter oli 79,8 millimeetrit, kuid minimaalne mõõdetud diameeter kontaktpiirkonnas oli 79,4 millimeetrit. Muid vigastusi riivil ei täheldatud.

Kui riiv vrakilt üles toodi, oli see kinnitatud hüdraulilise silindri vardale, mis jäi oma kohale võõrpiigi tekil, nagu on näidatud fotol 12. Hüdraulilised voolikud olid ühendatud seisundis. Käitur oli täiesti lukustatud asendis, ja tema varras paindunud ülespoole, võõrpiigitekist eemale. Varda ja riivi vahelist ühendussõrme oli võimalik raskusteta eemaldada ja riiv toodi üles.

2.4 Muud tähelepanekud

Pardal ajutiselt remondimadrusena töötav praktikant märkas 1994. a. augustis pragusid visiiri kinnitustalade külgsplaadistuse ja hingede pukside vahelistes nurkkeevitustes.

Tema poolt märgatud praod asusid keevisõmbluste alumises osas, visiiri kinnitustalade külgsplaadistuse ja hinge pukside vahel, hingekonstruktsiooni tekipoolsel küljel. Üks pragu oli umbes 100 millimeetri pikkune, ja teine, lühem, asus parempoolsetes hingekõrvades. Üks umbes 60 mm pikkune pragu asus vasakpoolse hinge ühes kõrvas. Suletud visiiri puhul ei olnud pragusid näha.

2.5 Rammvaheseina ja vöörirambi asukoht

ESTONIA vööriramp paiknes umbes 4,2 meetrit vööri pool kohast, kus see oleks pidanud olema rammvaheseina ülapiolse pikendusena vastavalt 1960. a. SOLAS konventsiooni nõuetele, mis kehtisid laeva ehitamise ajal.

Sel ajal kehtinud Bureau Veritase nõuetes ei sisaldunud täielikult SOLAS-e rammvaheseina ülemise pikenduse kohta käivaid nõudeid. Seega ei olnud SOLAS (1960) nõuetele vastav rammvaheseina ülemise pikenduse paiknemisele kohaldatav pikkuspiirang - 5 protsenti laeva pikkusest - Bureau Veritase reeglites nõutav. Siiski oli reeglites olemas viide, et klassifikatsiooniühingu peakontor võib nõuda, et rammvaheseina ülemist osa pikendataks pakitekini.

Laeva ehituse spetsifikatsioonis on pealkirja all "Osoline rammvahesein" öeldud: "Kavandatava sõidupiirkonna jaoks S.M.A. (Soome Mereadministratsiooni) poolt ei ole nõutav." Laevatehaselt ülevõtmisel andsid Soome võimud laevale Reisilaeva Ohutuse Tunnistuse vastavalt SOLAS-ile. Soome Mereadministratsiooni esindajate osalemise ulatust laeva ehitamise ajal veel uuritakse.

SOLAS konventsiooni 1981. a. Parandustes ning IACS (Rahvusvahelise Klassifikatsiooniühingute Assotsiatsiooni) 1982. a. Ühtlustatud Nõuetes esitatakse üksikasjalikumad nõuded vööriluugi ja -rambi seadmestikele.

3 Analüüs ja hinnang

3.1. Vööri visiiri kinnitusseadmete kandejõu hinnang

3.1.1 Projekteerimise alused ja klassifikatsiooniühingu nõuded

3.1.1.1 Üldised nõuded

Visiir oli ehitatud vastavalt Bureau Veritase 1977. aasta nõuetele. Käesolevas uurimises ei ole nendele nõuetele vastavust üksikasjaliselt tuvastatud.

Vastavalt tol ajal kehtinud B.V. nõuetele pidid lukustusseadmed võimaldama võõriluugi "kindlalt sulgeda". Ei olnud antud mingeid kindlaid meetmeid lukustusmehhanismide kontrollimiseks. Konstruktiivsete tugevduste olemasolu nõuti üldsõnaliselt ainult klampide, hingede ja tõsteseadmete puhul.

Kaks B.V. visiiri montaaži jooniseid uurinud ametniku märkust kinnitavad, et "lukustusseadmed peavad olema riiklike instantside poolt heaks kiidetud" ning, et "Laeva konstruktsiooni lukustusseadmete, silindrite ja hingede kohalik tugevdamine peab rahuldama laeva inspektorit".

Ro-ro laevade võõriviisi projektkoormust on seoses uute andmete ilmsikstulekuga pidevalt uuritud, ning ESTONIA ehitamise ajaks ei olnud see veel piisavalt kindlaks määratud.

3.1.1.2 Bureau Veritase reeglitega kehtestatud nõuded võõriviisi projektkoormusele

Bureau Veritase reeglid ei täpsustanud visiiri vertikaalsetele ja horisontaalsetele pindadele rakendatavaid jõudusid. Laevatehase poolt arvutatud koormused põhinesid rakendatud jõul ja ulatusid kuni 536 Tonnini vertikaalselt ja 381 Tonnini horisontaalselt. Nende jõudude füüsikaline tagapõhi ei ole teada. Siiski kuulusid rakendatud jõud samasse suurusjärku kui teiste klassifikatsiooniühingute poolt samal ajal rakendatavad.

Laevatehahses sooritatud arvutuste puhul rakendati koormusi ühtlaselt kõigile viiele kinnituspunktile, kaasa arvatud hinged, mille tulemuseks oli arvutuskooormus 100 Tonni kinnituspunkti kohta. Kuivõrd koormuse kohta ei olnud täpseid nõudmisi, puudusid Bureau Veritase reeglites ka juhised koormuste arvutamise meetodi kohta.

Kohaldatud protseduuride tulemuseks ei olnud välisjõududega staatilises tasakaalus olevate jõudude kombinatsioon. Koormuse jaotus on staatikaga määramatu. Üksikasjalisem koormuste jaotuse arvutus oleks koormuseks ühe lukustusseadme kohta andnud umbes 135 Tonni. Vajalik rakendatav jõud määrati hiljem täpsemalt kindlaks ja IACS 1982. a. Ühtlustatud Nõuetes antud väärtuse järgi oleks arvutuskooormus iga luku kohta tulnud umbes 200 Tonni.

Iga lukustusseadme projektkoormust kasutati iga seadme koormust taluva minimaalse ristlõike määramiseks. Selleks kasutati tavalist lubatud pingete meetodit. Arvutusi ei esitatud Bureau Veritasele analüüsimiseks. Arvutuste metoodikas kasutatud varutegur oli umbes 3 purunemiskiiruse suhtes.

3.1.2 Põhjaluku konstruktsiooni tugevus

Põhjaluku mehhanism purunes kinnituskohdades võõrpiigitekil. Purunemine leidis aset plaatkõrvades, mis toetasid juhtpuks ja vastavat tugipuksi, ning keevisõmbluses pesa ja tugipuksi ümbruses.

Purunenud kõrvad toodi laevavrakilt üles ning nende purunemispindu ja materjali on nii metallograafilisest kui ka tugevuse aspektist uuritud. Seda uurimust käsitletakse põhjalikumalt lõpparuande lisas. Kõigi arvestuste kohaselt purunesid kõrvad vähetsüklilise ülekoormuse tingimustes. Purunenud aasade üldpilti võib näha fotol 13. Keevis oli purunenud osaliselt õmbluse kohalt ja osaliselt keevise ja juhtpuks materjali eralduse kohalt. Keevisõmbluste paksus oli umbes 3 millimeetrit.

Erinevate arvutuste kohaselt on põhjaluku konstruktsiooni kandevõimet hinnatud 80 - 150 Tonnile. Arvutustes on arvesse võetud kõrvade purunenud pindade ristlõiget ja ka keevisõmbluste oletatavat panust.

Tegelik purunemiskooormus võis olla väiksem, kuna kõrvad võisid puruneda ka ükshaaval. Juhtpuksi ja tugipuksi vahe oli umbes 100 millimeetrit, samas kui visiiri vastava kõrva paksus oli 60 mm. Kõrva tegelik asend lukustusriivil võis mõjutada seda, missugune kõrv kandis suuremat osa koormusest ja seega võis puruneda enne teist. Visiirikõrva deformatsioon viitab sellele, et tugipuksi üksikkõrv purunes esimesena.

Laevatehasest saadud informatsiooni võib mõista nii, et lukustusseadmed olid valmistatud eraldi ning seejärel keevitatud võõrpiigi tekile. Konstruktsiooni keevitamisel oli kasutatud tavalist keevitamistehnikat, kuivõrd puudus detailne joonis andmetega keevitamise kohta.

Et rahuldada laevatehase projektarvutusi, pidanuks kõrvadel olema suurem minimaalne ristlõige või pidanuksid keevitused moodustama täiskoormust kandva ühenduse, kui sealjuures oleks kasutatud õiget tootmistehnoloogiat.

Sellest võib järeldada, lukustusseadme ristlõige ei vastanud projektkoormusele.

3.1.3 Külglukkude tugevus

Külglukud purunesid kõrvade ja visiiri ahtripoolse plaadistuse liitekohalt. Ei ole leitud üksikasjalisi jooniseid, mis näitaksid kõrvade täpseid mõõtmeid või nende visiiri plaadistusele keevitamise üksikasju. Kõrvade aluspikkus oli umbes 380 millimeetrit, mõõdetuna kinnituse jäänustelt visiiril, võrreldes üldpaigutuse joonistel näidatud 480-ga.

Kõrvad rebiti visiiri plaadistusest välja koos osaga plaadistusest, neist jäid järele nelinurksed augud kärisenud murdumispindadega. Kõrvad jäid vrakile. Ühe kõrva alumist pinda võib näha fotol 14.

Visiiri ahtripoolse plaadistuse paksus oli 8 millimeetrit. Laevainspektori nõudel oli lukustusseadmete konstruktsiooni kohalikuks tugevduseks lisatud kõrvade taha veel kaks vertikaalset jäikusribi. Muid tugevdusi kõrvade taha paigaldatud ei olnud.

Külglukkude kandevõimet ~~võimet~~ ei ole võimalik lõplikult välja arvutada, kuivõrd see on staatikaga määramatu. Jõudu, mis on vajalik selleks, et tõmmata kõrv visiiri küljest lahti hingede telje ümber pöörlemise suhtes tangentsiaalses suunas, on siiski hinnatud umbes 90 - 120 Tonnile.

Siit järeldub, et piisavalt üksikasjaliste tootmis- ja monteerimisinstruktsioonide puudumise tõttu ei olnud arvutatud projektkandevõimet. Koormuse ülekandmiseks kõrvadelt visiiri korpusele oli rakendatud vaid minimaalseid meetmeid.

3.1.4 Lukustusseadmete heakskiitmine

Rambi ja lukustusseadmete tootja saatis Soome Mereadministratsioonile kirjaliku palve, et teda informeeritaks, missuguste joonistega Administratsioon soovib tutvuda. Administratsioon vastas, et joonised tuleb Administratsioonile esitada ainult juhul, kui tekib kahtlusi seoses rakendatavate nõuete tõlgendamisega. Administratsioon eeldas, et tavapärased ülevaatused sooritab klassifikatsiooniühing. See kirjavahetus viitab rambi ja selle juurde kuuluvate osade valmistaja joonistele, mitte laevatehase koostejoonistele. Ei ole leitud

tõendeid, et Administratsioonile oleks eriliseks läbivaatamiseks mingeid jooniseid esitatud.

Üldpaigutuse jooniseid kontrollides tegi Bureau Veritase inspektor märkuse, et riiklikud instantsid peaksid lukustusmehhanismide paigutuse heaks kiitma. Ei ole leitud mingeid tõendeid selle kohta, et laevatehas oleks need joonised Soome Mereadministratsioonile esitanud.

Laevainspektori kommentaar üldpaigutuse joonise kohta sisaldas ka märkuse, et lukustusseadmete taga asuv kohalik tugevdus peaks rahuldama järelevaatust teostavat inspektorit. Paistab, et inspektori nõuet järgiti ja inspektsiooni toimikutes on märges, et nõutud kaks vertikaaljääkusribi on visiiri plaadistuse esiküljele keevitatud.

3.1.5 Tekihinged

Visiiri kinnitustalade otsakõrvadesse kinnitatud hingepukside kandevõime oli 350 Tonni iga hinge puhul. Siia tuleb juurde arvata ka keevisõmbluste arvatav panus. Kõige nõrgem lõik oli kõrva vastas ja hõlmas ka nurkkeevitust hingepuksi ümbruses. Visiiri tõstmisel tekkiv normaalkoormus oli umbes 150 Tonni iga hinge kohta. Eelpoolmainitud praod keevisõmblustes asusid kohtades, millele langes esmane koormus visiiri avamisel ja sulgemisel tekkiva tuulekoormuse näol ja eriti juhul, kui käiturite erinevast liikumiskiirusest tingituna ilmnes teatav vääne. Oma asukoha tõttu oli pragudel minimaalne mõju kogu konstruktsiooni eestpoolt tulevate koormuste taluvusele.

Hingekõrvade purunemine leidis aset tõmbel. Purunemispinnad näitavad, et purunemine leidis aset monotsüklilise ülekoormuse tingimustes. Hingede pukside kõrvu ja keevisõmblusi on metallograafiliselt ja tugevuse seisukohast uuritud. Uurimistulemused lisatakse lõpparuandele.

Peetakse võimalikuks, et hingede purunemist põhjustanud jõud tekkisid siis, kui visiiri kinnitustalad hakkasid kokku puutuma ülemise tekiga visiiri põhjakonstruktsioonide kokkusurumise tagajärjel. Seejuures tekkinud kangisüsteem ja visiiri vastu võõrpiigi tekki tagumisel tekkinud inertsijõud olid enam kui piisavad selleks, et hingesid lahti tõmmata.

3.1.6 Käsilukkude panus

Kummalgi küljel asetsevad käsitsi suletavad lukud koosnesid kahest plaatkõrvast ja aaspoldist, mis pöörles kõrvade vahelisse asendisse ja kinnitati. Käsilukkude kandevõimeks on arvatud umbes 70 Tonni kummalgi. Kui käsilukud oleksid olnud suletud, oleksid nad visiiri lukkude üldist kandevõimet teataval määral suurendanud. Fakt, et nende kasutamise kohta ei olnud mingeid instruktsioone, näitab siiski, et neid ei peetud operatiivse lukustussüsteemi osaks.

3.1.7 Visiiri avamise käituriid

Visiiril oli kaks suurejõulist käiturit (hüdrosilindrit) visiiri avamiseks ja sulgemiseks. Need kaks olid ühendatud visiiri kinnitustaladega umbes 1,3 meetri kaugusel hingedest ja monteeritud tugevdatud horisontaalsetele platvormidele laevakere eesmises osas. Käituriid olid hüdrauliliselt ühendatud solenoid-tüüpi juhtklapiga, mis oli kogu aeg suletud, välja arvatud juhtudel, kui visiiri liigutati.

Kui visiir hakkas merejõudude mõjul avanema, langes koormus ülalt ka käituriitele, mis takistasid avanemist. Merejõudude rakenduskeskmest lähtuv kangisüsteem tekitas suure tõmbejõu käituriitele. See jõud tõmbas vasakpoolse käituri laevakerest välja, ilma et see oleks olnud väljalükatud asendis, kuna sellesse suletud vedelik kandis jõu üle seadme madalamale kinnitusele. Vertikaalset jõudu, mis käituriit toetava konstruktsiooni lõikele purunedes laevakerest välja tõmbas, hinnatakse umbes 700 Tonnile, arvestades ka jõu ebasümmeetrilist rakenduspunkti. Käituriit on põhjalikult uuritud ja uurimistulemused lisatakse lõpparuandele.

Parempoolse käituri tihendid purunesid ega lasknud vedelikul koormust üle kanda. Selle käituri varras oli seetõttu väljalükatud asendis ja käitur jäi visiiri liikumise algses faasis laevakere külge. Sellele käituriile algselt, enne tihendite purunemist rakendunud jõudu ei ole võimalik hinnata, kuid ilmselt oli see väiksem kui piirväärtus 700 Tonni.

3.2 Rambil lukustusseadmete tugevuse hindamine

Suletud asendis oli ramp kinnitatud kuue lukustusseadmega - kahe lukustuskonksuga ülemises osas ja kahe lukustusriiviga kummalgi küljel.

Ülemised lukustuskonksud olid suletud asendis, seda kinnitavad videopildid käituritest ja kangide mehhanismist. Siiski pole olnud võimalik kindlaks määrata, kuidas konksud purunesid. Konksu kandevõime ülempiiriks võis olla koormus, mille juures metall konksu ja varva kokkupuutekohas hakkas voolama. See koormus on umbes 20 Tonni. Oletatavasti libises varb konksu tagant ära, kui konksu materjal, sest konksu otsa kõverus oli väike.

Külgmised lukustusriivid ulatusid kinnises asendis karbitaolistesse konstruktsioonidesse, mis olid keevitatud rambi külgtaladele. Keevituste purunemise tagajärjel rebiti need karbid lahti. Ühe karbi lahtirebimiseks vajalikku jõudu hinnatakse umbes 20 Tonnile. Alumine vasakpoolne karp lahti ei rebenenud, kuna oletatavasti ei olnud lukustusriiv selles karbis täielikult kinnitatud. Jääb veel küsimus selle lukustusseadme seisukorrast õnnetuse ajal, kuid õnnetuse üldisele käigule see mõju ei avaldanud.

Kinnitusseadmed purunesid järk-järgult seetõttu, et jõud rakendus esmalt vasakule küljele. Rambi otsale mõjuval jõul, mis tekkis kokkupuutest visiiriga, oli lukustusseadmete suhtes ebasoodne kangisüsteem, mis võimendas lukustusseadmele mõjuvat jõudu. Kontaktjõudu, mis oli vajalik visiiri tekil asuva kaitsekarbi jäikusribide deformeerimiseks, hinnatakse umbes 50 Tonnile.

3.3 Visiiri ja rambi purunemise võimalik kulg

Jõudude jagunemine visiiri kinnituskohadel on staatikaga määramatu. Visiiri ja laevakere kinnituskohade tugevuse lõplik arvutus elementide meetodiga, mis arvestaks kogu konstruktsioonide elastsust, lubaks teoreetiliselt arvutada jõudusid igas kinnituskohas eraldi, kui mõjunud välisjõud oleksid teada. Kuivõrd välisjõudusid ei ole võimalik määrata ja nende suurus ja asukoht varieerusid kiiresti, siis ei ole igale kinnituskohale mõjunud jõudusid eraldi võimalik välja arvutada.

Kõige tõenäolisem sündmuste kulg purunemise käigus on vigastuste iseloomu ja arvutuste põhjal rekonstrueeritud. Joonis 15 illustreerib allkirjeldatud sündmuste kulgu.

Kolm lukustusseadet võisid järele anda ükskõik missuguses järjekorras. Võimalust, et kõik lukustusseadmed andsid järele ühekorraga, peetakse väikeseks, arvestades iga lukustusriivi kontrollimatut mänguvabadust ja konstruktsiooni elastsust.

Pärast põhja- ja külglukude purunemist takistasid visiiri käituriid visiiri edasist avanemisliikumist. Merejõudude suure õla tõttu rakendus käiturile küllaldane jõud, et neid laevakerest välja tõmmata või sisemiselt purustada.

Pärast lukkude ja käiturite purunemist sai visiir oma hingede teljel vabalt pöörelda. Vigastuste puudumine visiiri tekil asuval toel viitab sellele, et visiir ei tõusnud kordagi täiesti avatud asendisse. Tunnistajate ütlused teravate tagumishelide kohta vööripiirkonnas ja vee ülespaiskumise kohta visiiri ja teki vahelt viitavad sellele, et visiir pöörles mõnda aega üles-alla. Selle aja jooksul peksles visiir vastu oma kolme alumist tugipatja, millest peamiseks on visiiri vöörtääv, mis oli kokkupuutes jäävööriga. Vöörtääv eraldus visiirist, kuna löökide toimel keevisõmblused rebenesid. Visiiri jõuline pekslemine põhjustas vöörtäävi eraldumise visiirist märkimisväärse ülespoole suunatud kiirusega, tekitades sealjuures umbes kahe meetri pikkuse terava löögijälje visiiri esiküljele, nagu võib näha fotol 10.

Pärast massiivse vöörtäävi eraldumist visiirist ei olnud enam ühtki tugevat kohta, mis oleks vertikaalsele pekslemisele vastu seisnud, ning visiiri põhjaosa deformeerus ja suruti umbes 0,2 meetri jagu kokku, kui see peksles vastu kahte ülejäänud tugipatja, kaiseplaadistuse väljaulatuvat osa vööriigiteki ümbruses ja kinnitussarvi.

Kuivõrd visiir tänu põhjaosa kokkusurumisele asetses normaalsest madalamal, hakkasid visiiri kinnitustalad käima vastu peatekki, põhjustades hingede suuri üles- ja ettepoole suunatud jõude, mille tagajärjel hinged purunesid. Samal ajal peksis visiir selle liikumise käigus ka vastu esivaheseina alumist osa eest tahapoole, mis suurendas hingedes ettepoole tõmbavat jõudu.

Selles faasis oli visiir ikka veel normaalsele lähedases asendis, sest käiturite kinnituskõrvad olid fikseeritud teki asuvates avastest. Selle faasi jooksul jätkas visiir vertikaalset liikumist, nagu nähtub mitmesugustest vigastustest, näit. vasakpoolne fikseerimissarv rebis visiiri ahtrivaheseina suure augu. Visiiri kinnitustalade põhjaplaadistuse ahtripoolse osa ja tekil asuvate hingede kinnituste vigastustest on samuti ilmne, et visiir peksis tahapoole tugevasti vastu laevakeret. Visiiri tekiplaadistuse ahtripoolne osa peksis samuti vastu laevateki serva, enam-vähem ühtlaselt kogu laiuse ulatuses vasakult paremale.

Hilisemas staadiumis, võib-olla vee kogunemise tõttu visiiri sisemusse ja laeva pikiõõtsumisest tekkinud inertsjõudude tõttu, hakkas visiir kalduma ettepoole niisuguse jõuga, et tõstmiskäiturite kinnituskõrvad hakkasid teki plaadistusse auke rebima. Selle järkjärgulise ettepoole suunatud liikumise käigus puutus visiiritekil asuva kaitsekarbi ahtripoolne sein kokku rambi ülemise otsaga. Kuivõrd merejõud mõjusid vööri vasakult, pöördus visiir teatud määral paremale, põhjustades seega kontakti keskendumise vasakule küljele.

Visiiri jätkuva ettepoole nihkumise jooksul peksleva liikumise käigus jätkasid tõstmiskäituri kinnituskõrvad aukude lõikamist teki plaadistusse, ja tekil asuva kaitsekarbi ahtripoolne sein hakkas tõukama rambi ülemist osa. Seejärel andsid järele rambi lukustusseadmed. Ülemised kinnituskonksud võisid lahti tulla konstruktsioonile rakenduva löökoormuse tagajärjel, mis tekkis vasakpoolse käituri väljatõmbamise tagajärjel või hiljem, kui käitur visiiri üles-alla liikumise mõjul selles piirkonnas siia-sinna hüples. Mõlemad rambi käituri purunesid vardapoolsete otste kinnitustest.

Seejärel ei olnud enam midagi, mis takistanuks rampi tema enese massi mõjul ettepoole kukkumast, ja ramp avanes, toetudes visiiri sisemistele põikvarrastele. Visiiri edasiliikumist takistasid ikka veel läbi teki ulatuvad visiiri käituri kõrvad. Sel ajal tungis vesi rambi külgedelt autotekile, nagu märkas ka vahimehaanik, kuigi ramp oli ikka veel näilliselt ülestõstetud asendis. Selles järgus oli visiir ilmselt veega täitunud.

Visiir jätkas ettepoole liikumist ja käituri kinnituskõrvad, hiljem ka käituri vardad, lõikasid augud teki plaadistusse ja hiljem ka eesmisse vaheseina. Selle liikumise käigus juhtis ramp visiiri ette- ja tahapoolse, kuna ramp toetus visiiri põikvarrastele ja visiiri pikivaheseinte vahele. Vasakult lähtuvad merejõud põhjustasid visiiri ja rambi vasaku külje tugevaid kokkupõrkeid, põhjustades rambi kahe vasakpoolse hinge purunemise.

Veel hilisemas staadiumis võis visiir langeda ettepoole ja pörgata vastu pirnikujulise vööri ülemist serva, mis põhjustas uusi kahjustusi visiiri alaosal. Selles staadiumis juhtis nüüd juba peaaegu täiesti avatud ramp ja parempoolne käitur ikka veel visiiri liikumist. Kui käitur lõpuks laevakerest lahti tõmmatud oli, kukkus visiir ettepoole. Kui lained vastu visiiritekki löid, pörkus visiir tagasi, vastu laeva pirnikujulist vööri ja libises pärast seda allapoole, põhjustades ulatuslikke deformatsioone ja mitmesuguseid kriimustusi visiiri vööriosa plaadistusele.

Selles staadiumis oli ramp täiesti avatud. Rambi alumise osa vigastustest nähtub, et see pörkus vastu vööripiigitekki.

3.4 Purunemise käigus mõjunud jõud

3.4.1 Üldised tähelepanekud

Algselt visiirile mõjunud jõud tekitasid visiiri hingede telje suhtes visiiri avamismomendi. See oli võimalik juhul, kui visiiri ülemisele osale rakendusid merejõud, s.o. kui suurem osa visiirist oli laine sees. Vastavaid merejõudusid ja

lainetuse tingimusi on põhjalikult uuritud ja simuleeritud. Seda on kirjeldatud lõpparuande lisas.

Vigastustest ilmneb, et merekoormused tulid eelkõige eest ja vöörast vasakult, põhjustades purunemise kulgemise - visiir avanes ja pöörles hingede telje ümber. Alternatiivne purunemisviis võis olla niisugune, et visiiri kinnitused said viga suurest külgsuurest, mis murdis visiiri laevakere küljest lahti. Siiski peetakse seda varianti vähem tõenäoliseks.

Ei ole võimalik absoluutse täpsusega kindlaks määrata, missugune mere poolt tekitatud jõud oli vajalik visiiri lahtimurdmiseks. Kõigi kolme lukustusseadme purunemiskoormus oli 100 Tonni iga konkreetse luku kohta, kui visiir pöörles hingedel.

Vertikaalset jõudu, mis oli vajalik, rebimaks vasakpoolset tõstmiskäiturit laevakerest välja, hinnatakse umbes 700 Tonnile. Siiski pidi jõul olema hingede telje suhtes väike momendiõlg. Parempoolse käituri tihendite purustamiseks vajalik jõud võis olla kuni 700 Tonni.

Lukustusseadmete purustamiseks vajalike jõudude ülempiir vastab hingede telje juures vastavalt momentidele 900, 450 ja 450 Tonn-meetrit, mis tekkis ajaliselt ühekorraga, ükshaaval või osaliselt kattudes. Käitureid purustav moment oli maksimaalselt 900 Tonn-meetrit kummalgi küljel, ja võis tekkida mõlema puhul samaaegselt. Parempoolse käituri purunemiseks vajalik moment võis siiski olla märgatavalt väiksem tihendite purunemise tõttu. Käituri väljatõmbamiseks vajalikud jõud tekkisid aga alles siis, kui alumised lukud olid purunenud, kuna hingede sõrmede ja kinnituslukkude riivide lõtkud ja kokkusurutud vedelik põhjustasid ilmselt teatud viivituse.

Maksimaalne avanemismoment, mis põhjustanuks lukustusseadmete samaaegse purunemise, oleks seega umbes 1800 Tonn-meetrit. Kuid arvestades konstruktsiooni elastsust ja lukustusriivide lõtku, võis purunemine siiski olla pigem järkjärguline ja tegelik purunemismoment seega tunduvalt väiksem. Käituri järkjärguliseks purunemiseks vajalik maksimaalne moment oli sama suur kui lukkude puhul.

3.4.2 Võrdlus projekteerimisnõuetega

Algses projekteerimistöös kasutatud projektkoormused arvestasid 536-tonnise vertikaalse koormusega, mille mõjuraadius oli 5,05 meetrit, miinus visiiri mass - 55 tonni - , mis mõjus 4,9 meetri raadiuses ja horisontaalkoormus - 381 tonni - , mille õlg oli 2,86 meetrit hingede teljest allpool. Koos moodustavad need jõud

visiiri avamismomendi 1350 Tonn-meetrit. Ülal kirjeldatud visiiri purunemiskoormus ei olnud seega märkimisväärselt suurem kui visiiri projektkoormus.

Aastate jooksul on visiiri lukkude purunemist ette tulnud ka mitmetel teistel parvlaevadel. Üks näide on peaaegu-sõsarlaev DIANA II, mille lukustusseadmed osaliselt purunesid reisil Läänemere lõunaosas rasketes ilmastikutingimustes jaanuaris 1993. Lõpparuandes käsitletakse ka mitmeid teisi aset leidnud tõsiseid juhtumeid, samuti ka efektiivsete meetmete puudumist nende juhtumite kogemustest õppimiseks.

Komisjon on märkinud, et projektkoormusele esitatavad nõuded on järk-järgult suurenenud, ning eeldades, et IACS on 1982. aastast tunduvalt tõhustanud projektkoormusele ja selle arvutamise metodoloogiale esitatavate nõuete rangust.

3.4.3 Kriitiliste jõudude tekkimiseks eeldatavad meretingimused ja kiirus

Alumiste lukkude ja seejärel hüdrauliliste käiturite purustamiseks vajalik merejõud võis tekkida laeva kiiruse ja merel valitsevate tingimuste koosmõjul. On läbi viidud põhjalik koormuste simuleerimine mitmesuguste meretingimuste ja laeva kiiruste juures, mida üksikasjaliselt käsitletakse lõpparuandes. Meretingimuste aluseks on võetud katastroofi ajal valitsenud statistiliselt tõenäolised tuuletingimused. Kavatakse hinnata ka merepõhja topograafia võimalikku mõju lainete moodustumisel.

Kokkuvõttes oli projektkoormusega samasse suurusjärku kuuluv hüdrodünaamiline koormus vägagi tõenäoliselt küllaldane, purustamaks visiiri lukustusseadmeid. Niiisugused, või isegi suuremad merekoormused võisid tekkida valitsenud tingimustes, kus laeva kiirus oli 14 - 15 sõlme ja vastulaine vöörile vasakult oletatava kõrgusega umbes 4,2 - 4,5 meetrit, laineperioodiga 8 - 9 sekundit.

3.5 Rammvaheseina ja vöörirambi asukoht

3.5.1 Reguleerivad nõuded

ESTONIA rambi konstruktsioon ja õigesti paigaldatud rammvaheseina ülemise pikenduse puudumine olid iseloomulikud paljudele 1960-ndatest kuni varaste 80-ndateni ehitatud parvlaevadele. See konstruktsioon ei vastanud nõuetele, mille kehtestas juba SOLAS 1948. Ei ole veel selgunud, kas aastate jooksul kujunenud

praktika aluseks oli rambi käsitlemine rammvaheseinana või rammvaheseina ülemise pikenduse nõude täielik ignoreerimine.

Kaasaegsete nõuete järgimine, mis puudutasid pakitekini ulatuva rammvaheseina ülemise pikenduse olemasolu oleks tunduvalt suurendanud laeva võimalusi visiiri kaotusele vaatamata pinnale jääda.

3.5.2 Projektiga seonduvast

Projektkonstruksioon, mis nägi ette rambi ülemist otsa mahutava karbi visiiritekil, oli samuti sel ajal ehitatud ro-ro parvlaevade puhul tavaline lahendus. Kuigi see konstruksioon ei kujuta endast mingit reeglite rikkumist, olid sel siiski saatuslikud tagajärjed, kui ESTONIA visiir eraldus laevakerest.

4 Järeldused

Uurimistulemusi silmas pidades ja asjakohast tehnilist informatsiooni uurides on komisjon tulnud järeldustele, et õnnetuse toimumisele aitasid kaasa mitmed projekti iseärasused ja tingimused. Muid sellelaadseid faktoreid vaadeldakse lõpparuandes. Kokkuvõttes on Komisjon oma töö praeguses järgus järeldanud, et

- Laev kaadus ümber, kuna suur hulk vett tungis autotekile, püstuvus kadus ja seejärel tungis vesi ka kajutitekkidele. Läbi kogu laeva laiuse ulatuv autotekk aitas sündmuste niisugusele arengule kaasa.
- Ilmastikutingimused õnnetuse ajal olid rasked. Niisuguseid meretingimusi on ette tulnud vaid ühel või kahel korral selle aja jooksul, mil laev on teinud reise Tallinnast Stokholmi.
- Vöörivisiiri lukustusseadmed purunesid antud kiiruse, laeva kursi ja rasketes ilmas-tikutingimustes visiirile rakendunud hüdrodünaamiliste koormuste tõttu.
- Visiiri lukustusseadmed olid valmistatud väiksema tugevusega, kui vastavad arvutused ette nägid. Arvatakse, et see erinevus sai võimalikuks seetõttu, et seadmete teatud osade kohta puudusid piisavalt üksikasjalised valmistamis- ja monteerimisinstruktsioonid.
- Pärast lukustusseadmete purunemist peksles visiir enne laevakerest eraldumist raskelt vastu täävikonstruksiooni. Seda tagumist panid selgesti tähele nii reisijad kui ka laevapere liikmed.
- Vöörivisiiri purunemine põhjustas rambi avanemise rambi ja visiiri vahelise mehaanilise seotuse tõttu, mis tulenes projektist. Sellel projekti lahendusel olid õnnetuse käigule saatuslikud tagajärjed.
- Laeva ehitamise ajal kehtinud klassifikatsiooniühingu projektnõuded vööriluukidele polnud nii üksikasjalikud ja ranged kui hilisemad.
- Laeval ei olnud SOLAS nõuetele vastavat rammvaheseina ülemist pikendust. Vastavalt ehituse spetsifikatsioonile ei nõudnud riiklik administratsioon

niisuguse pikenduse olemasolu. Ramp ei vastanud niisuguse rammvaheseina pikenduse nõuetele.

- ESTONIA ehitamise ajal olid laevaehitajate üldised teadmised hüdrodünaamiliste koormuste mõjust suurte laevade konstruktsioonidele piiratud ja täielikud teadmised sellega seotud probleemide kohta ei olnud kättesaadavad ühelegi laeva ehitamisega seotud instantsile - administratsioonile, laevatehasele, laeva käitajatele või kaptenitele.

5 Soovitused

Olles tutvunud kõigi õnnetuse tehnilisi asjaolusid puudutavate faktidega, soovitab Komisjon kõikidel asjaga seotud riikidel

1. Nõuda olemasolevate parvlaevade täiustamist, et need vastaksid ohutuse osas rahvusvahelistele nõuetele;
2. Nõuda, et parvlaevade võõrikonstruksioonid projekteeritaks nii, et ühe piirdekomponendi, näiteks visiiri, purunemine ei tooks kaasa laeva ohutusele saatuslikke tagajärgi, ja
3. Nõuda, et lühima võimaliku aja jooksul ro-ro parvlaevadel viidaks sisse niisugused täiustused, et suurte tekialade üleujutamine ei kujutaks endast ohtu laeva püstuvusele.

JOONISED

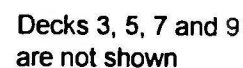
- 1 ML ESTONIA üldplaan
- 2 Vöörivisiiri ja -rambi paigutus
- 3 Vöörivisiiri üldvaade ja konstruktsioon
- 4 Põhjalukustusseade
- 5 Visiiri põhjalukustuse kõrv
- 6 Vasak- ja parempoolne külglukustusseade
- 7 Visiiri külglukustusseadme kõrv
- 8 Vasak- ja parempoolne käsitsi suletav külglukustusseade
- 9 Tekihingede ja tekitalade paigutus

Vöörivisiiri mitmesugused kahjustused

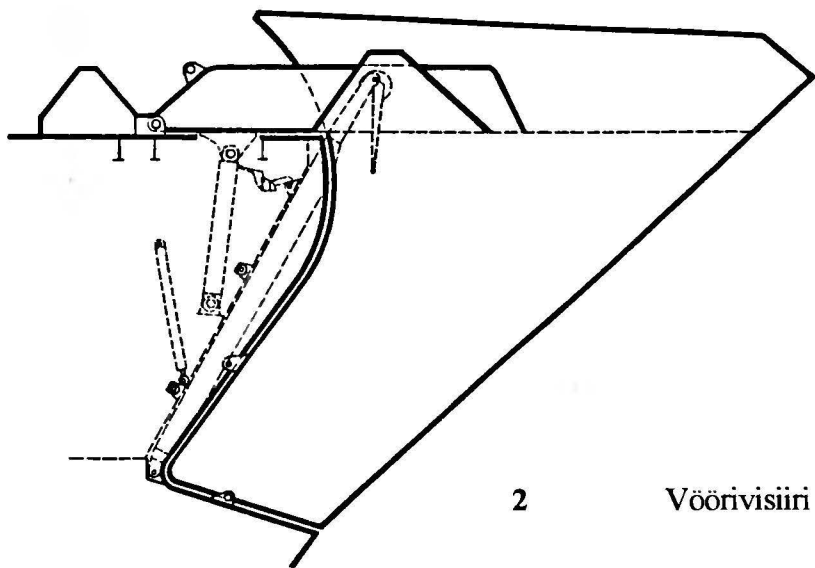
- 10.1 Ülestõstetud ja kaldale toodud vöörivisiir
- 10.2 Visiiri parempoolne käitur
- 10.3 Hinge ja käituri kinnituskõrva piirkonna kahjustused (paremal pool)
- 10.4 Visiiri põhjastruktuuri kahjustused
- 10.5 Visiiri põhjaluku kõrv
- 10.6 Visiiri tekil asuva karbi tagumise seina kahjustused
- 10.7 Külglukustuse kõrva eraldumisest põhjustatud kahjustused
- 10.8 Visiiri purunenud hing
- 10.9 Visiiri esikülje vigastused, milles nähtub ka vöörtäavi eraldumine

Vraki vööri- ja rambipiirkonna mitmesugused kahjustused

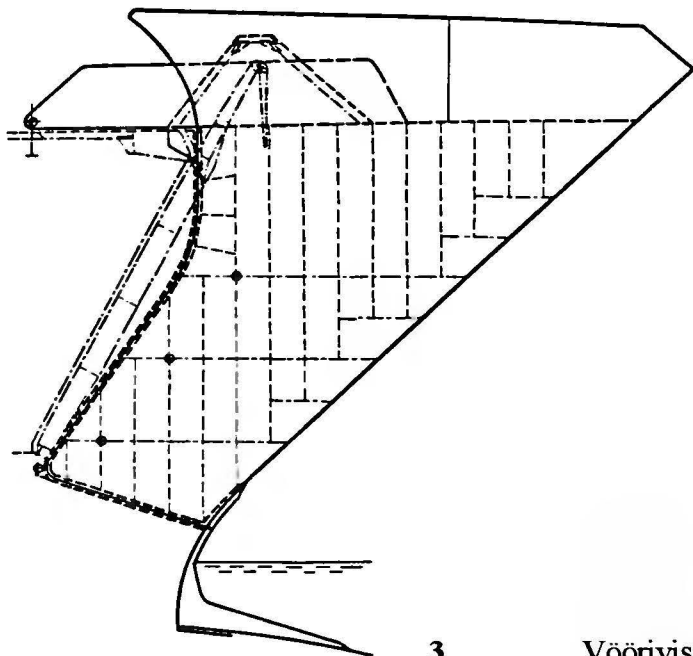
- 11.1 Põhjaluku purunenud kinnituskõrvad
- 11.2 Külglugu kõrva põhjaosa
- 11.3 Tekihingede kinnitus
- 11.4 Käituri kinnituskõrvade löökidest põhjustatud üldkahjustused tekil
- 11.5 Visiiri liikumise ajal käituri poolt eesmisele vaheseinale põhjustatud kahjustused
- 11.6 Rambi lukustuskonksud suletud asendis
- 12 Põhjalukustusseadme polt ja purunenud kõrvad
- 13 Põhjalukustusseadme purunenud kõrva detailid
- 14 Vöörivisiiri eraldumise võimalikud etapid



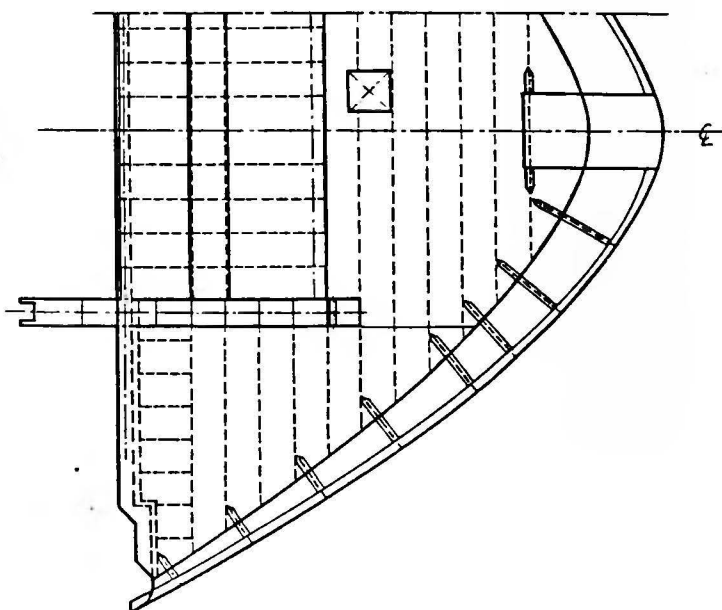
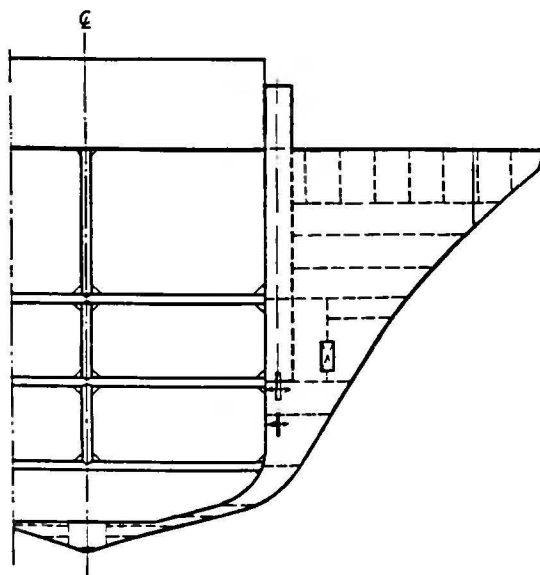
Name 1 100 20 0 00 0		Jos. L. Meyer Papenburg (Lms) Kaufmann Maschinenbau, Papenburg	
GENERAL ARRANGEMENT			
1.00 1.00	1.00 1.00	1.00 1.00	1.00 1.00

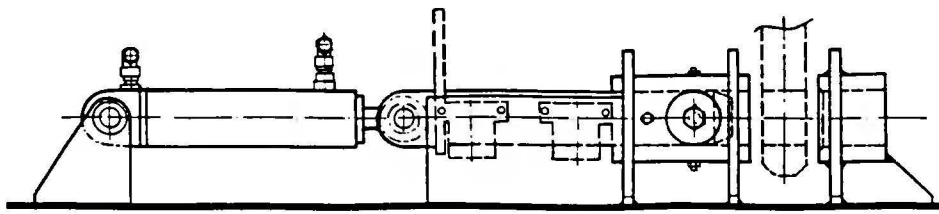


2 Vöörivisiiri ja -rambi paigutus

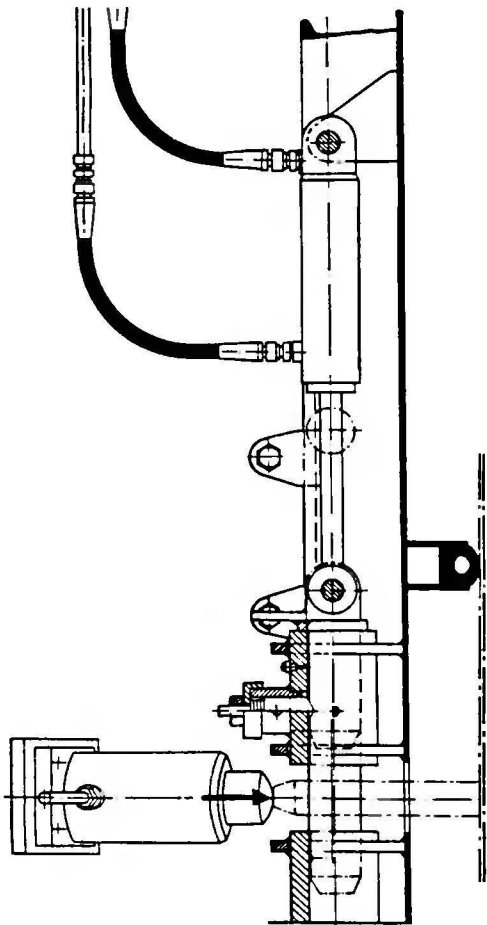
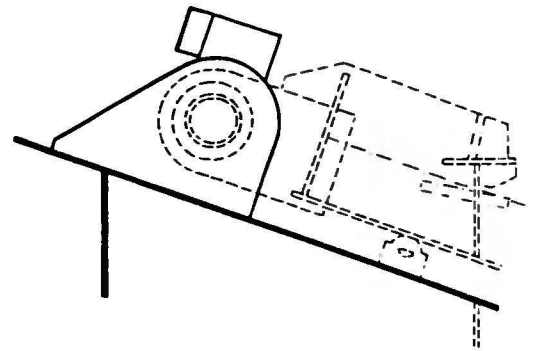


3 Vöörivisiiri üldvaade ja konstruktsioon

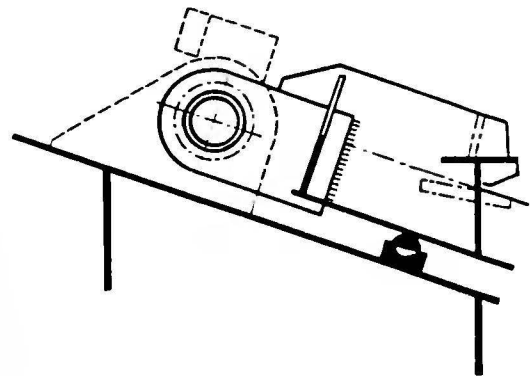




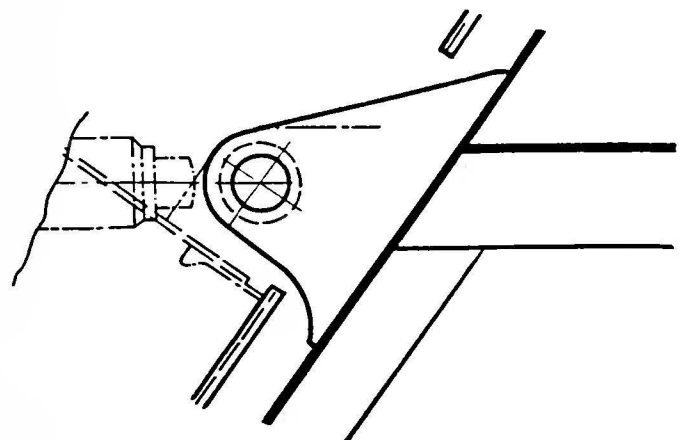
4 Põhjalukustusseade



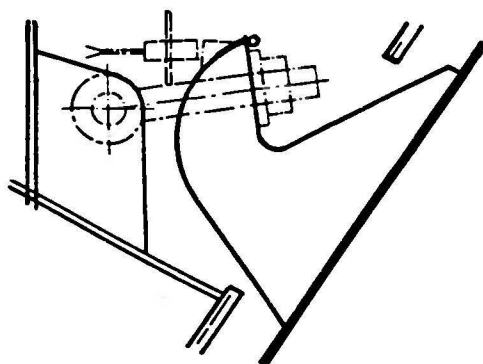
6 Vasak- ja parempoolne külglukustusseade



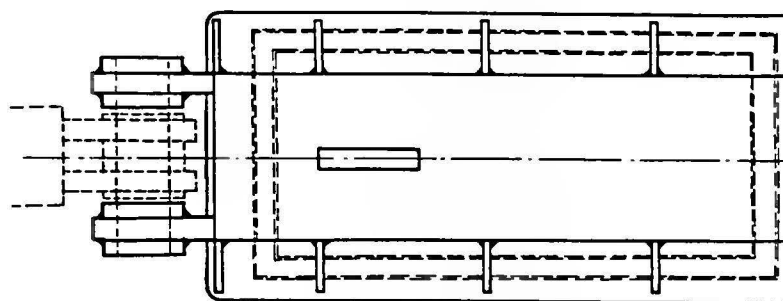
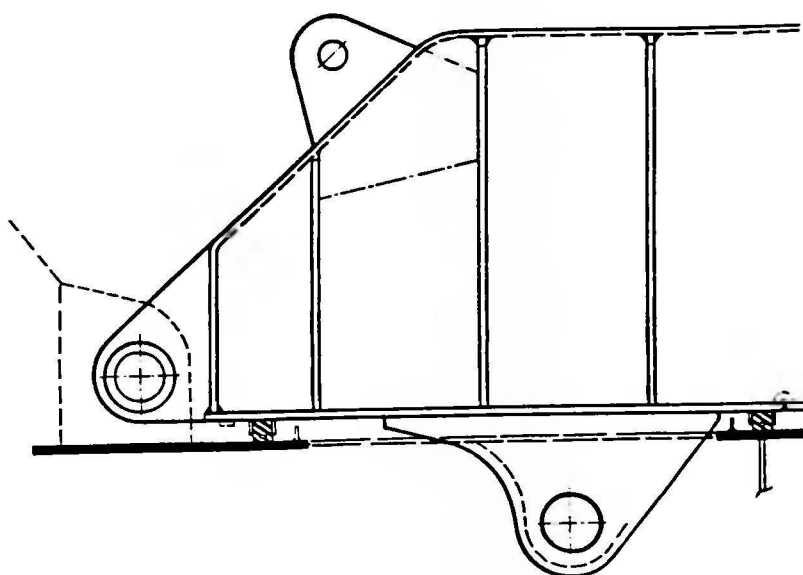
5 Visiiri põhjalukustuse kõrv



7 Visiiri külglukustusseadme kõrv



8 Vasak- ja parempoolne käsitsi suletav külglukustusseade



9 Tekihingede ja tekitalade paigutus

*Vöörivisiiri
mitmesugused
kahjustused*

10.1
Ülestõstetud
ja kaldale too-
dud vöörivisiir



10.2
Visiiri
parempoolne
käitur



10.3
Hinge ja
käituri
kinnituskõrva
piirkonna
kahjustused
(paremal pool)

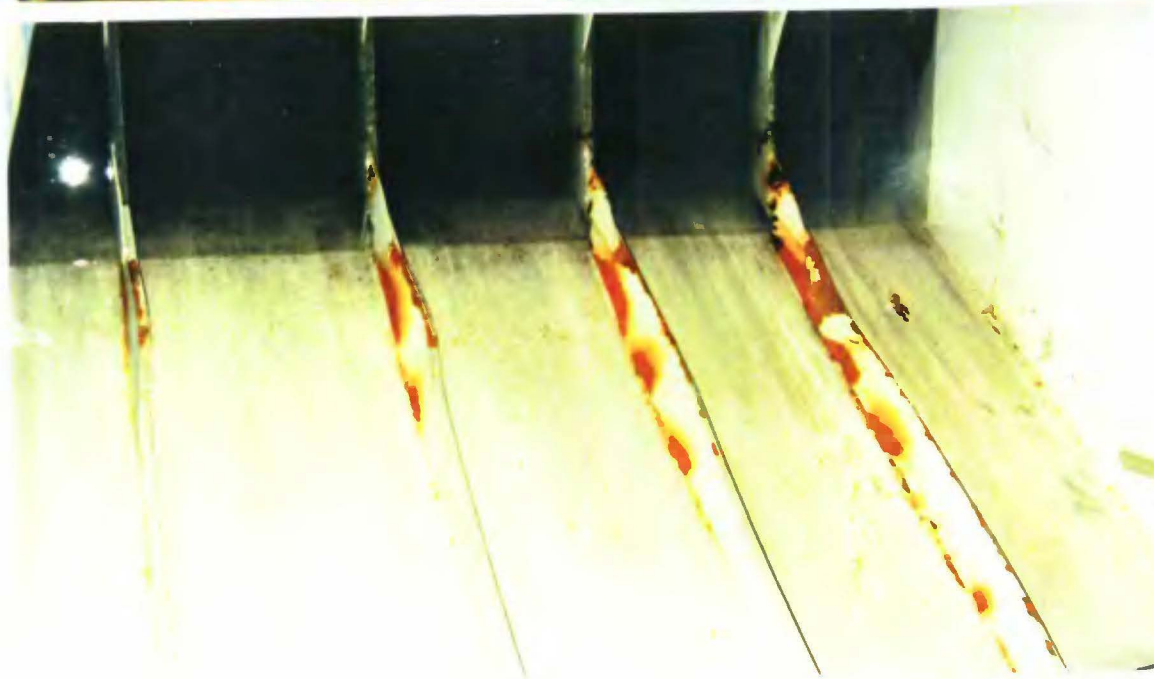




10.4
Visiiri põh-
jastruktuuri
kahjustused



10.5
Visiiri põh-
jaluku kõrv



10.6
Visiiri tekil
asuva karbi
tagumise
seina kahjustused



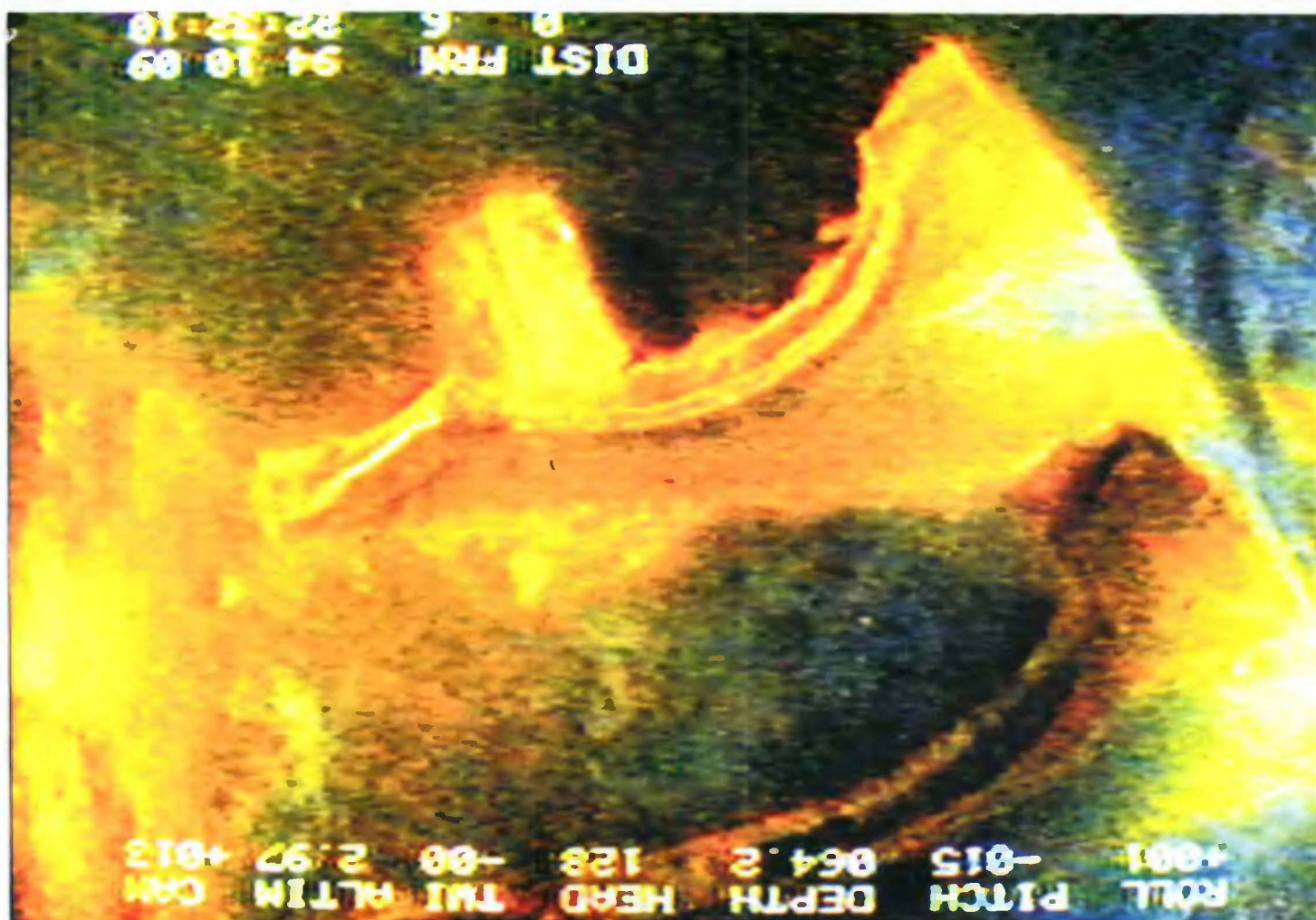
10.7 Külglukustuse kõrva eraldumisest põhjustatud kahjustused



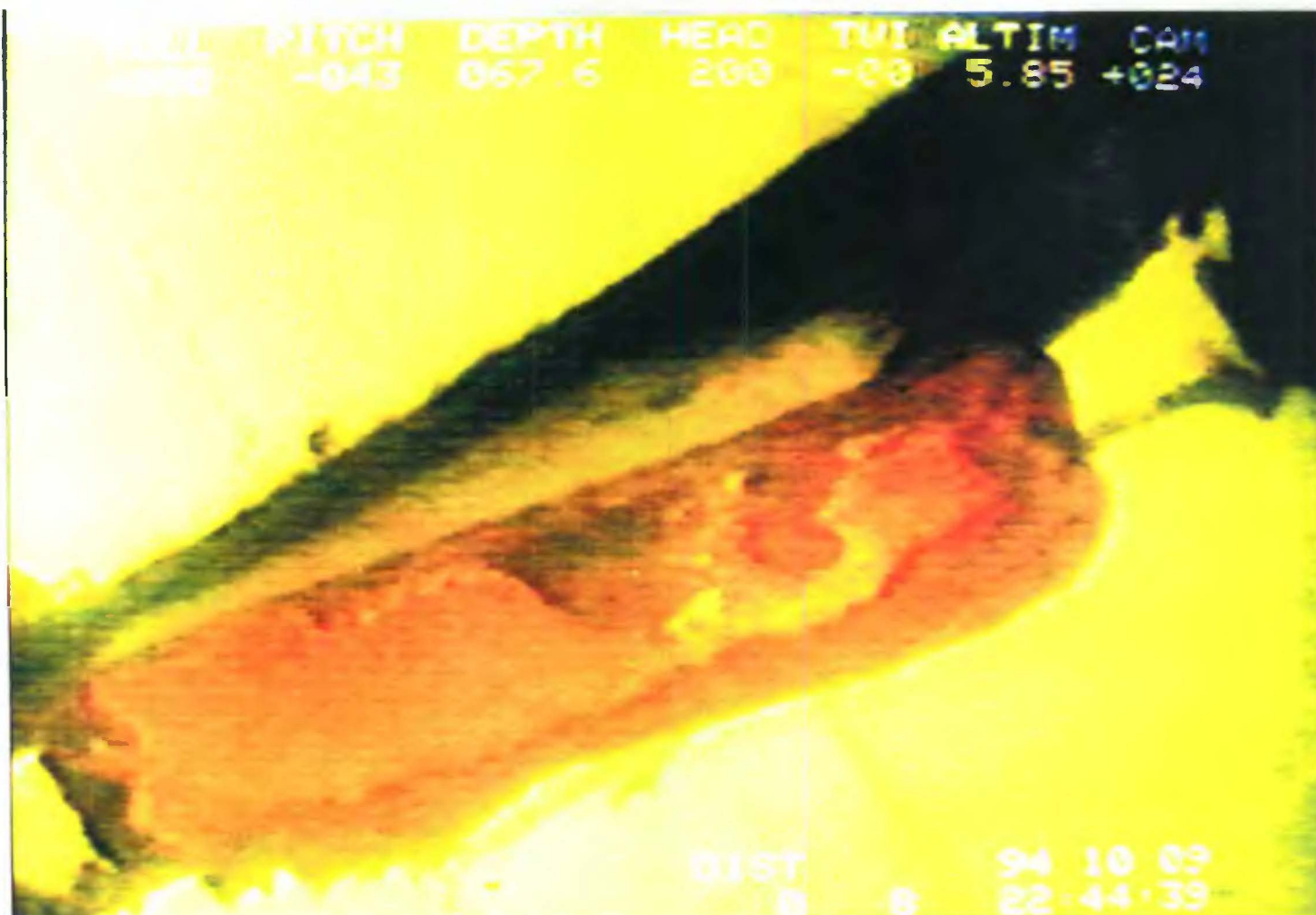
10.8 Visiiri purunenud hing



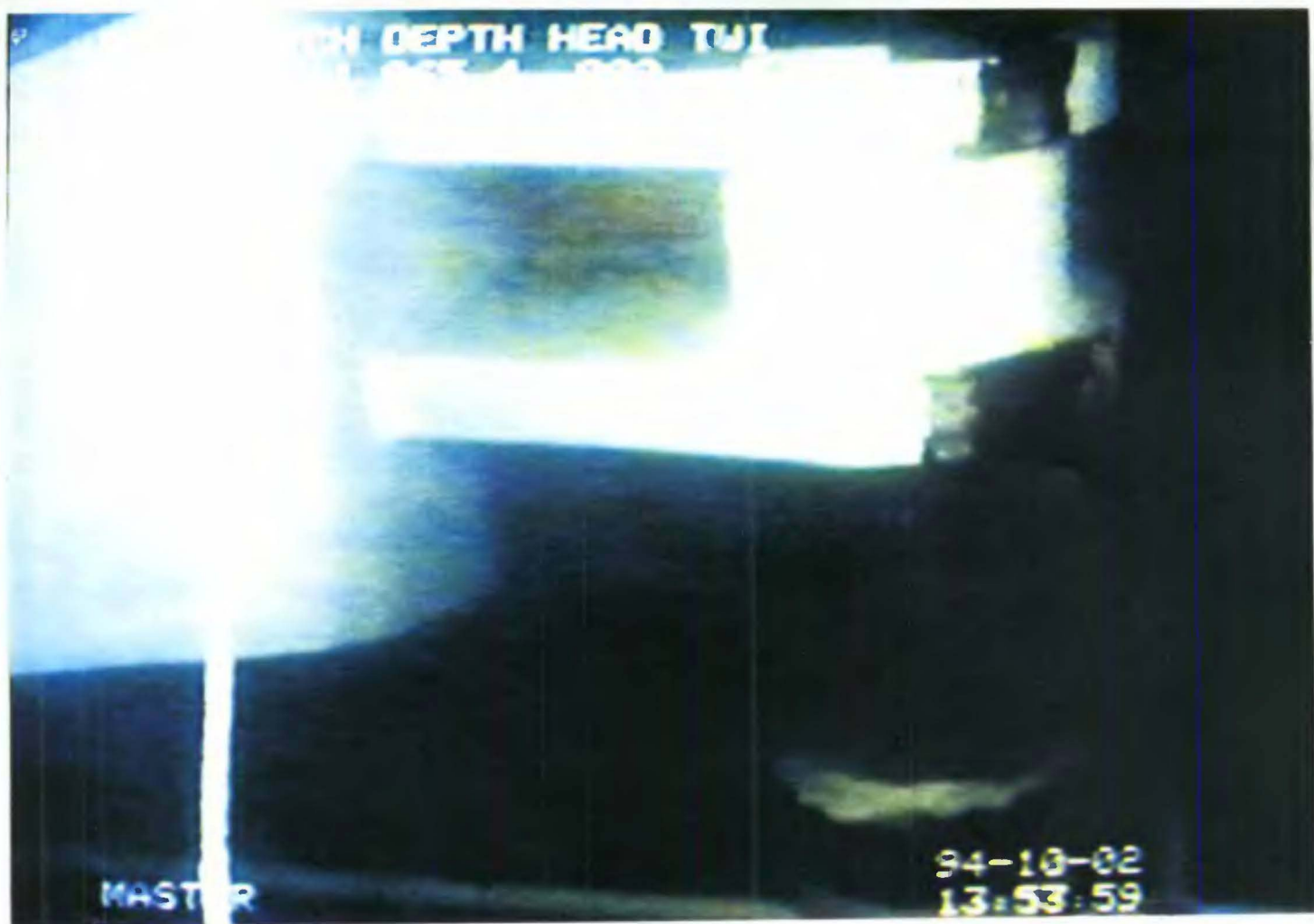
10.9 Visiiri esikülje vigastused, milles nähtub ka vöörtäävi eraldumine



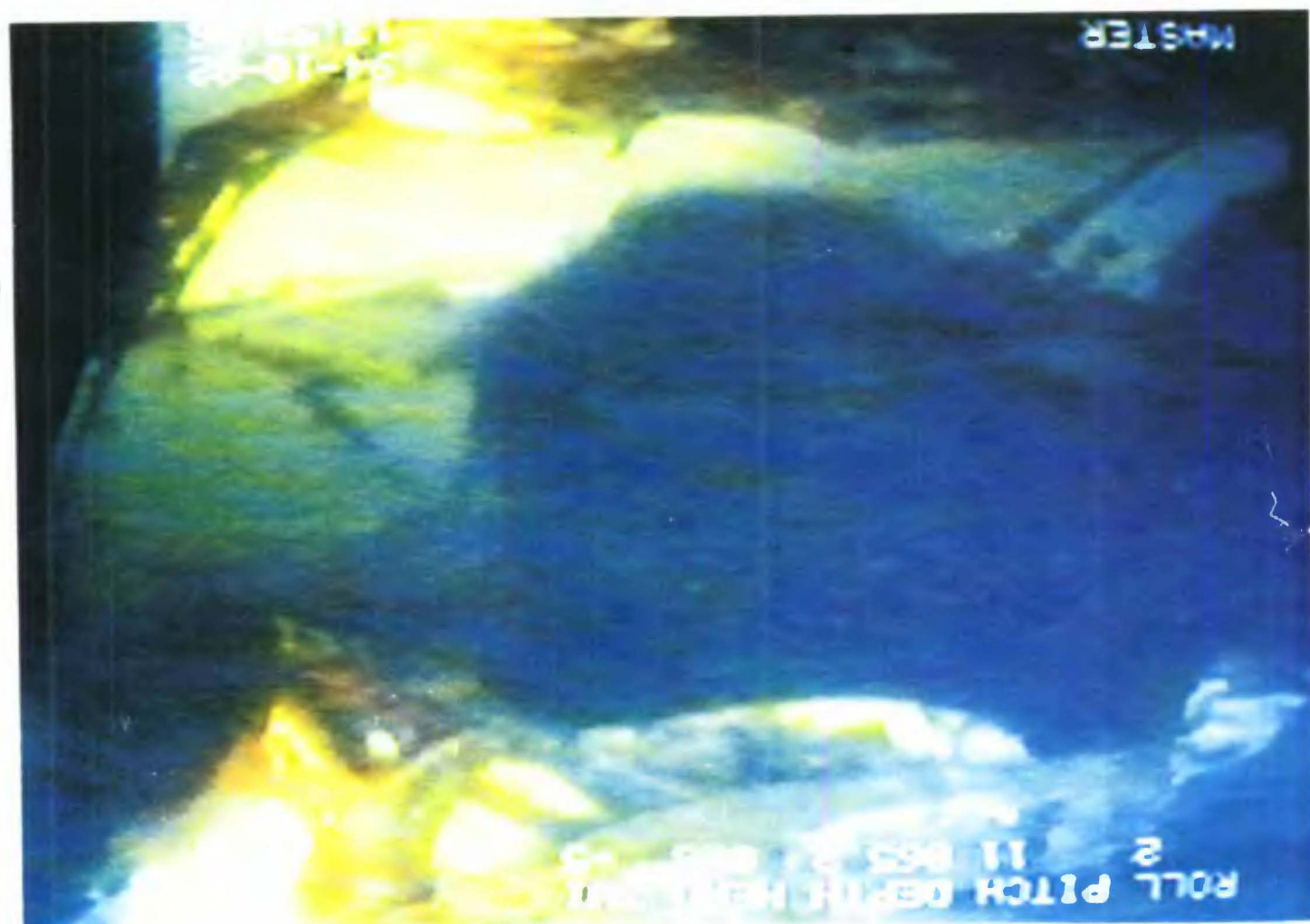
11.1 Põhjaluku purunenud kinnituskõrvad



11.2 Külglugu kõrva põhjaosa



11.3 Tekihingede kinnitus



11.4 Käituri kinnituskõrvade löökidest põhjustatud üldkahjustused tekil



11.5 Visiiri liikumise ajal käituri poolt eesmisele vaheseinale põhjustatud kahjustused



11.6 Rambi lukustuskonksud suletud asendis



12 Põhjalukustusseadme polt ja purunenud kõrvad



13 Põhjalukustusseadme purunenud kõrva detailid

