

## *Slutrapport RS 2021:02*

PILOT 740-SE – Tillbud till mycket allvarlig  
sjöolycka med en lotsbåt vid Brofjorden,  
Västra Götalands län, den 21 januari 2020

Diariennr S-42/20

2021-03-02

SHK utreder olyckor och tillbud från säkerhetssynpunkt. Syftet med utredningarna är att liknande händelser ska undvikas i framtiden. SHK:s utredningar syftar däremot inte till att fördela skuld eller ansvar, vare sig straffrättsligt, civilrättsligt eller förvaltningsrättsligt.

Rapporten finns även på SHK:s webbplats: [www.havkom.se](http://www.havkom.se)

ISSN 1400-5735

Illustrationer i SHK:s rapporter skyddas av upphovsrätt. I den mån inte annat anges är SHK upphovsrättsinnehavare.

Med undantag för SHK:s logotyp, samt figurer, bilder eller kartor till vilka någon annan än SHK äger upphovsrätten, tillhandahålls rapporten under licensen Creative Commons Erkännande 2.5 Sverige. Det innebär att den får kopieras, spridas och bearbetas under förutsättning att det anges att SHK är upphovsrättsinnehavare. Det kan t.ex. ske genom att vid användning av materialet ange ”Källa: Statens haverikommission”.



I den mån det i anslutning till figurer, bilder, kartor eller annat material i rapporten anges att någon annan är upphovsrättsinnehavare, krävs dennes tillstånd för återanvändning av materialet.

Omslagets bild tre – Foto: Anders Sjödén/Försvarmakten.

## Innehåll

Allmänna utgångspunkter och avgränsningar .....	4
Utredningen.....	4
SAMMANFATTNING .....	6
SUMMARY IN ENGLISH .....	7
1. FAKTAREDOVISNING .....	8
1.1 Redogörelse för händelseförloppet .....	8
1.2 Personskador .....	9
1.3 Skador på fartyget .....	9
1.4 Platsen för händelsen .....	9
1.5 Kurs och fart vid tillbudet .....	11
1.6 Fartyget .....	13
1.6.1 Beskrivning av utrustning och system i relevanta delar .....	14
1.6.2 Besättningen .....	15
1.7 Meteorologisk information .....	15
1.7.1 Vågbojen vid Brofjorden .....	15
1.8 Tillsyn .....	16
1.9 Myndighetens organisation och ledning .....	16
1.9.1 Utbildning .....	18
1.9.2 Avvikelse rapportering .....	19
1.9.3 Operationella begränsningar .....	19
1.10 Intervjuer .....	20
1.11 Stabilitetsutredning PILOT 740-SE .....	20
1.11.1 Förutsättningar .....	20
1.11.2 Andra generationens stabilitetskriterier enligt IMO .....	20
1.11.3 Stabilitetsförlust i följande sjö .....	21
1.11.4 Okontrollerad vågsurfing - broaching .....	21
1.12 Dödsolyckan med lotsbåt L-242 i Finland .....	22
1.13 Självvrätande lotsbåtar .....	22
2. VIDTAGNA ÅTGÄRDER .....	23
3. ANALYS .....	25
3.1 Grundläggande aspekter på händelseförloppet .....	25
3.2 De operativa förutsättningarna .....	25
3.3 Anställning som vikarie .....	26
3.4 Utbildning .....	26
3.5 Avvikelse rapportering .....	26
3.6 Analys av stabiliteten .....	26
3.7 Självvrätande båtar .....	27
4. UTLÅTANDE .....	28
4.1 Utredningsresultat .....	28
4.2 Orsaken till tillbudet .....	28
5. SÄKERHETSREKOMMENDATIONER .....	29
Bilagor – Stabilitetsutredning PILOT 740-SE .....	30

## Allmänna utgångspunkter och avgränsningar

Statens haverikommission (SHK) är en statlig myndighet som har till uppgift att utreda olyckor och tillbud till olyckor i syfte att förbättra säkerheten. SHK:s utredningar syftar till att så långt som möjligt klarlägga såväl händelseförlopp och orsak till händelsen som skador och effekter i övrigt. En utredning ska ge underlag för beslut som har som mål att förebygga att en liknande händelse inträffar i framtiden eller att begränsa effekten av en sådan händelse. Samtidigt ska utredningen ge underlag för en bedömning av de insatser som samhällets räddningstjänst har gjort i samband med händelsen och, om det finns skäl för det, för förbättringar av räddningstjänsten.

SHK:s utredningar syftar till att ge svar på tre frågor: *Vad hände? Varför hände det? Hur undviks att en liknande händelse inträffar?*

SHK har inga tillsynsuppgifter och har heller inte någon uppgift när det gäller att fördela skuld eller ansvar eller rörande frågor om skadestånd. Det medför att ansvars- och skuldfrågorna varken undersöks eller beskrivs i samband med en utredning. Frågor om skuld, ansvar och skadestånd handläggs inom rättsväsendet eller av t.ex. försäkringsbolag.

I SHK:s uppdrag ingår inte heller att vid sidan av den del av utredningen som behandlar räddningsinsatsen undersöka hur personer förda till sjukhus blivit behandlade där. Inte heller utreds samhällets aktiviteter i form av socialt omhändertagande eller krishantering efter händelsen.

## Utredningen

SHK underrättades, den 20 februari 2020, om att ett tillbud till en mycket allvarlig sjöolycka med lotsbåten PILOT 740-SE med anropssignal SEFG inträffat den 21 januari klockan 06.53.

Tillbudet har utretts av SHK som företrätts av Helene Arango Magnusson, utredningsordförande fram till och med den 30 oktober 2020, Jonas Bäckstrand, utredningsordförande från och med den 31 oktober 2020, Daniel Söderman, utredningsledare, Henrik Rydert, operativ utredare fram till och med den 25 augusti 2020, Björn Ramstedt, operativ utredare från och med den 26 augusti 2020. Haverikommissionen har biträtts av Daniel Zachrisson, Saltech Consultant AB, som stabilitetsexpert.

Som koordinator för Sjöfartsverket har Ulf Holmgren deltagit och för Transportstyrelsen Linda Eliasson.

### *Utredningsmaterialet*

Intervjuer har genomförts med besättningen, den medföljande lotsen och andra relevanta anställda inom Sjöfartsverket, Svenska sjöräddningssällskapet och OY Finnipilot Pilotage AB

Ett haverisammanträde hölls den 19 november 2020. Vid mötet presenterade haverikommissionen det faktaunderlag som förelåg vid den tidpunkten.

## Slutrapport RS 2021:02

---

### Fartygets data

Flaggstat/fartygsregister	Sverige
Identitet	
IMO-nummer/anropssignal	SEFG
Fartygsdata	
Typ av fartyg	Lotsbåt
Nybyggnadsvarv/år	Hasse Wester Mek. Verkstad/1996
Registertonnage, brutto	43
Längd, över allt	16,72 m
Bredd	5,07 m
Djupgående, max.	1,0 m
Deplacement	29 ton
Huvudmaskin, effekt	2 stycken Volvo Penta D16 à 750 hk
Framdrivningsarrangemang	
Sidopropeller	Ja, hydrauliskt driven
Roderarrangemang	2 stycken spadroder
Servicefart	25 knop, max 28 knop
Ägarförhållanden och ledning	Sjöfartsverket
Klassningssällskap	RINA

### Uppgifter om resan

Antal passagerare	1 lots
Bemanning	2 båtmän

### Uppgifter om tillbudet

Typ av tillbud	
Datum och klockslag	2020-01-21, kl. 06:53
Position och plats för tillbudet	N 58° 17,3' E 011° 17,4'
Väder	Västlig kuling 14–16 m/s. Lufttemperatur ca 5–6° C.
Övriga omständigheter	
Konsekvenser	
Personskador	Inga
Miljö	Inga
Fartyg	Begränsade skador

## SAMMANFATTNING

Tidigt på morgonen, den 20 januari 2020, hade besättningen på lotsbåten PILOT 740-SE hämtat en lots från ett fartyg vid Brofjordens angöring och var på väg tillbaka till Lysekils lotsstation. Det var mörkt och relativt hårt väder. De hade sjön in från aktern och körde fortare än vågorna. Klockan 06.53 åkte de över en oväntat stor våg och när lotsbåten kommit över vågkammen slog den ned i vågdalen framför, varpå farten minskade till nästan noll. Vågen man nyss kört över kom ikapp lotsbåten varpå den lyftes och vreds nittio grader åt babord. Båten fick då samtidigt en mycket kraftig slagsida. När lotsbåten rätat upp sig något gav föraren mer gas och styrbordsroder för att komma ur situationen och kunde därefter fortsätta färden tillbaka mot lotsstationen utan problem. Besättningen skadade sig inte vid tillfället och endast smärre, snabbt åtgärdade skador uppstod på lotsbåten.

Utredningen har tittat på bland annat sjöfartsverkets organisation och ledning, deras avvikelserapporteringssystem och utbildningen för båtmän. Flera intervjuer med berörda människor inom myndigheten har genomförts.

Haverikommissionen har även låtit göra en stabilitetsutredning för den aktuella lotsbåten där man tittat på bland annat den andra generationens stabilitetskriterier enligt IMO, stabilitetsförlust i följande sjö och okontrollerad vågsurfnings. Lotsbåten överträffar de stabilitetskrav som ställs för den här typen av fartyg. Hela stabilitetsutredningen finns bifogad i slutrapporten.

Orsaken till tillbudet var en kombination av att man höll relativt hög hastighet och gjorde en missbedömning av storleken på den framförvarande våg som man körde ikapp. Att föraren missbedömde storleken på vågen kan antas bero på att det vid tillfället var mörker och att samma förare kört i hårt väder i flera timmar och därmed kan ha haft en något lägre uppmärksamhetsgrad.

## Säkerhetsrekommendationer

Haverikommissionen konstaterar att båtmansutbildningen är omfattande och att den aktuella lotsbåten av personalen uppfattas som väl anpassad för sin uppgift. Efter tillbudet har vissa modifieringar genomförts på båten. Vidare är ett nytt underhållssystem med funktioner för rapportering av avvikelser under införande. Mot denna bakgrund anser haverikommissionen inte att det finns skäl att utfärda några säkerhetsrekommendationer.

## SUMMARY IN ENGLISH

Early in the morning of 20 January 2020 the crew of the pilot boat PILOT 740-SE had picked up a pilot from a ship at the Brofjorden approach and was on their way back to Lysekil's pilot station. It was dark and relatively harsh weather. They had the sea coming in from the stern and they drove faster than the waves. At 06:53 they went over an unexpectedly large wave and when the pilot boat came over the ridge, it plunged into the wave in front, whereupon the speed decreased to almost zero. The wave they had just driven over caught up with the pilot boat, whereupon it was lifted and turned ninety degrees to port. At the same time, the boat got a severe list to starboard. The driver of the boat increased the throttle and steered back to the original course and was able to continue the journey back to the pilot station without any problems. The crew was not injured at the time and only minor, quickly repaired damages occurred to the pilot boat.

The investigation has looked at, among other things, the Swedish Maritime Administration's organization and management, their incident reporting system and the training for pilot boat skippers. Several interviews with affected people within the authority have been conducted.

The Accident Investigation Authority has also commissioned a stability investigation for the pilot boat in question, which looked at, among other things, the second-generation stability criteria according to the IMO, loss of stability in following seas and uncontrolled wave surfing. The pilot boat exceeds the stability requirements set for this type of vessels. The entire stability investigation is attached in the final report.

The reason for the incident was a combination of keeping a relatively high speed and making a misjudgement of the size of the wave in front of which they were catching up. That the driver misjudged the size of the wave can be assumed to be due to the fact that it was dark at the time and that the same driver drove in severe weather for several hours and thus may have had a slightly lower degree of attention.

### Safety recommendations

The Accident Investigation Authority states that the training for pilot boat skippers is extensive and that the pilot boat in question is perceived by the staff as well adapted to its task. After the incident, certain modifications have been made to the boat. Furthermore, a new maintenance system with functions for reporting deviations is being implemented. With this in mind, the Accident Investigation Board does not consider that there is any reason to issue any safety recommendations.



## 1. FAKTAREDOVISNING

### 1.1 Redogörelse för händelseförloppet

Vid midnatt, natten mellan den 20 och 21 januari, började arbetspasset för de två båtmän som utgjorde besättningen på PILOT 740-SE. Under hela natten körde de fram och tillbaka och hämtade och lämnade lotsar, med undantag för ett uppehåll på 45 minuter. Vid den aktuella händelsen hade båtmännen lämnat av en lots på inkommande tankfartyget SEYCHELLES PIONEER och sedan hämtat en annan lots på utgående tankfartyget BRO NISSUM. Under natten hade lotsbåtens besättning diskuterat sjön och vågorna och tyckt att vågorna var ovanligt branta. På resan tillbaka från Brofjordens angöring till lotsstationen fanns förutom de två båtmännen även den lots man hämtat upp. Båten höll en hastighet på 15–20 knop och hade sjön lite snett från aktern. Man körde ikapp vågorna och i vågdalarna noterade besättningen att ljusen från farledens fyror och bojar försvann på grund av vågornas höjd. Hela tiden användes handstyrning och inte någon styrautomatik (autopilot).

Klockan 06.53 strax efter att de passerat det första bojparet med babords- och styrbordsmärken efter Brofjordens angöring, kom man upp på en vågtopp och besättningen upplevde att det inte fanns vatten framför vågkammen, befälhavaren drog då av lite på farten, men med avsikt att passera över vågkammen. När lotsbåten åkte över vågkammen dök den ned i vågdalen framför och översköljdes därefter av vatten. Man upplevde att lotsbåten nästan tog stopp. Vågen man just kört över kom nu ikapp och lyfte upp aktern och vred hela lotsbåten nittio grader åt babord samtidigt som man fick en mycket kraftig slagsida åt styrbord. De tre ombordvarande lyckades hålla sig kvar i sina respektive säten, men upplevde det hela som väldigt obehagligt. Båtens slagsida blev så pass kraftig att man fick larm på lågt oljetryck i motorerna. Larmen kunde kvitteras och försvann direkt när båten rätat upp sig. Befälhavaren ökade återigen varvtalet på motorerna och girade styrbord tillbaka till ursprunglig kurs.

Vattnet som spolade över båten tog med sig några torkarblad och en högtalare på taket lossnade. En bom på styrhyttens styrbordssida avsedd att användas för att bärga människor från vattnet hade dessutom lösgjorts och stannat i utfällt läge. Förutom de två båtmän som var i tjänst fanns ytterligare en båtmann i beredskap iland. Denna ringdes ut av besättningen på lotsbåten, varvid personen begav sig till lotsstationen. Resan tillbaka till lotsstationen gick bra och efter att ha förtöjt båten beslöt man sig för att använda den andra lotsbåten PILOT 747-SE tills dess att PILOT 740-SE undersökts och blivit reparerad. Resterande delen av arbetspasset tog båtmannen i beredskap över som förare och körde lotsbåten medan de två båtmännen sedan tidigare följde med som besättning tills de blev avlösta.



## 1.2 Personskador

Inga personer skadades av händelsen.

## 1.3 Skador på fartyget

- Fyra torkarblad till styrhyttens fönster spolades bort.
- En av backspeglarna kröktes in mot styrhytten av vattenmassorna.
- Bommen/kranen på lotsbåtens styrbordssida som används vid man-över-bordsituationer vinklades ut från styrhytten.
- En högtalare på styrhyttens tak lossnade från sitt klickfäste.
- En av livbojarna gled ur sitt fäste.

En mindre mängd vatten läckte ned till maskinrummet, via luftintagen framför styrhytten. Skadorna som uppstod var snabbt åtgärdade och man kunde ganska snart använda PILOT 740-SE igen.

## 1.4 Platsen för händelsen

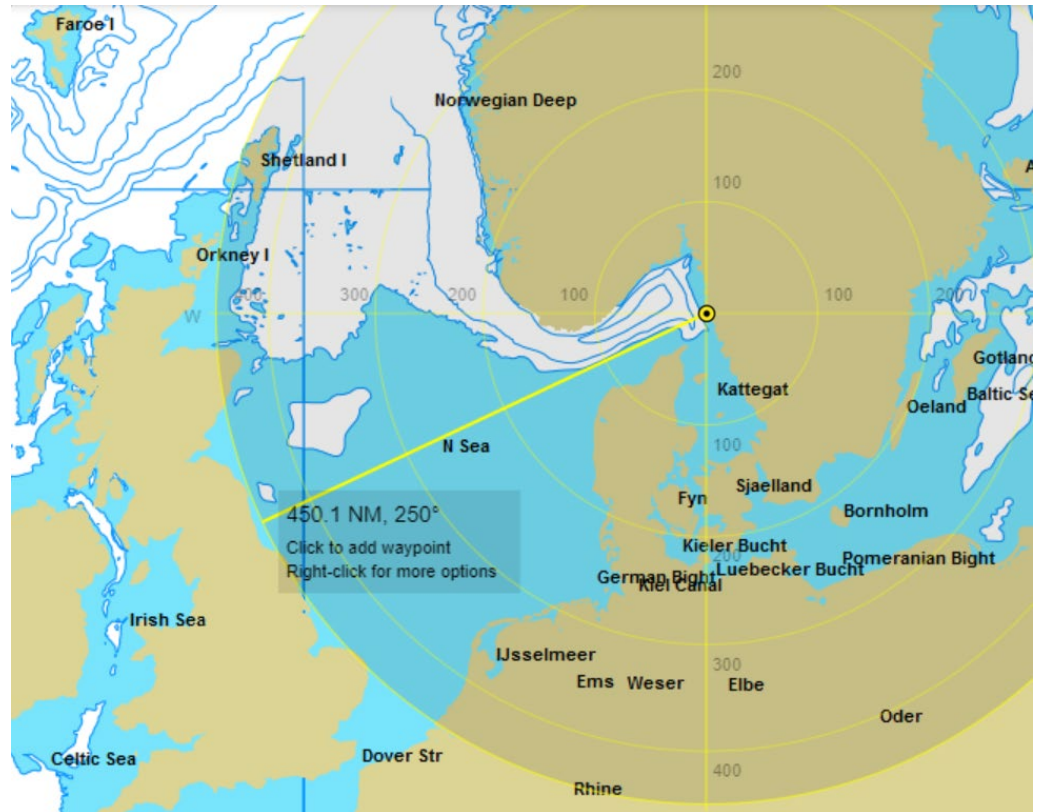
Lysekils lotsstation tillhör Marstrands lotsområde, vilket sträcker sig från lotsområde Göteborg ända upp till norska gränsen. Stationen vid Lysekil betjänar framförallt hamnen i Brofjorden, Sveriges största hamn för oljeimport. Farledsdjupet är 25 meter och ledens smalaste avsnitt är 290 meter på en sträcka av cirka 700 meter vid fyrarna Brandskärsflak och Dynabrott. Råoljehamnen kan ta emot fartyg upp till 500 000 ton dödvikt<sup>1</sup>.

Lotsbordningsplatsen, Brofjorden angöring, ligger utsatt för vind och vågor. Närmsta land åt sydväst är brittiska öarna som ligger cirka 450 sjömil (830 km) bort.

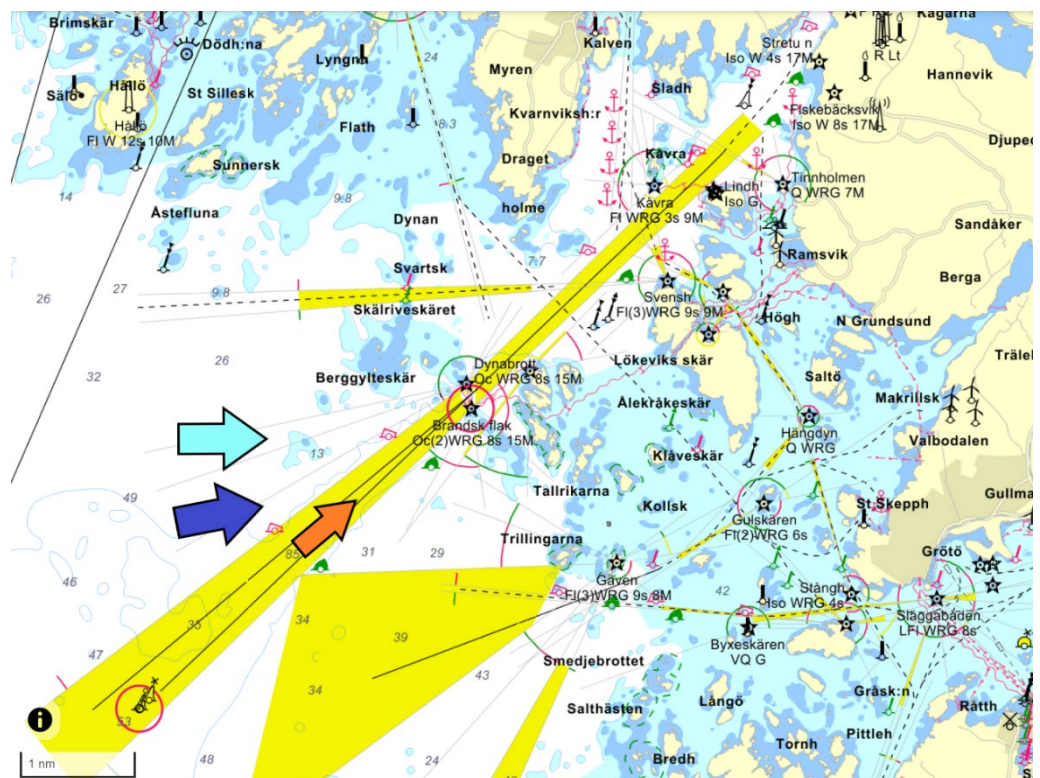
Strax väster om farledsavsnittet in mot Brofjoden där händelsen inträffade finns ett område där havsbotten grundar upp från 50 till 10 meters djup.

---

<sup>1</sup> Dödvikt – Förenklat kan man säga att det är ett fartygs maximala lastförmåga.



Figur 1. Brofjorden i mitten av cirkeln. Bild: Marinetrffic.com.



Figur 2. Farleden in till Brofjordens raffinaderi. Bild: Eniro, <https://pasjon.eniro.se/#map=11.08/58.2946/11.341>. Kartdata © Sjöfartsverket tillstånd nr 21-00161.

Sjökortsbilden (se figur 2) visar farleden in till Brofjordens raffinaderi. I nedre vänstra hörnet syns angröringsbojen och uppe i det högra hörnet

hamnen. Den ljusare blå pilen visar vindriktningen vid tillfället och den mörkare blå vågriktningen. Orange pil är lotsbåtens kurs.



Figur 3. Lotsbåtens position (i mitten av bilden) vid händelsen klockan 06.53. Det tunna ljusblå strecket markerar båtens kurs som är cirka 80 grader babord i förhållande till den tänkta kursen i farleden. Nere i vänstra hörnet syns fartyget SEYCHELLES PIONEER på ingående. Bild: Sjöfartsverket.

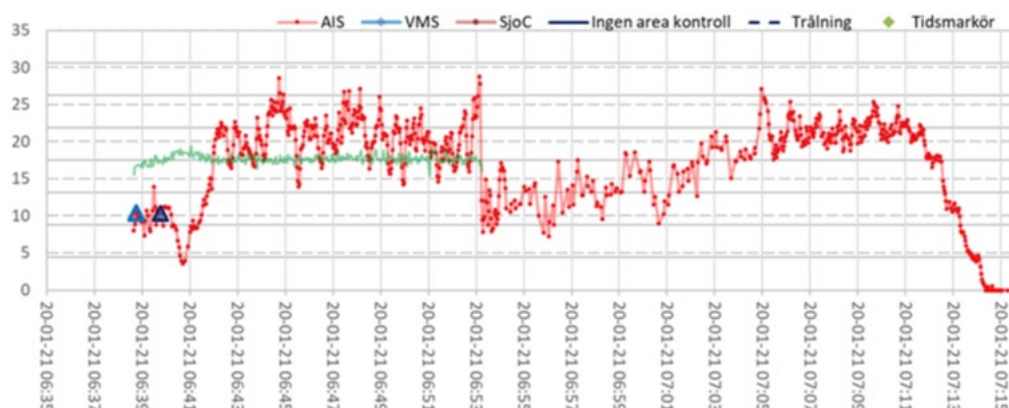
### 1.5 Kurs och fart vid tillbudet

På uppdrag av haverikommissionen har Havs- och vattenmyndigheten bistått med en så kallad målspårsanalys där man med hjälp av data från lotsbåtens AIS-transponder kan få fram information om bland annat kurs och fart. En AIS-transponder samlar regelbundet information om det egna fartygets position, hastighet, kurs, destination med mera från övrig elektronisk navigationsutrustning. Viss information, såsom fartygets namn, bredd och längd, programmeras i AIS-transpondern manuellt. Informationen skickas sedan in i datapaket som sänds ut via VHF-radio som kan läsas ut av mottagare både iland och på andra fartyg.



Figur 4. Lotsbåtens färdväg vid tillfället för tillbudet. Bild: Havs- och vattenmyndigheten.

Från målsårsanalysen kan man tydligt se att lotsbåten girat kraftigt åt babord vid tillbudet för att sedan styra tillbaka till den ursprungliga kursen.



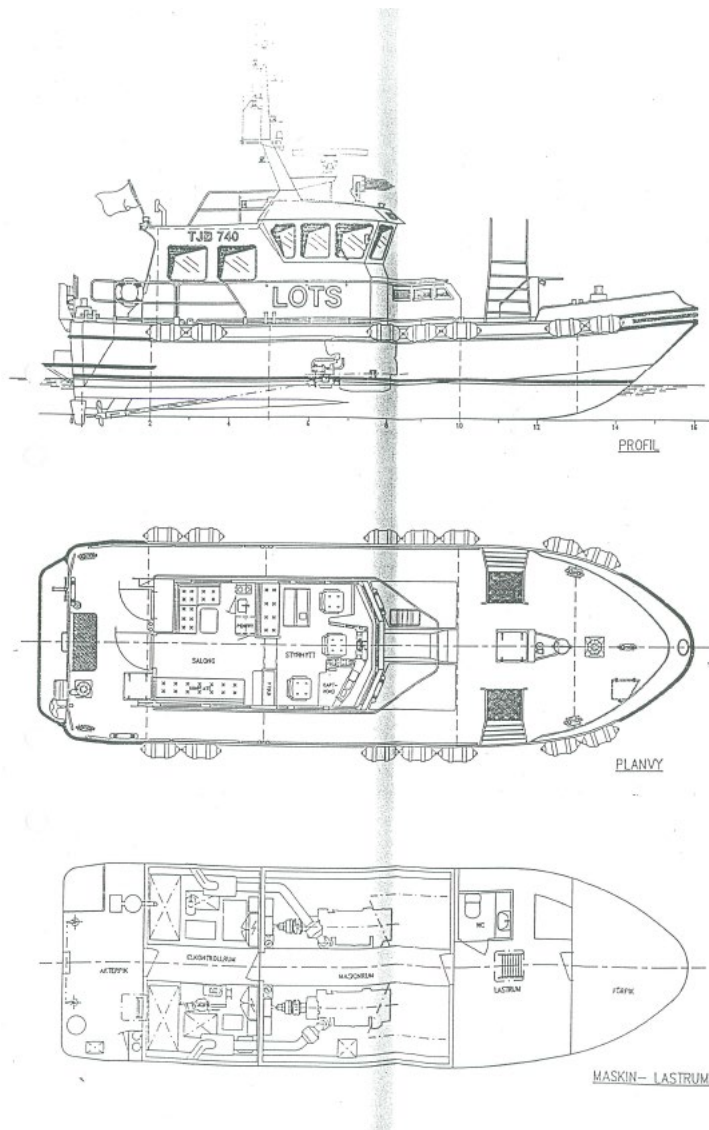
Figur 5. Fart och kurs från målsårsanalysen. Källa: Havs- och vattenmyndigheten.

Den röda linjen i figur 5 visar lotsbåtens fart mellan klockan 06.38 och 07.15. Man kan tydligt se hur farten varierat upp och ned beroende på om lotsbåten varit på väg upp- eller nedför en våg. Den högsta registrerade farten, cirka 28 knop, finns precis vid tillfället för tillbudet klockan 06.53, därefter sjunker hastigheten omedelbart ned till cirka 7 knop. Efter tillbudet hålls en lägre genomsnittsfart jämfört med innan.

Den gröna linjen i diagrammet visar signalen för kursen som skickats från fartygets egna kompass och direkt efter tillbudet försvinner den signalen och kommer inte tillbaka.



## 1.6 Fartyget



Figur 6. Lotsbåt PILOT 740-SE. Bild: Sjöfartsverket.

PILOT 740-SE byggdes 1996 och var den första i en serie av två snabbgående lotsbåtar som från början benämndes TJB 740 respektive TJB 742. De byggdes av AB Hasse Westers Mekaniska Verkstad i Jordfall, Uddevalla, till Sjöfartsverket och stationerades på västkusten vid Lysekils respektive Marstrands lotsplatser. År 2005 namnändrades båten till PILOT 740-SE.

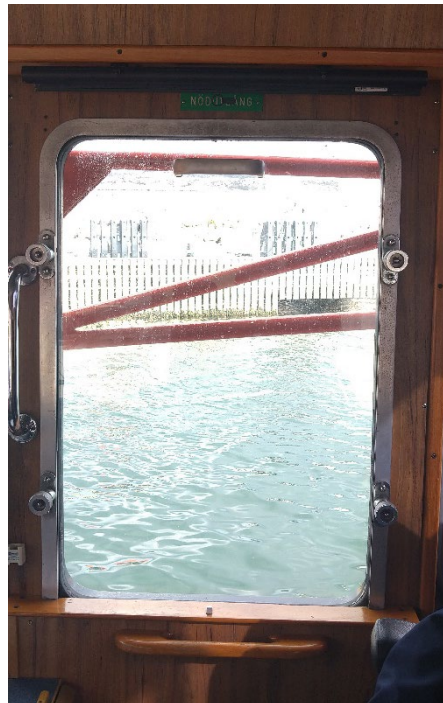
Båten byggdes enligt klassningssällskapet Det Norske Veritas regler DNV 1A1 LIGHT CRAFT HSLC R3 och är godkänd för fartområde B<sup>2</sup> med livräddningsutrustning för maximalt 8 personer.

Skrovet består av fem separata vattentäta indelningar som från för till akter utgörs av förpiken, lastrum med WC, maskinrum, elkontrollrum

<sup>2</sup> Fartområde B begränsas av en linje 20 M från strandlinjen (M = 1 nautisk mil, dvs. 1 852 meter). Fartområden är en geografisk indelning av farvatten.

samt akterpik. Styrhytten står inte i förbindelse med de underliggande utrymmena. Dessa utrymmen under däck kan enbart nå genom två vattentäta luckor, en i akterkant bakom styrhytten som leder ned till akterpiken och en på fördäck som leder ned till lastrummet. På varje tvärskeppsskott mellan utrymmena finns det vattentäta dörrar. De vattentäta dörrarna ska alltid hållas stängda. Någon indikering upp till styrhytten om att de faktiskt är stängda finns inte, man är således tvungen att kontrollera det manuellt. Det finns ett kameraövervakningssystem där man kan se några av dörrarna i en bildskärm.

Styrhyttens enda in- och utgång finns i akterkant. I tillägg till detta fungerar två fönster, ett på vardera sida av styrhytten, som nödutgång. Styrbordssidans nödutgång blockerades delvis av man-över-bordkranen när denna var i sitt normalt infällda läge.



Figur 7. Nödutgång blockerad av man-över-bordkran.

### **1.6.1 Beskrivning av utrustning och system i relevanta delar**

Lotsbåtens framdrivningsmaskineri består av två stycken Volvo Penta dieselmotorer på vardera 750 hästkrafter. Varje motor driver via ett backslag varsin propeller på en rak axel. Akter om propellrarna finns två stycken spadroder. I fören finns en hydrauliskt driven bogpropeller (tvärpropeller).

Förutom att brukas som lotsbåt är PILOT 740-SE, liksom Sjöfartsverkets andra lotsbåtar, även en del av sjöräddningsorganisationen till sjöss och har därför utrustning även för detta ändamål. Huvuddelen av sjöräddningsutrustningen förvaras under däck i lastutrymmet för om styrhytten.

### 1.6.2 Besättningen

Besättningen bestod vid händelsen av två personer (båtmän). Ingen av de bägge båtmännen var vid tidpunkten fast anställda av Sjöfartsverket utan de arbetade som vikarier.

Båtmän 1 var timanställd sedan 2 år tillbaka, i princip på heltid och hade behörighet fartygsbefäl Klass VI.

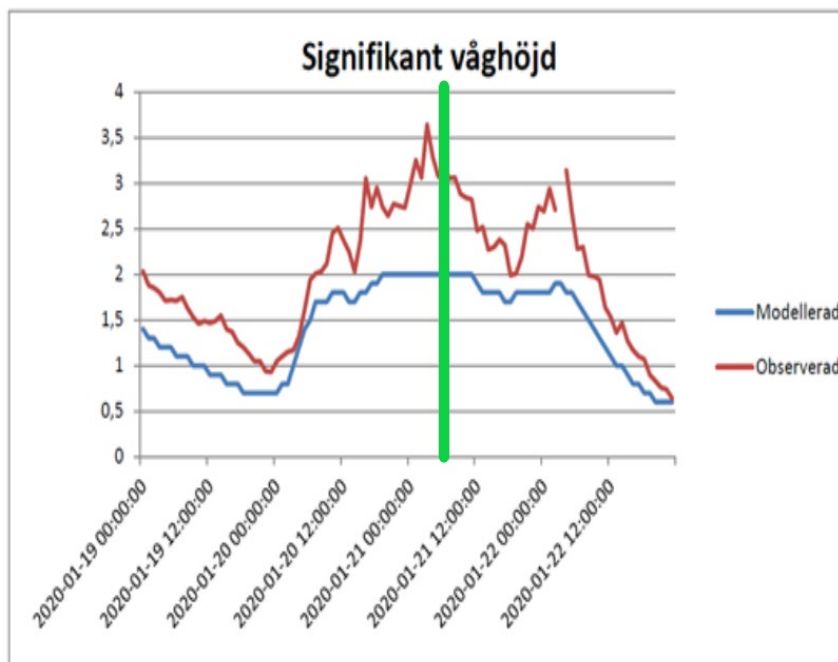
Båtmän 2 var timanställd sedan 1 år tillbaka, i princip på heltid och hade behörighet fartygsbefäl Klass VI

## 1.7 Meteorologisk information

Vid tidpunkten för tillbudet på morgonen den 21 januari rådde västlig kuling 14–16 m/s. Den signifikanta våghöjden var upp emot 3,7 meter från västlig riktning. Det hade tidigare under natten blåst hårdare och vinden var avtagande. Lufttemperaturen var under natten 5–6°C och havsvatten-temperaturen cirka 5°C.

### 1.7.1 Vågbojen vid Brofjorden

Under 2017 satte Sjöfartsverket i samarbete med SMHI ut en vågboj vid Brofjordens angöring, där Sjöfartsverket har stått för inköpet av själva bojen och SMHI har hand om driften och underhållet. Bojen mäter våghöjd, vågperiod, vågornas riktning och även havsvatten-temperaturen på cirka en halvmeters djup. Data från denna boj tillsammans med väderinformation inhämtat från SMHI presenteras nedan för det aktuella datumet.



Figur 8. Diagram med data från Brofjordens vågboj den aktuella perioden.

Ur diagrammet ovan kan man se den signifikanta våghöjden mellan den 19 och 22 januari 2020. Under natten och den tidiga morgonen den 21 januari var vågorna som högst. Det gröna vertikala strecket markerar



den ungefärliga tidpunkten för händelsen. Den röda linjen visar den av vågbojen registrerade våghöjden. Den blå linjen visar en av SMHI modellerad våghöjd.

Beträffande vågornas utformning och definitionen av signifikant våghöjd anger SMHI detta enligt följande.

”Våghöjden är det vertikala avståndet mellan vågtopp och föregående vågdal. Våglängden är avståndet mellan två på varandra följande vågtoppar. Vågperioden är tidsintervallet mellan två på varandra följande vågtoppar. Vågens rörelsehastighet blir med andra ord våglängden dividerad med vågperioden.

De våguppgifter som ges i sjörapporterna är den så kallade signifikanta våghöjden. Den bestäms från höjden av alla vågor under en 30 minuters period. Sedan beräknas medelhöjden för den tredjedel av dessa vågor som var högst och detta definieras som signifikant våghöjd.”<sup>3</sup>

## 1.8 Tillsyn

Sjöfartsverkets fartyg är statsfartyg och det är myndigheten själv som ansvarar för tillsynen av de egna fartygen. De senaste åren låg det på lotsstationen att utföra egenkontroll årligen. Från och med 2019 har klassningssällskapet RINA tagit över tillsynen för Sjöfartsverkets fartyg, tillsynsansvaret ligger dock kvar på myndigheten. Man har i samband med detta även påbörjat implementeringen av ett nytt underhållssystem för fartygen.

## 1.9 Myndighetens organisation och ledning

På uppdrag av Sveriges regering ansvarar Sjöfartsverket för tillgänglighet, framkomlighet och säkerhet till sjöss. Merparten av intäkterna kommer från avgifter på handelssjöfarten avseende farleder och lotsning. Sjöfartsverkets ansvar för sjövägarna löper fram till hamnområdena, där kommunen eller hamnbolaget tar över.

De tjänster Sjöfartsverket erbjuder är bland annat lotsning, farledshållning, isbrytning, sjötrafikinformation, sjögeografisk verksamhet, sjömansservice samt sjö- och flygräddning.

Sjöfartsverket har sin centrala ledning i Norrköping. Den regionala organisationen är koncentrerad till den svenska kusten och de stora insjöarna. Det finns tio lotsområden: Luleå, Gävle, Stockholm, Södertälje, Oxelösund, Kalmar, Malmö, Göteborg, Marstrand och Väner/Kanalen. I Göteborg finns sjö- och flygräddningscentralen. Totalt arbetar cirka 1 200 personer på Sjöfartsverket, varav drygt 300 på huvudkontoret i Norrköping.

Antalet båtmän var under 2020 cirka 170 stycken som var tillsvidareanställda och ytterligare 20–30 stycken som var timanställda.

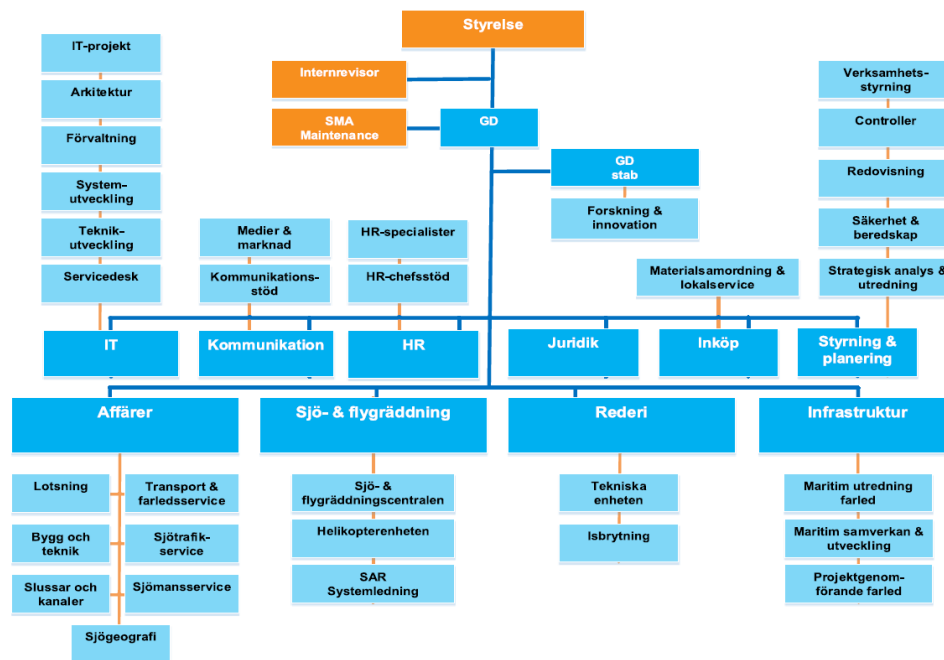
<sup>3</sup> <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/oceanografi/vagor/matning-och-berakning-av-vagor-1.3082>

Båtmanstjänsterna är eftertraktade och personalen stannar som regel länge i anställningen.



Figur 9. Karta över lotsstationer och vilka båtar som är stationerade vid respektive station.  
 Bild: Sjöfartsverket.

Lotstransporterna med lotsbåtar ligger inom affärsområdet Transport och farledsservice, medan själva lotsningarna ligger under affärsområde Lotsning. Sjöfartsverkets fartyg, inklusive lotsbåtarna ägs och sköts av rederiavdelningen.



Figur 10. Organisationsplan för Sjöfartsverket. Bild: Sjöfartsverket.

### 1.9.1 Utbildning

En nyanställd båtman genomgår det som kallas för svensk båtman-utbildning. Utbildningen består dels av en lokal del om 100 timmar som följer en kursplan samt en central del. Under denna tid går den nyanställda som tredjeman utöver den ordinarie besättningen. Därefter följer ett år som andreman i ordinarie besättning, dock inte som befälhavare.

Den lokala grundutbildningen om 100 timmar innehåller bland annat momenten Säkerhet, Lotsbåt, Manövrering, Lokalkännedom, Navigering, Kommunikation, Samverkan och Övergripande.

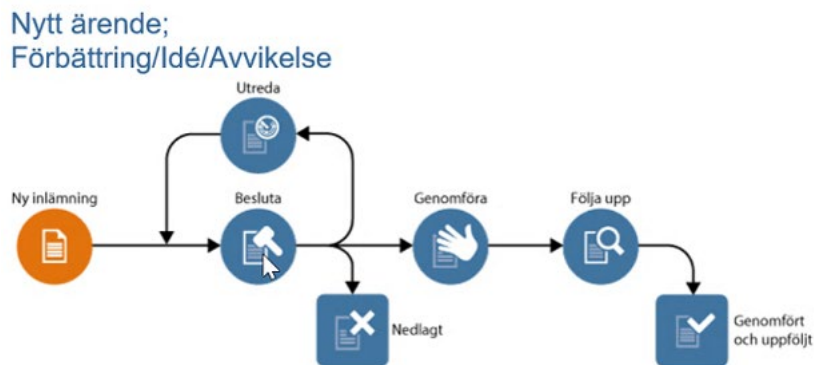
När samtliga delar i den lokala grundutbildningen för båtman fullgjorts och denne gått minst ett år som andreman kan båtmannen godkännas för tjänstgöring som befälhavare i lotsbåt. Slutligt godkännande ska vara skriftligt och utfärdas av driftchefen i samråd med handledare och båtman. I samband med detta utvärderas båtmannens utbildningstid som helhet. Godkännandet ska dokumenteras och skrivas under av samtliga parter.

En av anledningarna till att man har valt att ha en så pass lång introduktion för ny personal är att man vill att de ska ha erfarenhet från alla årstider.

Vid Lysekils lotsstation är det den båtman i besättningen som har längst tjänstgöringstid som har rollen som befälhavare vid uppdrag, detta betyder dock inte att det är den personen som kör båten hela tiden, men den personen har det formella befälhavaransvaret.

### 1.9.2 *Avvikelse­rapportering*

Inom Sjöfartsverkets används ett förbättrings-/avvikelse­rapporterings-system kallat C2. Efter exempelvis en incident kan man rapportera in den i C2 och beskriva vad som hänt och ge eventuella förslag till förbättringar. När haverikommissionen intervjuat båtmän inom Sjöfartsverket har det påpekats av flera personer att man önskar att avvikelse­rapporter kunde få en snabbare spridning ut i organisationen till berörda, exempelvis till alla andra båtmän i Sverige. Det har också visat sig vara ganska svårt, i vissa fall inte ens möjligt ens för vana användare att söka och hitta relevanta inrapporterade händelser. Samstämmiga vittnesmål gör också gällande att liknande händelser som den nu aktuella har inträffat tidigare men inte rapporterats in.



Figur 11. Flödesschema för C2 systemet. Bild: Sjöfartsverket.

### 1.9.3 *Operationella begränsningar*

Lotsningar och lotsbåtstransporter sker dygnet runt, året om. Några tydligt skrivna bestämda operationella begränsningar för när en lotsbåt ska avbryta eller inte åka ut på ett uppdrag finns inte. Vid Brofjordens lotsstation går man ut och provar, anser man då att förhållandena är för riskabla så avbryter man. Väderleksrapporter och information från vägbojen vägs också in. Det finns även en slags vetorätt, där alla ombord, såväl besättning som passagerare, som oftast utgörs av lotsar, har rätt att avbryta resan.

Det finns dock andra begränsningar. Vissa typer av fartyg kräver eskortbogsring genom skärgården eller bogserbåtsassistans till och från kaj. I dessa fall har bogserbåtarna tydliga riktlinjer för när de kan operera till skillnad från lotsbåtarna.

## 1.10 Intervjuer

Haverikommissionen har under utredningen intervjuat ett flertal personer inom Sjöfartsverket. Förutom besättningen som tjänstgjorde vid händelsen och den lots som medföljde har intervjuer och samtal även förts med personer i olika befattningar inom avdelningarna Transport- och farledsservice och Rederi.

Samtal och intervjuer har även hållits med bland annat Sjöräddnings-sällskapet angående deras erfarenheter från självrätande båtar och med finska OY Finnpilot Pilotage AB angående erfarenheter från olyckan med lotsbåt L-242 (se avsnitt 1.12).

## 1.11 Stabilitetsutredning PILOT 740-SE

### 1.11.1 Förutsättningar

Haverikommissionen har låtit utföra en stabilitetsutredning av lotsbåten PILOT 740-SE, med syftet att undersöka fartygets stabilitetsegenskaper vid de väderförutsättningar som rådde vid tiden för tillbudet. Stabilitetsutredningen har använt sig av fartygets stabilitetsbok, spantruta<sup>4</sup> och linjeritning som tillhandahållits av Sjöfartsverket. Utifrån informationen har stabilitetsutredningen skapat en skrovgeometrimodell i stabilitetsprogrammet NAPA.

Från fartygets stabilitetsbok beräknades fartygets lastkondition vid tillbudet. Utöver lättvikten som inkluderade två besättningsmän, vatten och olja i alla system, kalkylerade programmet med en extra passagerare, 1,3 ton bränsle, 0,1 ton färskvatten och 0,350 ton utrustning i lastrummet.

Den aktuella lotsbåten uppfyllde med god marginal de stabilitetskriterier som anges i Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd (TSFS 2009:114) om skrovkonstruktion, stabilitet och fribord.

### 1.11.2 Andra generationens stabilitetskriterier enligt IMO

IMO<sup>5</sup> har på senare tid uppmärksammat att vissa fartygstyper är utsatta för en ökad risk att utsättas för kritisk stabilitet i vågor. IMO är därför på gång att utforma prestationsbaserade kriterier för att bedöma ett fartygs dynamiska stabilitet vid fem stabilitetsscenarier:

- parametrisk rullning<sup>6</sup>,
- häftig acceleration,
- stabilitet i sidosjö utan framdrivnings/manöverförmåga,

<sup>4</sup> Spantruta – Visar bordläggningsmått och position.

<sup>5</sup> IMO – (International Maritime Organization) Internationella sjöfartsorganisationen.

<sup>6</sup> Parametrisk rullning = Ett resonansfenomen där ett fartyg utsätts för vågor för- eller akterifrån med samma period som fartygets rullningsperiod och där fartygslängden och våglängden är likvärdiga. Resultatet blir att fartyget successivt börjar rulla allt kraftigare.

- okontrollerad vågsurfing/broaching
- stabilitetsförlust i följande sjö.

I stabilitetsutredningen har haverikommissionen valt att närmare granska de sista två kriterierna, vågsurfing och stabilitetsförlust i följande sjö.

### **1.11.3 Stabilitetsförlust i följande sjö**

Vid tillfällena med följande sjö fanns störst potential för att fartygets stabilitet kunde bli påverkad när vågtoppen befann sig midskepps, våglängden var 0,6 till 2,4 gånger fartygslängden och vågens hastighet ungefär samma som fartygets. Baserat på den information om de vågförhållanden som rådde vid tiden för tillbudet, kunde stabilitetsutredningen påvisa att även när vågorna påverkade båten snett in från aktern, bedömdes stabiliteten inte bli påverkad i någon större grad som skulle innebära några direkta risker för lotsbåten.

### **1.11.4 Okontrollerad vågsurfing - broaching**

Vågsurfing är ett begrepp som innebär att fartyget går med sjön akterifrån eller snett in från aktern. Vågtoppen rör sig med något högre hastighet och framtvingar en acceleration framåt av fartyget. Då vågens vattenmassa rör sig med nära identisk hastighet som fartyget kan rodereffekten försämrats och fartyget kan av vågens påverkan hamna i en kraftig gir. På grund av giren utsätts fartyget för ett krängande moment åt lä, momentet ökar sedan när fartyget har hamnat tvärs och får in efterföljande vågor rakt i lovartsidan. Vågsurfingen övergår då i en broach som i värsta fall kan sluta med att fartyget kapsejsar.

För att ett fartyg ska hamna inom riskzonen för vågsurfing måste följande kriterier vara uppfyllda:

- Våglängden ska vara mellan en till tre gånger fartygslängden.
- Vågen måste vara så pass brant att den kan generera kraft framåt för att accelerera fartyget.
- Fartygets initiala hastighet måste vara ungefär densamma som vågens hastighet.

Vågsurfing innebär inte alltid att fartyget hamnar i en broach, men broach har alltid föregåtts av att fartyget vågsurfat.

Stabilitetsutredningen (se bilaga) har analyserat lotsbåtens känslighet för vågsurfing baserat på fartygets design, fart vid händelsen och information om vågförhållanden som hämtats in från tillbudet. Analysen har visat att utifrån andra generationens stabilitetskriterier finns det en risk för att vågsurfing med en efterföljande broach kan uppstå, vid de vågförhållandena som var rådande vid tiden för tillbudet.

Det krävs komplicerade beräkningar för att bedöma om ett fartyg är känsligt för vågsurfbing enligt andra generationens stabilitetskriterier. För mer ingående beräkningsunderlag hänvisas till bifogad stabilitetsutredning.

### 1.12 Dödsolyckan med lotsbåt L-242 i Finland

Den 8 december 2017 skulle lotsbåt L-242 hämta en lots på fartyget STEN NORDIC söder om Borgå i Finska viken. Sjögången var ganska kraftig och i samband med att lotsbåten korsade fartygets kölvatten fick lotsbåten en så pass kraftig slagsida att den slog runt. De båda besättningsmännen omkom. L-242 är av en annan typ än PILOT 740-SE men det svenska Sjöfartsverket har sex båtar av samma typ, PILOT 214–219. Dessa båtar har både i Sverige och Finland till viss del byggts om efter dödsolyckan, bland annat har man bytt ut två fönster, ett på vardera sidan, som nu fungerar som nödutgångar. Ursprungligen var dörren i akterkant av styrhytten den enda in- och utgången.

I Finland har Finnpilot Pilotage AB dessutom låtit göra det möjligt att inifrån styrhytten snabbstänga flödningspunkter, exempelvis ventilation och avluftningar, för att förhindra inflöde av vatten om båten får kraftig slagsida eller slår runt helt. Besättningen kan även lösa ut livflottarna inifrån styrhytten. En del båtar har utrustats med accelerometrar som mäter både lutning och G-krafter längskepps och tvärskepps. Några av Finnpilots andra lotsbåtar har eller ska modifieras på andra sätt, exempelvis genom att få nya roder eller få en annan skädda för att göra båtarna mer kursstabila. Förutom ombyggnad av själva båtarna har företaget även satsat på utbildning av båtförarna och låtit tillverka en attrapp av en styrhytt som används i en bassäng. Attrappen kan vältras för att på ett kontrollerat sätt träna personal att ta sig ur en kapsejsad lotsbåts styrhytt.

Olyckan utreddes av den finska olycksutredningscentralen, och rapporten finns att läsa på deras webbsida.<sup>7</sup>

Med anledning av olyckan i Finland gav Sjöfartsverket SSPA i uppdrag att utreda olika svenska lotsbåtsmodellens stabilitetsegenskaper. Rapporten blev klar i slutet av augusti 2018. I rapporten analyserades ett flertal lotsbåtar som Sjöfartsverket opererade, däribland PILOT 740-SE.

### 1.13 Självvrätande lotsbåtar

Ett konventionellt fartyg eller en båt kan kapsejsa, det vill säga att om lutningen överstiger en viss vinkel förblir fartyget liggande på sidan eller upp och ned utan att kunna räta upp sig igen. Det finns dock möjligheter att på olika sätt konstruera och bygga ett fartyg så att det blir självvrätande och återgår till upprätt läge. Förutom den positiva egenskapen att båten återgår till upprätt läge finns det dock, beroende

<sup>7</sup>[https://www.turvallisuustutkinta.fi/material/attachments/otkes/tutkintaselostukset/fi/vesiliikenneonnetto\\_muksientutkinta/2017/z3Byubn6f/M2017-04\\_Tutkintaselostus\\_SV.pdf](https://www.turvallisuustutkinta.fi/material/attachments/otkes/tutkintaselostukset/fi/vesiliikenneonnetto_muksientutkinta/2017/z3Byubn6f/M2017-04_Tutkintaselostus_SV.pdf)



på vilket sätt man väljer, olika nackdelar med en självvätande konstruktion. Byggs båten med en mycket låg tyngdpunkt så blir den väldigt stabil, men riskerar att röra sig med snabba pendlade rörelser i sjön och kan då upplevas obekvämt av de ombordvarande.

Ett annat sätt är att istället formge skrov och överbyggnad så att de har specifika flytegenskaper. Ytterligare ett sätt att uppnå självvätning är högt monterade uppblåsbara blåsor som manuellt eller automatisk blåses upp vid en rundslagning och ger ytterligare flytkraft. PILOT 740-SE har en mycket god stabilitet som överskrider de krav som ställs, dock är den inte självvätande.

Fler och fler länder har skaffat sig självvätande snabbgående lotsbåtar. I Finland har man beslutat sig för att i fortsättningen enbart anskaffa lotsbåtar med självvätande funktion. Danmark har totalt 25 stycken snabbgående lotsbåtar, varav 17 har en självvätande konstruktion.

## 2. VIDTAGNA ÅTGÄRDER

Efter incidenten har PILOT 740-SE modifierats och förbättrats på följande punkter.

- Styrhyttens fönsterrutor har bytts ut.
- I styrhyttens tak har teleskopstegar monterats, i händelse av att lotsbåten lägger sig på sidan så kan de ombordvarande klättra ut genom något av de fönster som också fungerar som nödutgång.
- Nödhammare finns för att kunna krossa glaset på valfritt fönster för att kunna ta sig ut.
- Nya sökarljus har monterats. Två fasta strålkastare längst fram i bogen på lotsbåten och ett motorstyrt sökarljus som kan manövreras inifrån styrhytten som är högt placerat i signalmasten på styrhyttens tak. Ljusstyrkan på bogljuset är dock inte dimbara<sup>8</sup> vilket kan påverka sikten negativt vid vissa väderförhållanden.

Sjöfartsverket har gjort och gör fortlöpande, förändringar även på andra lotsbåtar.

---

<sup>8</sup> Möjlighet att justera ljusstyrkan.



Figur 12. Nyinstallerade stegar i taket och nödhammare placerade mellan fönstren. Bild: Sjöfartsverket.



Bild 13. Nyinstallerade högt monterade sökarljus och strålkastare i bogen.  
Bild: Sjöfartsverket.

### 3. ANALYS

#### 3.1 Grundläggande aspekter på händelseförloppet

Det utförs en stor mängd lotsbåtuppdrag varje dag, året runt, och inte sällan under besvärliga väderförhållanden. Trots det inträffar det mycket sällan allvarliga olyckor i lotsbåtverksamheten.

Haverikommissionen bedömer att det var flera olika faktorer som påverkade vid den aktuella händelsen och som ledde till tillbudet, vilket beskrivs närmare i följande avsnitt.

#### 3.2 De operativa förutsättningarna

För att kunna operera i de flesta ljus- och väderförhållanden krävs det inte bara att lotsbåtarna är konstruerade och tillverkade för att klara av utmanande förhållanden. Det krävs även att besättningen har rätt kompetens och träning men även stöd för hur man ska hantera olika situationer. Det finns i dagsläget inte några skrivna regler för när man ska avbryta eller inte gå ut på ett uppdrag. Istället avgörs det från fall till fall och man går ut och provar och avbryter om det anses befogat. Att ha några bestämda parametrar att gå efter har diskuterats inom Sjöfartsverket men det har visat sig vara svårt att införa. Väderförhållanden ändras snabbt och parametrar som till exempel våghöjder eller vindhastigheter kan bli missvisande, eftersom faktorer som vindriktning och typ av vågor också påverkar.

Tydliga operativa beskrivningar om hur lotsbåtsbesättningen ska gå till väga vid olika vädersituationer, både beträffande alternativa rutter och begränsningar när det gäller hastigheten, skulle kunna vara säkerhetshöjande.

Väderförhållandena vid det aktuella tillbudet hade en stor inverkan på händelseförloppet. I närområdet finns en markant uppgrundning från ungefär 50 till 10 m djup vilket kan ha gjort att våghöjden ökat i detta område med den rådande vågriktningen från väst.

Vid den aktuella händelsen hade samma person framfört lotsbåten hela natten. Att framföra ett fordon, vilket som helst, i mörker och dessutom under besvärliga förhållanden leder ofta till trötthet. Med tanke på den ganska omfattande utbildningen svenska båtmän har i grunden, så borde samtliga vara tillräckligt skickliga förare och därmed kunna byta av varandra. Att med jämna mellanrum växla mellan föraruppgifter och däcksmansuppgifter inverkar normalt positivt på eventuell trötthet.

Mörkret var en annan bidragande faktor. Att köra i mörker gör inte bara att kroppen blir trött på grund av brist på ljus. En förare måste anstränga sig mer för att försöka se. Vid händelsen bedömde man våghöjden genom att observera ljuset på framförvarande fyrar och ljusbojar. När ljusen från dem försvann i vågdalarna visste man att nästkommande våg var stor. Hade man haft andra hjälpmedel, exempelvis strålkastare, hade

besättningen eventuellt haft lättare att bedöma vågornas storlek och riktning.

### **3.3 Anställning som vikarie**

Tjänsterna som båtman inom Sjöfartsverket är eftertraktade och personalen stannar kvar länge. Som regel är det att betrakta som något positivt. Arbetsgivaren får möjlighet att välja ut kompetent personal vid nyanställningar och den personal man redan har besitter stor erfarenhet. Det kan dock finnas negativa effekter också som man bör beakta. En person som är vikarie eller under provanställning kan känna att det är svårt att ta det obekväma beslutet att till exempel avbryta ett uppdrag eller påpeka något som denne anser vara fel. Personen vill inte uppfattas som besvärlig och därmed riskera en framtida tillsvidareanställning.

### **3.4 Utbildning**

Förutom de formella behörighetskraven som krävs för den här typen av fartyg och fartområden har Sjöfartsverket en egen grundutbildning som kallas svensk båtmansutbildning. Dessutom har man som krav att en båtman ska gå som andreman minst ett år innan man får vara befälhavare. Utbildningen får anses vara omfattande och väl över de minimikrav som ställs för att få framföra båtar i den här storleksklassen. Vidareutbildningar sker kontinuerligt för såväl tillsvidareanställd personal som för vikarier.

### **3.5 Avvikelse rapportering**

Haverikommissionen har vid intervjuer och vid genomgång av avvikelse rapporteringssystemet förstått att det finns utrymme för förbättringar. Det är svårt att i det befintliga systemet C2 hitta inrapporterade händelser och de som rapporteras in sprids inte i önskvärd omfattning i hela organisationen. Dock har ett nytt underhållssystem med avvikelse rapporteringsfunktion börjat introduceras med en intention att både antalet inrapporteringar och spridningen av rapporterna ska öka. Det är viktigt att incidenter rapporteras och utreds men även att information om incidenterna sprids för att förebygga att de upprepas och till slut leder till en olycka.

### **3.6 Analys av stabiliteten**

Under färden tillbaka till lotsstationen, innan man dök ned i vågdalen, körde man ikapp vågorna, det vill säga att båtens fart översteg vågornas. Att köra ikapp vågor behöver i sig inte vara fel eller farligt, men kräver god uppsikt och möjlighet att avgöra varje vågs storlek, riktning och form. Risken finns att fartyget börjar vågsurfa, vilket kan följas av broach i enlighet med vad som beskrivs i avsnitt 1.11.4.

Att köra för sakta kan också vara riskabelt, då man riskerar att hamna så att en vågtopp påverkar stabiliteten ogynnsamt, vilket också kan ge en farlig stabilitetsförlust.

Det är därför viktigt att besättningarna vet varje lotsbåts begränsningar och enkelt kan finna information hur de ska framföras säkert.

Det har i stabilitetsutredningen framkommit att båttypen kan vara känslig för vågsurfing i följande sjö. Generellt sett är det svårt att designa ett fartyg av denna storlek för att klara kriterierna för att undvika vågsurfing om fartyget ska kunna framföras i någon högre fart än sex knop. I svenska farvatten där förekomsten av kortare våglängder är vanligare än i exempelvis Nordsjön är planande fartyg i lotsbåtens storleksklass känsliga för vågsurfing.

Det framgår av de intervjuer haverikommissionen gjort att lokal-känedom är en viktig faktor för säkerheten. Med lång erfarenhet av att operera lotsbåtar följer också god kännedom om de lokala förutsättningarna som t.ex. i vilka områden längs med rutten till eller från en lotsplats det kan uppstå kraftiga vågfenomen. Vid sämre väderförhållanden i ett område där det exempelvis finns en brant uppgrundning, kan riskreducerande alternativ vara att slå av på farten eller göra en tillfällig kursändring för att ta vågorna på ett lämpligare sätt.

### 3.7 Självvätande båtar

Att en båt slår runt är mycket ovanligt, men det händer trots allt och ibland med dödlig utgång. Att anpassa körningen, ha god lokal-känedom, vara väl utbildad och att ha gedigen erfarenhet är grundläggande verktyg för att undvika att hamna i sådana situationer där man riskerar att slå runt. I en situation där en båt lägger sig på sidan eller i värsta fall upp och ner, kan det bli mycket svårt för de ombordvarande att ta sig ut. Eftersom båten blir drivande med vinden riskerar man dessutom att driva upp mot uppgrundningar och klippor som kan slå sönder båten. Mörker och hög sjö är ytterligare försvårande faktorer. Det finns också en risk att personer vid en kraftig slagsida eller häftiga fartygsrörelser skadas. Om båten istället rätar upp sig själv efter en kapsejsning och inte förblir liggande på sidan ökas chanserna för de ombordvarande väsentligt. När båten vänt sig på rätt köl igen finns möjligheten för besättningen att kunna manövrera bort från faror och förhoppningsvis ta sig tillbaka tryggt till hamn igen utan att behöva överge fartyget eller invänta assistans. Om en kapsejsning skulle inträffa i dåligt väder, skulle ett självvätande skrov kunna fungera som ytterligare en säkerhetsbarriär.

Att rekommendera Sjöfartsverket att övergå till självvätande båtar skulle vara mycket långtgående och skulle också kunna ha vissa negativa effekter på t.ex. båtarnas gångegenskaper. Haverikommissionen har under utredningen fört en dialog med Sjöfartsverket om såväl innehållet i stabilitetsutredningen som om de organisationer i vår närhet som i olika utsträckning valt att övergå till självvätande båtar. Det finns inte anledning att mot bakgrund av innehållet i den här rapporten lämna någon rekommendation till Sjöfartsverket om utformningen av lotsbåtar.

## 4. UTLÅTANDE

### 4.1 Utredningsresultat

- a) Båda två i besättningen var behöriga att framföra lotsbåten.
- b) Besättningen under händelsen utgjordes av vikarier.
- c) Förhållandena var ogynnsamma med grov sjö i kombination med mörker.
- d) Samma förare hade kört hela natten.
- e) Farten var relativt hög.
- f) Platsen där båten fick kraftig slagsida ligger i närheten av uppgrundningar, vilket kan ha bidragit till att vågorna ändrat storlek och riktning.
- g) Belysningen förut på fartyget uppfattades av besättningen som bristande.
- h) Liknande händelser lär enligt uppgift ha inträffat genom åren men har inte alltid rapporterats in eller spridits inom organisationen.
- i) Sjöfartsverket har inga självvärtdande snabbgående lotsbåtar och planerar i dagsläget inte att införskaffa sådana.

### 4.2 Orsaken till tillbudet

Orsaken till tillbudet var en kombination av att man höll relativt hög hastighet och gjorde en missbedömning av storleken på den framförvarande våg som man körde ikapp. Att föraren missbedömde storleken på vågen kan antas bero på att det vid tillfället var mörker och att samma förare kört i hårt väder i flera timmar och därmed kan ha haft en något lägre uppmärksamhetsgrad.

## 5. SÄKERHETSREKOMMENDATIONER

Haverikommissionen konstaterar att båtmansutbildningen är omfattande och att den aktuella lotsbåten av personalen uppfattas som väl anpassad för sin uppgift. Efter tillbudet har vissa modifieringar genomförts på båten. Vidare är ett nytt underhållssystem med funktioner för rapportering av avvikelser under införande. Mot denna bakgrund anser haverikommissionen inte att det finns skäl att utfärda några säkerhetsrekommendationer.

På haverikommissionens vägnar

Jonas Bäckstrand

Daniel Söderman

**Bilagor – Stabilitetsutredning PILOT 740-SE**



Dokument Nr  
R662-01

## Teknisk Rapport



Revision  
1

Datum  
2020-11-23

Beställning  
S-42/20

Telefon  
(08) 735 85 35

Antal bilagesidor  
8

Telefon  
08-508 862 00

Sida  
1

Antal sidor  
16

SALTECH Consultants AB  
Lugnets Allé 1  
120 65 STOCKHOLM  
Vårt tjänsteställe, handläggare / Konstruktör  
**Daniel Zachrisson**  
Granskare  
**Mats Danielsson**  
Uppdragsgivare  
Statens Haverikommission  
  
Daniel Söderman

## Stabilitetsutredning Pilot 740 SE

### Bakgrund

*Lotsbåten PILOT 740, SEFG, var på väg tillbaka till Brofjorden efter ett bordningsuppdrag. Lotsbåten höll en fart på ca 18 knop, vilket minskades till ca 15 knop när vågen uppmärksammades. Det var grov akterlig sjö när lotsbåten plötsligt dök ned i en vågdal och skar cirka 90 grader ur kurs och fick kraftig slagsida åt styrbord. Då lotsbåtens för försvann ned under vattenytan gick framfarten hastigt ned till nästan noll. När lotsbåten rätat upp sig något gav befälhavaren mer gas och styrbordsroder för att komma ur situationen.*

*SALTECH har på uppdrag av Statens Haverikommission utfört en stabilitetsutredning för att klargöra lotsbåtens stabilitetsegenskaper i följande sjö kopplat till det sjötillstånd som rådde vid tidpunkten för tillbudet.*

Issued: 2020-11-23	Reference: DZ	File:	Page: 2
-----------------------	------------------	-------	------------

## Revisionshistoria

Revision	Beskrivning	Datum	Sign
0	Första utgåva	2020-09-14	DZ
1	Uppdaterad efter haverisammanträde	2020-11-23	DZ

Issued: 2020-11-23	Reference: DZ	File:	Page: 3
-----------------------	------------------	-------	------------

## Innehållsförteckning

1	Beräkningsmodell och geometri.....	4
2	Lastkondition.....	4
3	Stabilitetskriterier .....	5
4	Sjötillstånd.....	6
5	Stabilitet i vågor .....	7
5.1	Stabilitetsförlust i följande sjö.....	7
5.1.1	Teori .....	7
5.1.2	Resultat.....	8
5.2	Broaching .....	12
5.2.1	Teori .....	12
5.2.2	Broachingkriteriet.....	12
5.2.3	Indata .....	13
5.2.4	Resultat.....	14
6	Slutsats .....	15
7	Referenser.....	16

Bilaga 1 – Hydrostatiska data

Bilaga 2 – Lastkondition

Bilaga 3 – Indata broachingkriteriet, Nivå 2

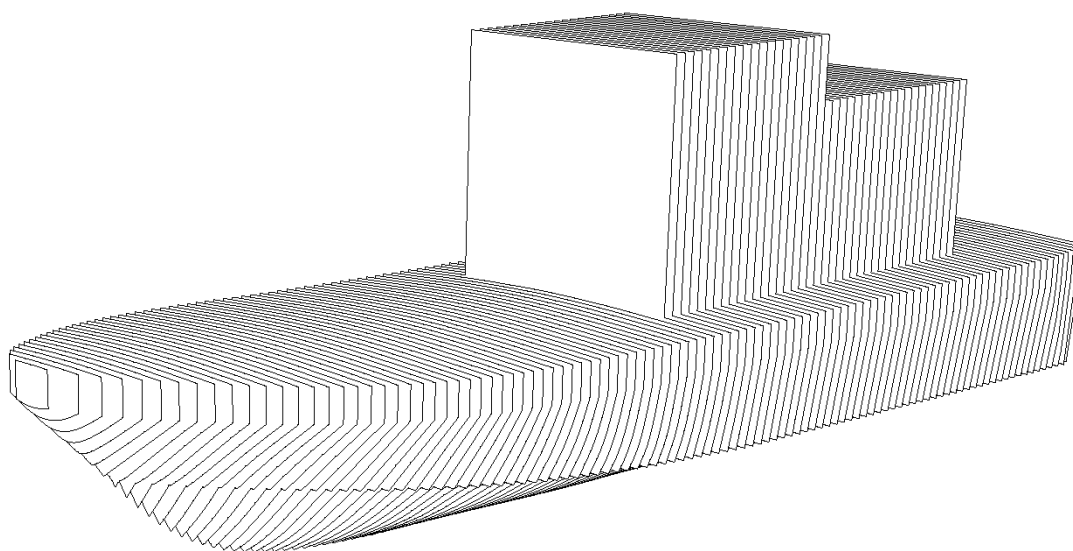
Issued: 2020-11-23	Reference: DZ	File:	Page: 4
-----------------------	------------------	-------	------------

## 1 Beräkningsmodell och geometri

Skrovgeometrin är baserad på spantruta och linjeritning för fartyget, som via SHK har erhållits från Sjöfartsverket. Fartyget har huvuddimensioner enligt nedan:

Längd, över allt:	16,00 m
Längd, mellan pendiklar:	13,90 m
Bredd, mallad:	4,90 m
Djup, mallat:	2,50 m

Beräkningarna har utförts med mjukvaran NAPA. Skrovgeometrin har räknats som deplacerande upp till översta täta däck, inklusive styrhytten. Skrovgeometrin visas Figur 1 nedan.



**Figur 1. Skrovgeometri NAPA**

Origo är placerat i skärningspunkten mellan baslinjen (BL), centerlinjen (CL) och spant 0. Aktra pendikeln (AP) är placerad i hjärtstocken (0,5 m för om spant 0) och förliga pendikeln (FP) är placerad 13,9 m för om AP. Hydrostatiska data för skrovet presenteras i Bilaga 1.

## 2 Lastkondition

Uppgifter om lättvikten och dess tyngdpunkt har hämtats från fartygets stabilitetsbok. Lättvikten inkluderar besättning (2 personer), förråd och systemvätskor.

Lättvikt:	24,52 ton
VCG över BL:	1,80 m
LCG för om AP:	5,49 m
TCG BB om CL:	0,00 m

Enligt uppgift från SHK ska fartyget vid tillbudstillfället ha haft 60–70% bunker samt tre personer ombord. Då två personer ingår i lättviktsdefinitionen tillkommer därför endast en person i lastkonditionen. Enligt stabilitetsboken finns alltid 350 kg utrustning i lastrummet. Den vid analysen använda lastkonditionen specificeras i Tabell 1.

Issued: 2020-11-23	Reference: DZ	File:	Page: 5
-----------------------	------------------	-------	------------

**Tabell 1. Lastkondition vid tillbud**

<b>Beskrivning</b>	<b>Vikt</b>	<b>LCG</b>	<b>VCG</b>
	<b>ton</b>	<b>m fr. AP</b>	<b>m öv. BL</b>
Lätt fartyg	24,52	5,49	1,80
Dieselloolja	1,30	1,98	1,23
Färskvatten	0,10	3,00	0,75
Last i lastrum	0,35	11,51	1,20
Passagerare	0,075	3,10	3,25
<b>Totalt</b>	<b>26,35</b>	<b>5,38</b>	<b>1,76</b>

Vid denna lastkondition har fartyget ett djupgående på 0,87 meter och en längd i vattenlinjen på 14,3 meter. Ytterligare information om lastkonditionen presenteras i Bilaga 2. Notera att i utskrifter från NAPA anges LCG i förhållande till spant 0 istället för AP.

### 3 Stabilitetskriterier

Som referens för fartygets stabilitetsegenskaper används de allmänna stabilitetskriterierna enligt TSFS 2009:114.

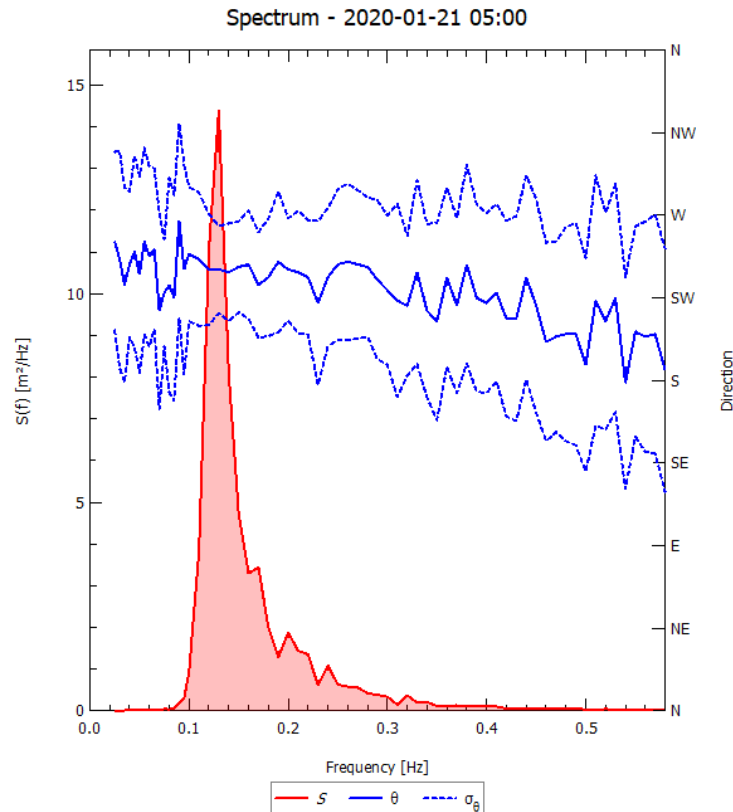
1. Arean under kurvan för den rätande hävarmen ( $GZ$ -kurvan), den dynamiska stabiliteten ( $e$ ) ska vara: minst
  1.  $e_{30^\circ} \geq 0,055$  mrad räknat till krängningsvinkeln  $30^\circ$ .
  2.  $e_{40^\circ} \geq 0,090$  mrad räknat till krängningsvinkeln  $40^\circ$  eller flödningsvinkeln  $\theta_f$  om denna vinkel är mindre än  $40^\circ$ .
  3.  $(e_{40^\circ} - e_{30^\circ}) \geq 0,030$  mrad mellan krängningsvinkeln  $30^\circ$  och  $40^\circ$  eller mellan  $30^\circ$  och flödningsvinkeln  $\theta_f$  om denna vinkel är mindre än  $40^\circ$ .
2. Den rätande hävarmen ( $GZ$ ) ska vara minst 0,20 m vid en krängningsvinkel av minst  $30^\circ$ .
3. Den maximalt rätande hävarmen ( $GZ_{max}$ ) ska inträffa vid en krängningsvinkel som helst är större än  $30^\circ$  men aldrig mindre än  $25^\circ$ .
4. Begynnelsemetacenterhöjden ( $GM_0$ ) ska vara minst 0,15m

Vid den analyserade lastkonditionen uppfylls samtliga ovanstående kriterier med god marginal (se Bilaga 2).

Issued: 2020-11-23	Reference: DZ	File:	Page: 6
-----------------------	------------------	-------	------------

## 4 Sjöstillstånd

Uppgifter om sjöstillståndet har erhållits från SMHI och är hämtade från en vågboj som är placerad i vattnen utanför Brofjorden, ca 2 nautiska mil från platsen för tillbudet. Ett vågenergispektrum för en 30 minuter lång mätserie vid tidpunkten för tillbudet visas i Figur 2.



**Figur 2. Vågenergispektrum från vågboj utanför Brofjorden, UTC 05:00 [SMHI]**

Det sjöstillstånd som rådde vid tidpunkten för tillbudet hade enligt data från SMHI:s vågboj en signifikant våghöjd på ca 3 meter och en maximal våghöjd på ca 5 meter. Ur vågenergispektrumet kan det utläsas att den största vågenergin per ytenhet är samlad mellan frekvenserna 0,11 och 0,18 Hz eller vågperioderna 9,0 och 5,5 sekunder.

Då vågenergin per ytenhet är direkt proportionell mot vågamplituden i kvadrat betyder detta att de högsta vågorna återfinns inom samma intervall. Våglängden för dessa vågor är mellan 48 och 130 meter. Vågorna i ovanstående intervall har alla samma utbredningsriktning från ca 240°.

Vågspektrumet innehåller även kortare vågor ner till ca 13 m våglängd (frekvens 0,35 Hz eller period 3 s), men vågenergin per ytenhet i detta spann är lägre.

Våghöjden begränsas av att vågorna blir instabila och bryts när vågorna blir för höga i förhållande till våglängden, och gränsen för detta ligger teoretiskt vid en våghöjd på 14% av våglängden [1]. Dock är våghöjder på över 10% av våglängden är mycket ovanligt och de flesta vågor har en höjd mellan 3% och 6% av våglängden [2].

Issued: 2020-11-23	Reference: DZ	File:	Page: 7
-----------------------	------------------	-------	------------

## 5 Stabilitet i vågor

De allmänna intaktstabilitetskriterierna baseras på ett fartygs egenskaper i lugnt vatten och innehåller marginaler som har funnits tillräckliga för att fartyget ska ha en tillräcklig säkerhetsnivå under de väder- och driftförhållanden som kan råda. Kriterierna utgår från egenskaperna hos fartygets rätande hävarm vid olika krängningsvinklar, *GZ-kurvan*. För ett fartyg i vågor ändras stabilitetsegenskaperna kontinuerligt kopplat till fartygets form och rörelser samt vågornas förflyttning längs fartyget. Normalt rör det sig om snabba variationer med såväl positiv som negativ inverkan på stabiliteten, vilket innebär att den totala inverkan på fartygets stabilitet blir liten. Det finns dock fall där fartyg under vissa förutsättningar kan hamna i kritiska situationer. Stabilitetskriterier för denna typ av situationer är under utveckling hos IMO och inkluderar följande fall:

- Pure loss of stability (stabilitetsförlust i följande sjö)
- Parametric roll (parametrisk rullning)
- Broaching (okontrollerad vågsurfning)
- Dead ship stability (stabilitet i sidosjö utan framdrivnings-/manöverförmåga)
- Excessive acceleration (häftig acceleration)

De fall som är relevanta att undersöka för den analyserade lotsbåten är stabilitetsförlust i följande sjö och broaching. Så som händelseförloppet beskrivs var lotsbåten på väg in till Brofjorden i 18 knop med sjön in från aktern. En större våg uppmärksammades varvid farten minskades till 15 knop. När vågen kom ikapp försvann fören i vågdalen, lotsbåten fick styrbord slagsida och skar 90° babord.

### 5.1 Stabilitetsförlust i följande sjö

#### 5.1.1 Teori

Störst påverkan på stabiliteten har vågor vars längd är i samma storleksordning som fartygets längd. Normalt minskar stabiliteten med vågtoppen midskepps och vågdalarna i ändskeppen, och ökar med vågdalen midskepps och vågtopparna i ändskeppen. Om sjön kommer in akterifrån med ungefär samma hastighet som fartyget finns risken att fartyget "fastnar" i ett ogynnsamt läge i en våg [3].

Det finns två förutsättningar som ska vara uppfyllda för att en kritisk situation på grund av stabilitetsförlust i följande sjö ska uppstå. Våglängden ska vara i storleksordningen 0,6 till 2,3 gånger fartygets längd och vågkammens hastighet ska vara ungefär samma som fartygets hastighet [4]. För lotsbåten motsvarar detta våglängder mellan 8,6 och 32,9 meter.

Lotsbåtens hastighet vid tillbudet var ca 15 knop. En kritisk våghastighet ska då ha varit i närheten av denna hastighet och eventuellt något högre eftersom vågen ska ha hunnit ikapp lotsbåten. För analysen antas en våghastighet på 15–17 knop.

Mellan våglängden,  $\lambda$ , och våghastigheten,  $c$ , finns sambandet

$$\lambda = \frac{2\pi c^2}{g}$$

där  $\lambda$  är våglängden [m],  $c$  är våghastigheten [m/s] och  $g$  är tyngdaccelerationen 9,81 m/s<sup>2</sup>. Våghastigheter mellan 15 och 17 knop motsvaras således av våglängder mellan 38



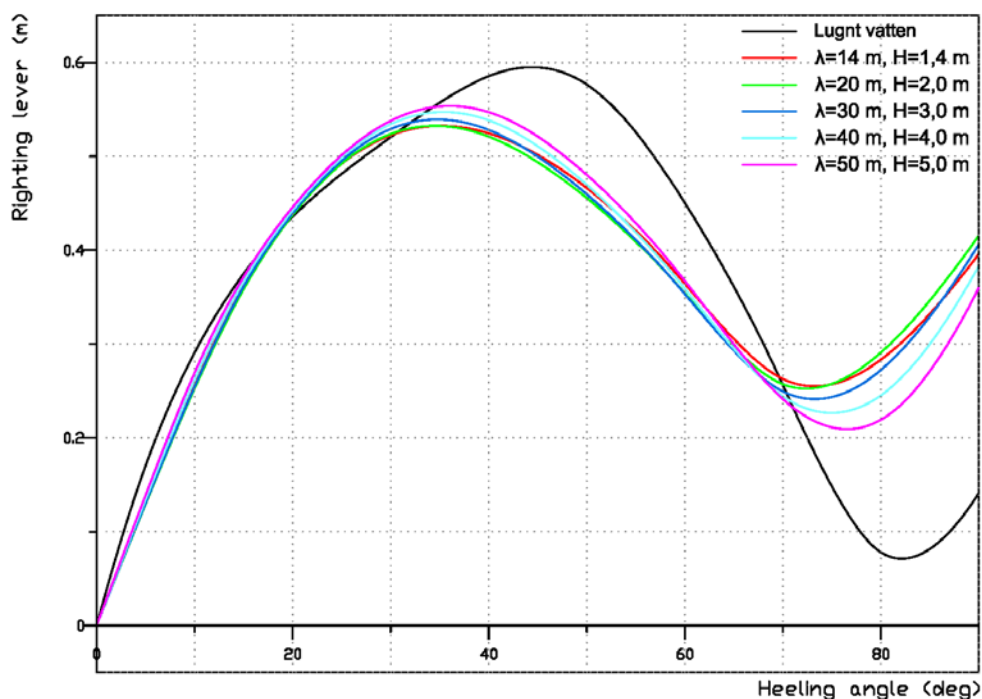
Issued: 2020-11-23	Reference: DZ	File:	Page: 8
-----------------------	------------------	-------	------------

och 50 meter. En våg med samma längd som lotsbåtens vattenlinjelängd (14,3 meter) har en hastighet på 9,2 knop. Dessa våglängder rymms i det registrerade vågenergispektrumet men har relativt låg vågenergin per ytenhet och därmed även låga våghöjder. Våghöjden förhåller sig även till våglängden, i fråga om när vågen bryter, på det sätt som beskrevs i avsnitt 4.

Vågornas påverkan på ett fartygs stabilitet kan på ett förenklat sätt analyseras genom att fartyget beräkningsmässigt placeras i en vattenyta motsvarande en stående trokoidvåg, dvs. en våg med en geometri liknande en havsvåg. Metoden är kvasi-statisk, dvs. att fartyget i tidsögonblicket befinner sig i statisk jämvikt i vågen, och dynamiska effekter är inte beaktade.

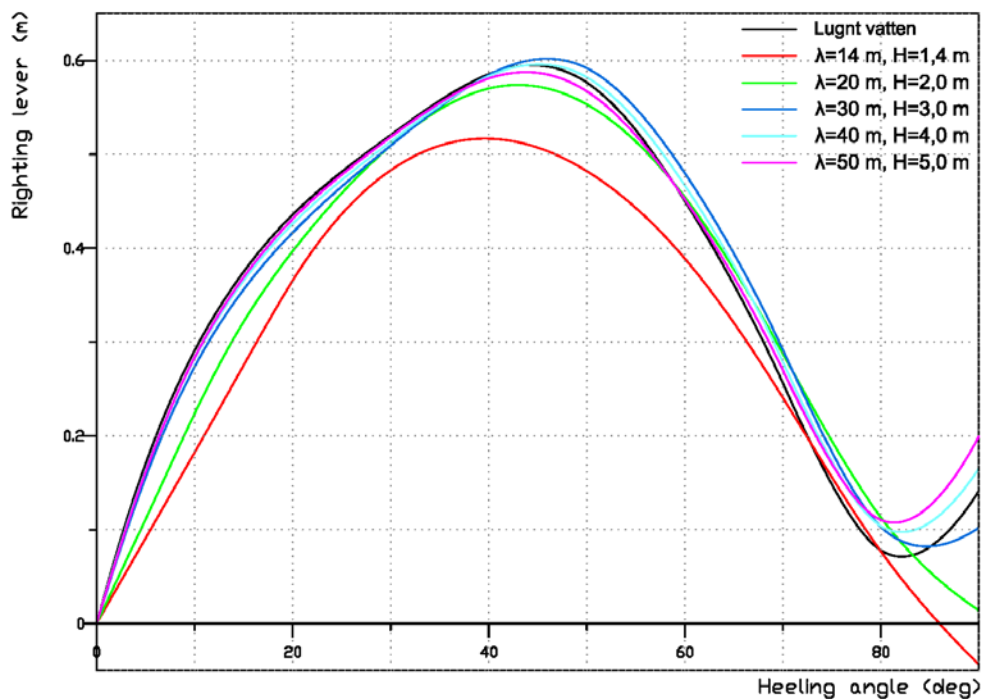
### 5.1.2 Resultat

I Figur 3 och 4 visas påverkan på GZ-kurvan för våglängder mellan 14 och 50 meter och med vågtoppen placerad midskepps respektive i aktern. Den maximala våghöjden har begränsats till 10% av våglängden, vilket innebär att den maximalt uppmätta våghöjden på 5 meter endast förekommer för våglängder på 50 meter och uppåt.



Figur 3. GZ-kurva, vågtopp placerad midskepps

Issued: 2020-11-23	Reference: DZ	File:	Page: 9
-----------------------	------------------	-------	------------

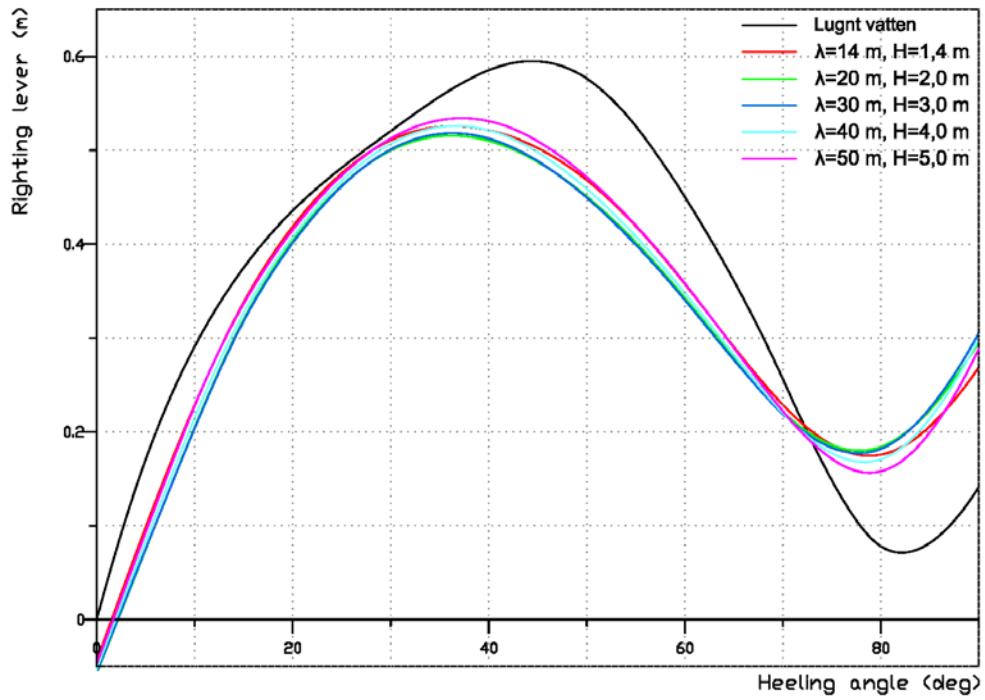


Figur 4. GZ-kurva, vågtopp placerad i aktern

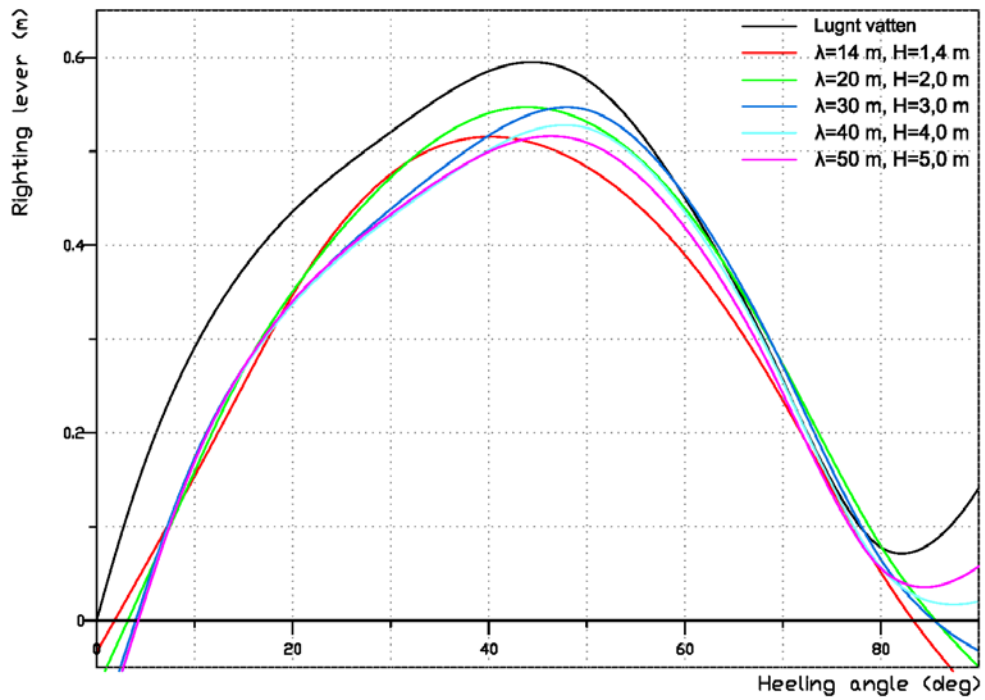
Viss påverkan på GZ-kurvan finns för samtliga våglängder när vågtoppen är placerad midskepps, och även för en 14 meter lång våg med vågtoppen placerad i aktern, men detta bedöms inte medföra några direkta risker då påverkan är liten.

Vid tillbudstillfället hade vågorna en utbredningsriktning från ca 240°. Lotsbåtens exakta kurs är inte känd, men kursen i farleden är ca 50°. Om man håller denna kurs kommer sjön in med 10° från aktern. I Figur 5 t.o.m. 8 visas påverkan på GZ-kurvan för våglängder motsvarande Figur 3 och 4, men med en vågriktning på 10° respektive 20° från aktern.

Issued: 2020-11-23	Reference: DZ	File:	Page: 10
-----------------------	------------------	-------	-------------

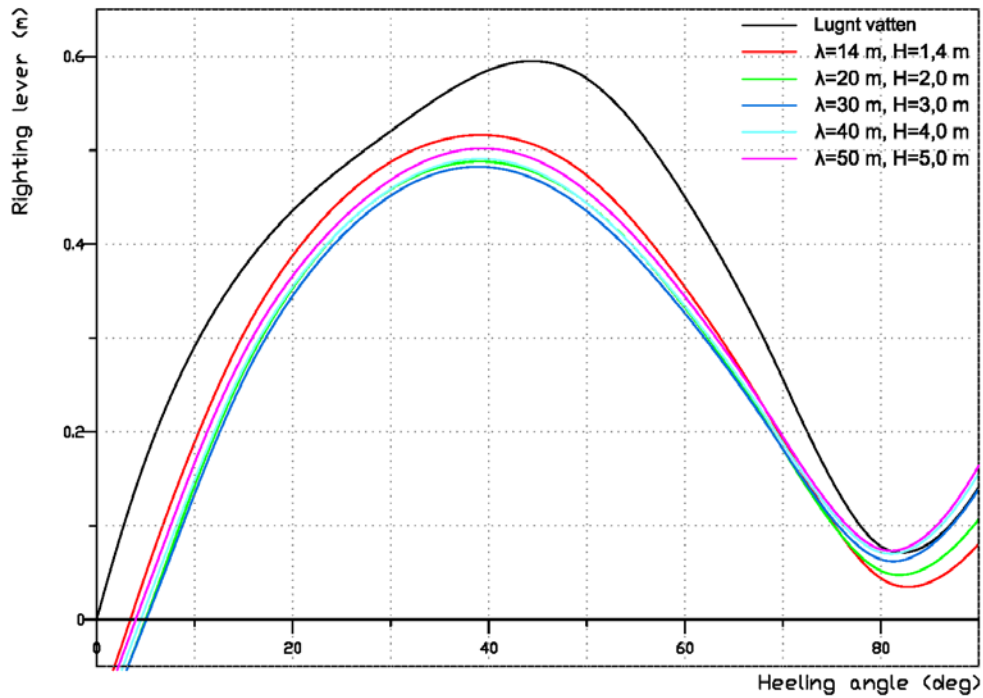


Figur 5. GZ-kurva, vågtopp placerad midskepps, 10°

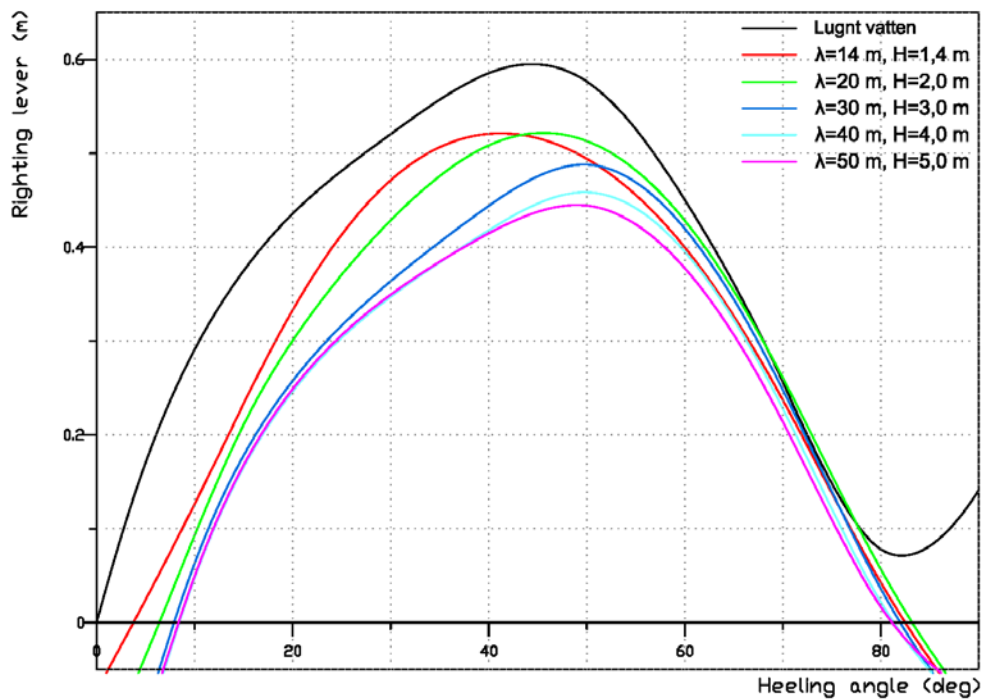


Figur 6. GZ-kurva, vågtopp placerad i aktern, 10°

Issued: 2020-11-23	Reference: DZ	File:	Page: 11
-----------------------	------------------	-------	-------------



Figur 7. GZ-kurva, vågtopp placerad midskepps, 20°



Figur 8. GZ-kurva, vågtopp placerad i aktern, 20°

Något större påverkan sker med sjön snett från aktern, men denna bedöms fortfarande inte innebära några direkta risker.

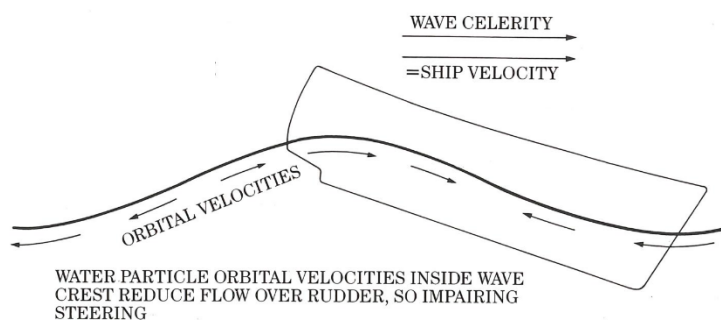
Även vid de minst gynnsamma vågtillstånden uppfylls de allmänna stabilitetskriterierna enligt avsnitt 3, vilka är ställda för lugnt vatten.

Issued: 2020-11-23	Reference: DZ	File:	Page: 12
-----------------------	------------------	-------	-------------

## 5.2 Broaching

### 5.2.1 Teori

Fenomenet broaching (*broaching-to*) uppstår när ett fartyg, i följande eller snett följande sjö, börjar surfa på en våg med aktern i vågtoppen. Hastigheten hos vattenpartiklarna i vågtoppen kan då göra att strömningen över rodret minskar till den grad att styrförmågan tillfälligt förloras. I kombination med förligt trim, stabilitetsförändring orsakad av vågen samt girande och krängande moment kan detta leda till att den kritiska situationen uppstår. Surfning leder inte alltid till broaching, men broaching föregås av att fartyget surfar.



**Figur 9. Princip för uppkomst av broaching [8]**

Surfning kan utvecklas när våghastigheten och fartygets hastighet är ungefär lika stor, våglängden är ungefär en till tre gånger fartygets längd och vågen är tillräckligt brant för att generera tillräcklig kraft framåt för att accelerera fartyget [5]. För lotsbåten är våglängdsintervallet 14 till 43 meter.

När broaching inträffar är det typiska förloppet att fartyget börjar surfa på vågens framkant samtidigt som det girar kraftigt. När fartyget når vågdalen har det vridits till att ligga tvärs vågriktningen och har slagsida åt lä på grund av giren. När efterföljande vågtoppar når fartyget från sidan kan slagsidan öka och i värsta fall kan fartyget kantra. Mest känsliga för broaching är mindre och slanka fartyg med relativt hög fart. Broaching i oregelbunden sjö är ett komplext fenomen som är svåröretsett och nästan omöjligt att påverka när det väl börjat utvecklas. Beskrivningen av händelseförloppet med lotsbåten överensstämmer väl med det typiska händelseförloppet enligt ovan.

### 5.2.2 Broachingkriteriet

För att analysera lotsbåtens känslighet för broaching har beräkningar enligt broachingkriteriet i den andra generationens stabilitetskriterier [9] utförts. Kriterierna är i dagsläget inte upptagna i något formellt regelverk, men kommer i sin slutgiltiga form att tas upp som ett tillägg till IMO International Code on Intact Stability 2008. Således kommer de att gälla för samma fartyg som omfattas av 2008 IS Code, vilket är fartyg med längd över 24 meter.

De kortaste exempelfartyg som har kunnat hittas i dokumentationen av IMO:s arbete är två fiskebåtar med ca 27 meters längd [10]. Enligt en fristående studie där fartyg av olika typer och storlekar, ner till ca 14 m längd, har utvärderats mot kriterierna enligt ovan är slutsatsen att snabba och korta fartyg är de som har svårt att uppfylla kriterierna [11].

Issued: 2020-11-23	Reference: DZ	File:	Page: 13
-----------------------	------------------	-------	-------------

Kriterierna är uppbyggda i flera nivåer med stegrad komplexitet hos beräkningarna. Nivå 1 för broaching är att fartyg med en längd på över 200 meter eller Froudes tal på under 0,3 inte bedöms vara känsliga för fenomenet.

Vid analys enligt Nivå 2 beräknas ett index  $C$  baserat på vågstatistik (scatterdiagram), vanligen för Nordatlanten, vilket ska vara lägre än 0,005. Indexet beräknas enligt följande ekvation

$$C_S(H_S, T_Z) = \sum_{i=0}^{N_\lambda} \sum_{j=0}^{N_\alpha} w_{ij} \cdot C_{2ij}$$

där  $w_{ij}$  är en statistiskt viktad faktor baserad på vågtillståndet och  $C_{2ij}$  är en koefficient beroende av kritiskt Froudes tal och fartygets fart. Koefficienten  $C_2$  bestäms genom en iterativ procedur av jämviktsberäkning mellan fartygets framdrivningsmotstånd, propellertryckkraft och vågens framåtriktade kraft. Nivå 2-beräkningen finns implementerad i NAPA och har utförts med indata enligt följande avsnitt.

### 5.2.3 Indata

En motståndskurva för lotsbåten vid det aktuella lastfallet har tagits fram med hjälp av Savitskys metod för planande (se Bilaga 3). Lotsbåten har två propellrar av typ Eliche Radice S9 med dimensioner enligt Tabell 2.

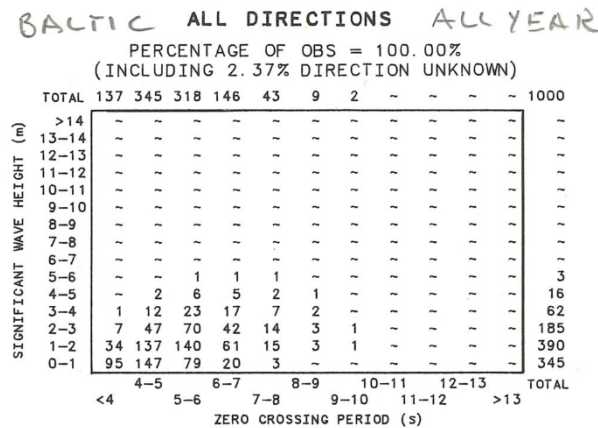
**Tabell 2. Propellerdata**

Bladantal	5
Diameter, $D$	33 tum = 84 cm
Stigning, $P$	43 tum = 109 cm
Stigningsförhållande, $P/D$	1,3
Bladareaförhållande	0,8

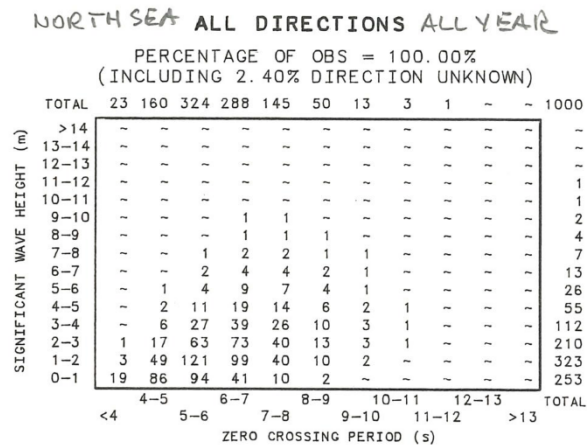
Som indata till beräkningen används propellerns tryckkraftskoefficient,  $K_T$ , som funktion av framdriftstalet,  $J$ . Någon  $K_T$ -kurva för den specifika propellertypen har inte gått att få fram under tidsramen för analysens genomförande, varför data för en seriepropeller (Wageningen B) med samma bladantal, bladareaförhållande och stigningsförhållande har använts (se Bilaga 3).

Istället för vågstatistik för Nordatlanten har vågstatistik för Östersjön och Nordsjön använts för analysen, då denna bedöms spegla förhållandena utanför Brofjorden på ett bättre sätt.

Issued: 2020-11-23	Reference: DZ	File:	Page: 14
-----------------------	------------------	-------	-------------



Figur 10. Scatterdiagram Östersjön [7]



Figur 11. Scatterdiagram Nordsjön [7]

## 5.2.4 Resultat

Lotsbåten har vid 15 knop ett Froudes tal på 0,65 vilket gör att den hamnar utanför det säkra intervallet enligt Nivå 1 och således behöver analyseras enligt Nivå 2. För en vattenlinjelängd på 14,3 meter motsvarar Froudes tal på 0,3 en fart på 6,9 knop.

Beräkningarna enligt Nivå 2 visar också att lotsbåten är känslig för broaching. Uppnått index överskrider det maximalt tillåtna för samtliga undersökta havsområden och är speciellt högt för Östersjön och Nordsjön, vilka bedöms motsvara det område inom vilket lotsbåten verkar.

Tabell 3. Resultat för broachingkriteriet

Område	Index, krav	Index, uppnått	Status	Kritisk fart [knop]	Kritiskt Froudes tal [-]
Östersjön	0,005	0,1580	Ej godkänt	5,7	0,251
Nordsjön	0,005	0,1063	Ej godkänt	5,7	0,253
Nordatlanten	0,005	0,0256	Ej godkänt	7,4	0,326



Issued: 2020-11-23	Reference: DZ	File:	Page: 15
-----------------------	------------------	-------	-------------

## 6 Slutsats

Lotsbåten har en intaktstabilitet som med god marginal uppfyller de allmänna stabilitetskriterier, baserade på GZ-kurvans egenskaper i lugnt vatten, som vanligen används. För de våglängder vars hastighet är i samma storleksordning som lotsbåtens är vågornas påverkan på GZ-kurvan liten och risken för stabilitetsförlust i följande sjö (*pure loss of stability*) bedöms vara låg.

Broaching riskerar att uppstå vid våglängder av ungefär en till tre gånger ett fartygs längd, vilket för lotsbåten motsvarar 14 till 43 meter. En våg med samma fart, 15 knop, som lotsbåten har en längd på 38 meter och har således en längd inom det intervall där broaching kan uppstå. Våglängden 38 meter motsvarar en vågfrekvens på 0,2 Hz vilket ryms inom det vågspektrum som mätts upp i Brofjorden vid tidpunkten för tillbudet. Baserat på ovanstående bedöms det inte som orimligt att broaching skulle kunna uppstå.

Lotsbåten har också analyserats enligt broachingkriteriet i den andra generationens stabilitetskriterier, vilket visar att den är känslig för broaching i samtliga undersökta områden och speciellt känslig i de förutsättningar som råder i svenska vatten. Det senare på grund av en större förekomst av kortare vågor, vilka ligger närmare lotsbåtens längd.

Issued: 2020-11-23	Reference: DZ	File:	Page: 16
-----------------------	------------------	-------	-------------

## 7 Referenser

1. Lewandowski, E. M.; *The dynamics of marine craft: Maneuvering and seakeeping*; World Scientific; 2004
2. Brown et al.; *Waves, tides and shallow-water processes*; Open University; 1999
3. Huss M.; *Fartygs stabilitet*, Jure; 2007
4. IMO MSC.1/Circ.1228; *Revised guidance for the master for avoiding dangerous situations in adverse weather and sea conditions*
5. Petacco and Gualeni; *IMO Second Generation Intact Stability Criteria: General Overview and Focus on Operational Measures*; Journal of Marine Science and Engineering; 2020
6. Bernitsas, Ray and Kinley;  *$K_T$ ,  $K_Q$  and Efficiency Curves for the Wageningen B-series Propellers*, University of Michigan; 1981
7. *Global Wave Statistics*, British Maritime Technology Ltd, Feltham 1986
8. Paffet; *Ships and water*; The Nautical Institute; London 1990
9. IMO SDC 7/5, *Finalization of Second Generation Intact Stability Criteria, Report of the Correspondence Group (Part 1)*
10. IMO SDC 3/6/6, *Finalization of Second Generation Intact Stability Criteria, Comments on draft criteria of surf-riding/broaching stability failure mode*
11. Masoudi; *Second Generation IMO Intact Stability Vulnerability Criteria and its Application to Ships Navigating in Persian Gulf and Oman Sea*, International Journal of Maritime Technology 2017

Issued: 2020-11-23	Reference: DZ	File:	Page: 17
-----------------------	------------------	-------	-------------

## Bilaga 1 – Hydrostatiska data

T	VOLM	VOLT	DISP	CB	LCB	LCF	KMT	TCP	MCT	LWL
m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t		m	m	m	t/cm	tm/cm	m
0.050	0.08	0.10	0.10	0.02	5.51	5.57	0.34	0.04	0.03	11.82
0.100	0.32	0.37	0.38	0.05	5.61	5.69	0.63	0.07	0.06	12.31
0.150	0.74	0.80	0.82	0.08	5.68	5.76	0.93	0.11	0.09	12.63
0.200	1.32	1.41	1.44	0.10	5.72	5.82	1.22	0.14	0.12	12.87
0.250	2.08	2.19	2.24	0.13	5.77	5.86	1.50	0.18	0.16	13.07
0.300	3.01	3.14	3.22	0.15	5.80	5.89	1.78	0.21	0.19	13.24
0.350	4.11	4.27	4.37	0.18	5.83	5.90	2.06	0.25	0.23	13.38
0.400	5.39	5.56	5.70	0.21	5.84	5.91	2.33	0.28	0.26	13.51
0.450	6.83	7.03	7.21	0.23	5.86	5.91	2.60	0.32	0.29	13.63
0.500	8.45	8.67	8.89	0.26	5.87	5.91	2.86	0.35	0.33	13.74
0.550	10.23	10.47	10.74	0.29	5.88	5.90	3.12	0.39	0.36	13.84
0.600	12.18	12.44	12.75	0.31	5.88	5.90	3.37	0.42	0.39	13.93
0.650	14.29	14.57	14.94	0.34	5.89	5.89	3.63	0.45	0.43	14.01
0.700	16.56	16.87	17.29	0.36	5.88	5.85	3.98	0.49	0.47	14.09
0.750	19.01	19.34	19.82	0.39	5.88	5.89	4.14	0.52	0.49	14.16
0.800	21.59	21.93	22.48	0.42	5.88	5.98	4.12	0.54	0.51	14.24
0.850	24.26	24.62	25.24	0.44	5.90	6.06	3.94	0.56	0.53	14.30
0.900	27.00	27.37	28.06	0.46	5.92	6.14	3.78	0.57	0.55	14.37
0.950	29.79	30.17	30.93	0.48	5.94	6.19	3.58	0.58	0.56	14.43
1.000	32.62	33.01	33.84	0.50	5.97	6.25	3.42	0.59	0.58	14.49
1.050	35.49	35.89	36.79	0.52	5.99	6.31	3.29	0.59	0.60	14.55
1.100	38.39	38.81	39.78	0.54	6.02	6.36	3.18	0.60	0.61	14.61
1.150	41.33	41.76	42.80	0.55	6.04	6.41	3.08	0.61	0.63	14.67
1.200	44.30	44.74	45.86	0.57	6.07	6.45	2.99	0.61	0.64	14.73
1.250	47.30	47.75	48.94	0.58	6.09	6.48	2.92	0.62	0.65	14.78
1.300	50.33	50.79	52.06	0.60	6.12	6.53	2.85	0.63	0.67	14.84
1.350	53.39	53.86	55.21	0.61	6.14	6.57	2.80	0.63	0.68	14.89
1.400	56.49	56.96	58.39	0.62	6.17	6.61	2.75	0.64	0.70	14.95
1.450	59.61	60.10	61.60	0.63	6.19	6.66	2.71	0.64	0.71	15.00
1.500	62.76	63.26	64.84	0.64	6.22	6.69	2.68	0.65	0.73	15.06
1.550	65.94	66.45	68.11	0.65	6.24	6.73	2.66	0.66	0.75	15.11
1.600	69.16	69.68	71.42	0.67	6.26	6.77	2.63	0.66	0.76	15.17
1.650	72.41	72.94	74.76	0.68	6.29	6.82	2.61	0.67	0.78	15.22
1.700	75.69	76.23	78.13	0.69	6.31	6.86	2.60	0.68	0.80	15.28
1.750	79.00	79.55	81.54	0.69	6.33	6.90	2.59	0.68	0.81	15.33
1.800	82.34	82.91	84.98	0.70	6.36	6.95	2.58	0.69	0.83	15.38
1.850	85.72	86.29	88.45	0.71	6.38	6.99	2.58	0.70	0.85	15.44
1.900	89.13	89.72	91.96	0.72	6.41	7.04	2.58	0.70	0.87	15.49
1.950	92.57	93.17	95.50	0.73	6.43	7.09	2.57	0.71	0.88	15.54
2.000	96.04	96.65	99.06	0.74	6.45	7.14	2.56	0.72	0.90	15.59
2.050	99.54	100.15	102.66	0.75	6.48	7.18	2.56	0.72	0.92	15.64
2.100	103.06	103.68	106.28	0.76	6.50	7.23	2.55	0.73	0.93	15.69
2.150	106.60	107.23	109.92	0.76	6.53	7.27	2.55	0.73	0.95	15.74
2.200	110.15	110.80	113.57	0.77	6.55	7.31	2.54	0.73	0.96	15.79
2.250	113.73	114.39	117.25	0.78	6.58	7.34	2.53	0.74	0.98	15.84
2.300	117.32	117.99	120.93	0.79	6.60	7.36	2.53	0.74	0.99	15.89

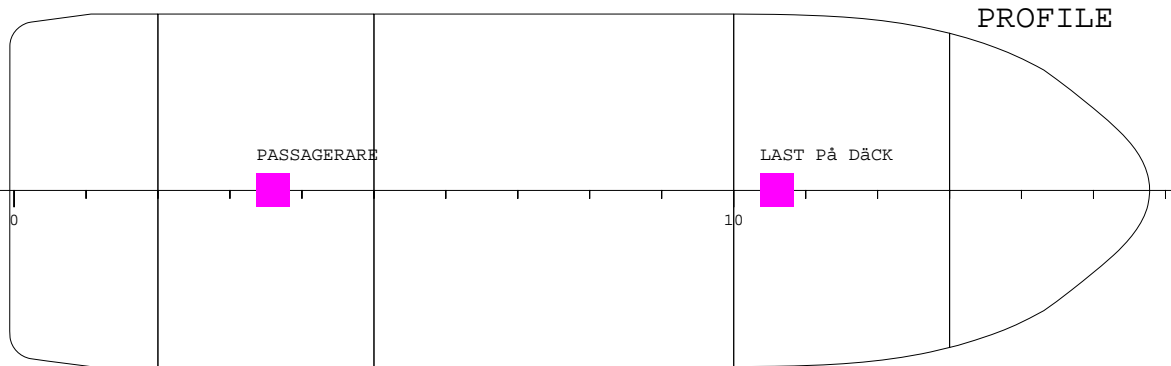
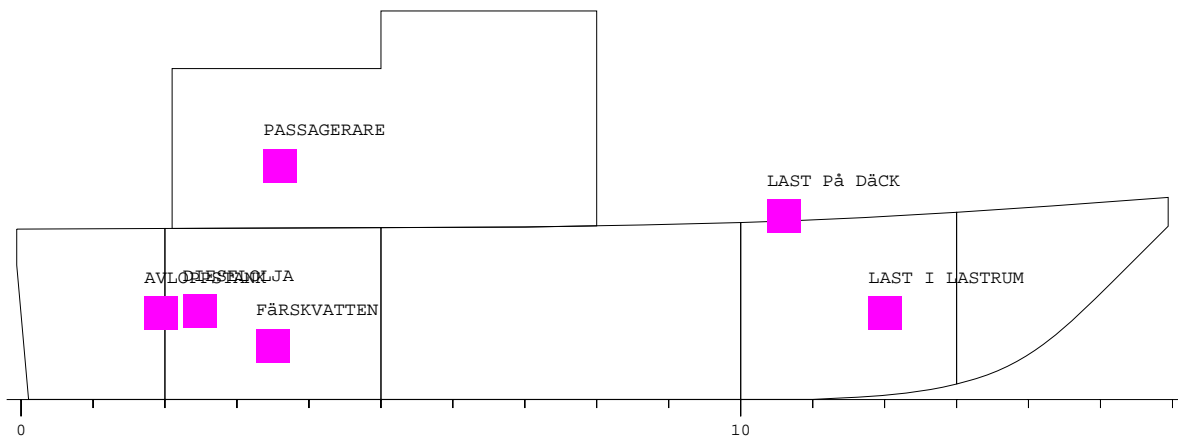
Issued: 2020-11-23	Reference: DZ	File:	Page: 18
-----------------------	------------------	-------	-------------

## Bilaga 2 – Lastkondition

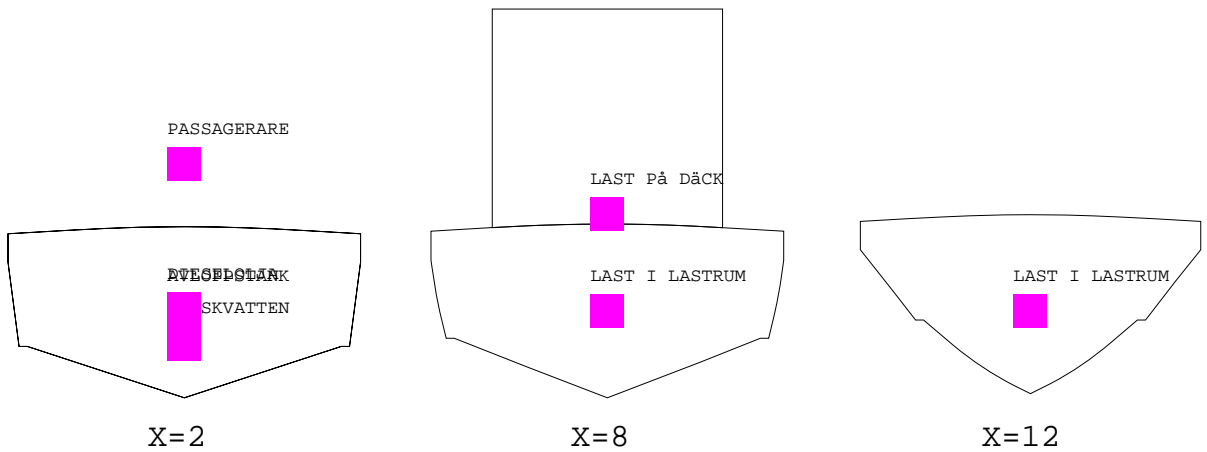
Lastkondition: LK\_200121

FLOATING POSITION

Draught moulded	0.868 m	KM	3.86 m
Trim	0.014 m	KG	1.76 m
Heel, PS=+	0.0 deg		
TA	0.875 m	GM0	2.10 m
TF	0.861 m	GMCORR	-0.02 m
Trimming moment	-1 tonm	GM	2.08 m

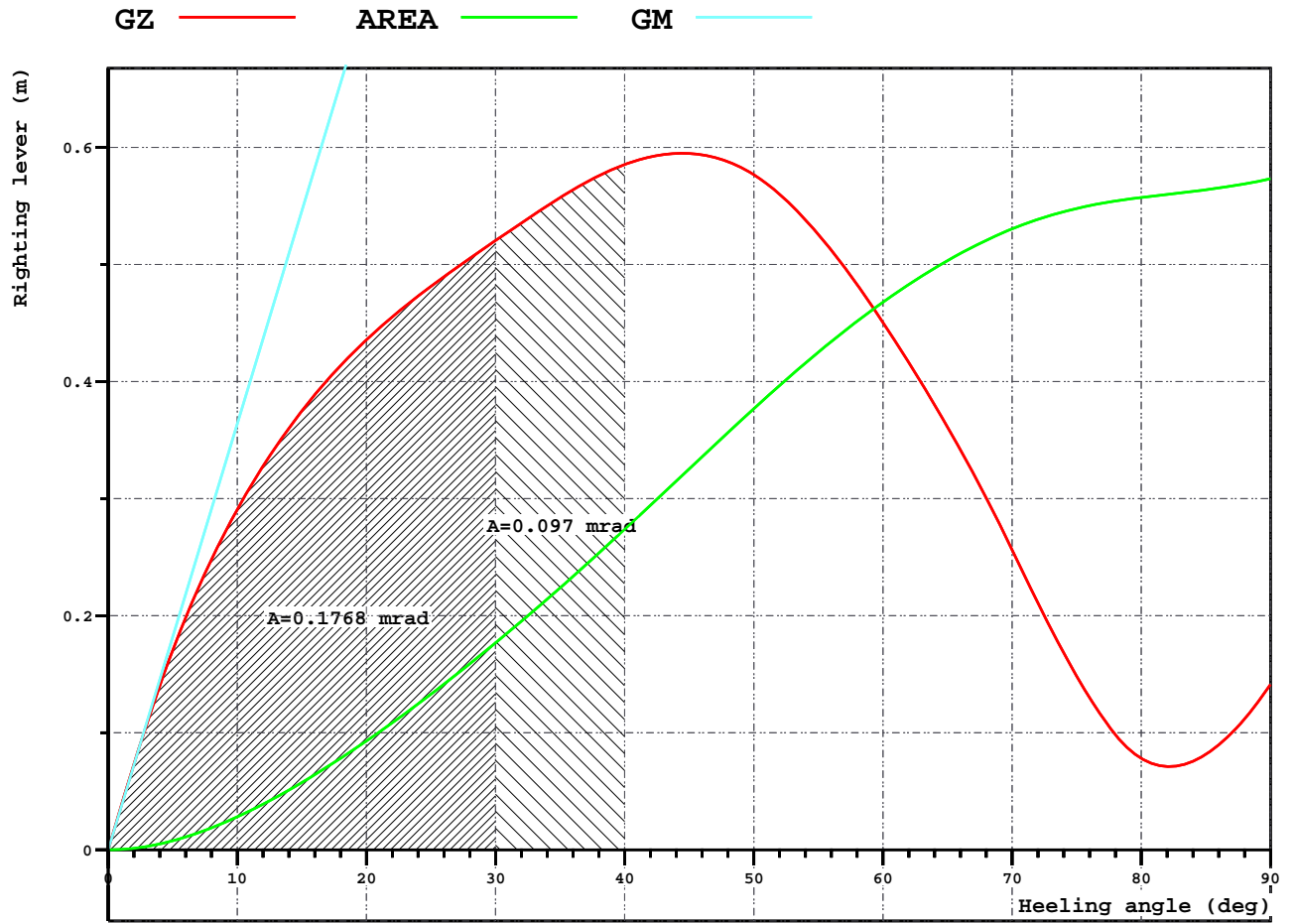


Z=2.25



DESCRIPTION	MASS t	FILL %	LCG m	TCG m	VCG m	FRSM tm	DENS t/m3
CONTENTS=Cargo (RHO=1.000)							
LAST I LASTRUM	0.350	0.0	12.01	0.00	1.20	0.00	1.000
PASSAGERARE	0.075	0.0	3.60	0.00	3.25	0.00	1.000
SUBTOTAL	0.425		10.53	0.00	1.56	0.00	
CONTENTS=Diesel Oil (RHO=0.860)							
DIESELOLJA	1.300	0.0	2.48	0.00	1.23	0.40	0.860
CONTENTS=Fresh Water (RHO=1.000)							
FÄRSKVATTEN	0.100	0.0	3.50	0.00	0.75	0.00	1.000
TOTAL	1.825		4.41	0.00	1.28	0.40	
Lightweight	24.520		5.99	0.00	1.80		
Deadweight	1.825		4.41	0.00	1.28		
Total weight	26.345		5.88	0.00	1.76		





HEEL deg	KN m	GZ m	AREA mrad	FSMOM tm	DGZ m
0.0	0.000	0.00	0.000	0.0	0.000
5.0	0.325	0.17	0.008	0.0	0.001
10.0	0.600	0.29	0.028	0.1	0.003
15.0	0.835	0.37	0.057	0.1	0.004
20.0	1.044	0.44	0.093	0.1	0.005
30.0	1.410	0.52	0.177	0.2	0.008
40.0	1.729	0.59	0.274	0.3	0.010
50.0	1.940	0.58	0.377	0.3	0.012
60.0	1.991	0.45	0.468	0.3	0.013
70.0	1.928	0.26	0.530	0.4	0.014
80.0	1.830	0.08	0.557	0.4	0.015
90.0	1.921	0.14	0.573	0.4	0.015

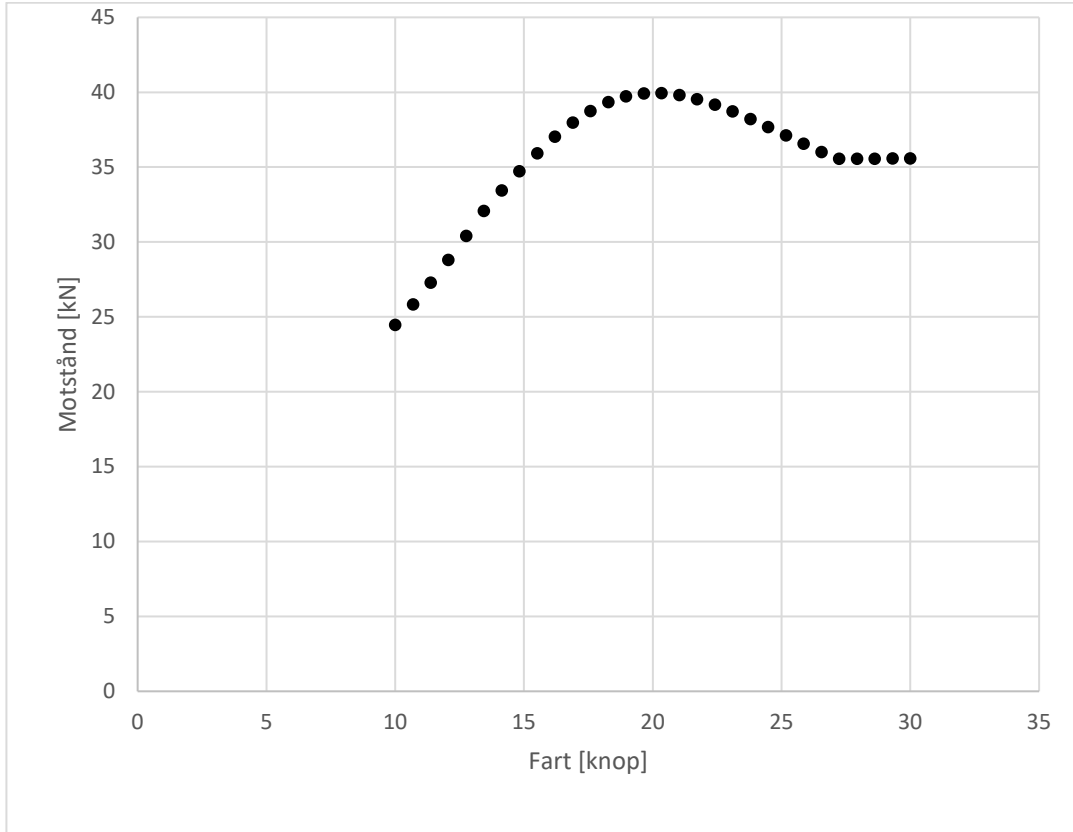
Loading condition: LK\_200121

CRITERIA	REQ	ATTN UNIT	MAXKG STAT
Area under GZ curve up to 30 deg.	0.055	0.177 mrad	2.673 OK
Area under GZ curve up to 40 deg.	0.090	0.274 mrad	2.550 OK
Area under GZ curve btw. 30-40 deg.	0.030	0.097 mrad	2.434 OK
Max GZ > 0.2	0.200	0.595 m	2.405 OK
Max. GZ at an angle > 25 deg.	25.000	44.408 deg	2.280 OK
GM > 0.15 m	0.150	2.085 m	3.699 OK

Issued: 2020-11-23	Reference: DZ	File:	Page: 19
-----------------------	------------------	-------	-------------

## Bilaga 3 – Indata broachingkriteriet, Nivå 2

### Motståndskurva beräknad enligt Savitskys metod



### $K_T$ -kurva för Wageningen B-serie, 5 blad, $AE/A_0=0,80$ [6]

