



## RAPPORT

Datum:  
2011-01-11

SSPA Rapport Nr.:  
2010 5621

Projektledare:  
Peter Ottosson

Författare:  
Ulf Lindberg  
Ulf.lindberg@sspa.se  
031-772 90 09

Göteborgs Hamn AB  
Port Development & Sustainability  
SE-403 38 GÖTEBORG

Referens:  
Fredrik Andersson

## Arendal 2 - Förtöjningssimuleringar

En simuleringsstudie har genomförts för att utvärdera förtöjningslaster för nya terminaler vid Arendal. Fartygsmodellerna som används i simuleringarna är Ro-ro-fartyg framtagna vid föregående manöversimuleringar. Två förtöjningsarrangemang har provats.

SSPA Sweden AB

SSPA Sweden AB

Jim Sandkvist  
*Vice President*  
*Maritime operations*

Peter Ottosson  
*Projektledare*  
*Maritime Operations*

---

### SSPA SWEDEN AB – YOUR MARITIME SOLUTION PARTNER

HUVUDKONTOR: Box 24001 · 400 22 Göteborg · Sverige · Tel: 031-772 90 00 · Fax: 031-772 91 24

BESÖKSADRESS: Chalmers Tvärgata 10 · 412 58 Göteborg · Sverige

REGIONKONTOR: Fiskargatan 8 · 116 20 Stockholm · Sverige · Tel: 031-772 90 00 · Fax: 08-31 15 43

INTERNET: www.sspa.se · E-MAIL: postmaster@sspa.se · ORG NR/VAT NO: SE556224191801

## **Sammanfattning och rekommendationer**

En simuleringsstudie har genomförts för att utvärdera förtöjningslaster vid förtöjning vid de planerade kajerna vid Arendal. Simuleringarna har körts med två olika Ro-ro-fartyg på 230 och 260 meter. Vindstyrkor som testades var mellan 14 och 30 m/s

Simuleringsstudien visade att västliga och ostliga vindar ger störst problem. Västliga därför att fartyget lätt kommer i rörelse och resonansproblem kan uppstå. Vid ostliga vindar trycks fartyget ut från kajen och, framförallt tvärändar i för och akter utsätts för stora belastningar.

Springlinorna är inte i något fall överbelastade, utan låg under 50 tons belastning i alla vindstyrkor och riktningar. Största belastningen utsattes akterändan på det större fartyget för där lasten uppgick till 160-170 ton vid 30 m/s.

## Innehållsförteckning

	<b>Sammanfattning och rekommendationer .....</b>	<b>2</b>
<b>1</b>	<b>Inledning .....</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Fartygsdata .....</b>	<b>5</b>
1.1	Vindförhållanden.....	6
<b>2</b>	<b>Pollare och fendrar .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Resultat av förtöjningssimuleringar .....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Slutsatser.....</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Referenser.....</b>	<b>12</b>

# 1 Inledning

I dagsläget finns i Arendalshamnen, som är del av Göteborgs hamn, två kajplatser. Båda har ett vattendjup av 9,80 m och är avsedda för ro/ro fartyg med akterramp. Avsikten är att bygga cirka 180 000 m<sup>2</sup> terminalyta samt två nya kajplatser avsedda för främst RoRo-trafik. Det är även möjligt att en kombination av RoRo och LoLo blir aktuellt. I samband med framtagandet av en ny detaljplan för området har SSPA fått i uppdrag att göra en manöver – och förtöjningsstudie. Projektet består då av två delar, en del är att göra manöversimuleringar i SSPA's Compact Bridge Simulator (CBS) och den andra delen att göra förtöjningssimuleringar. I den här rapporten beskrivs förtöjningssimuleringarna.



Figur 1: Fotomontage över Arendal 2

Syftet med förtöjningssimuleringarna är dels att definiera vindgränser för säker förtöjning och dels att ta fram krafterna i förtöjningarna så att pollare kan dimensioneras.

Studien är utförd i följande steg:

1. Inspektion av befintliga arrangemang och förslag till arrangemang för det nya kajerna i samråd med kunden.
2. Simuleringar i olika vindriktningar och vindstyrkor.
3. Analys och resultatpresentation.

## 1 Fartygsdata

Enligt hamnens uppgifter är det svårt att säga vilka fartyg som på sikt kommer att trafikera RoRo-hamnen i framtiden. För närvarande trafikeras Arendalshamnen och västra Älvsborgshamnen av Tor Lines Blombåtar: Tor Begonia, Tor Ficaria, Tor Freesia, Tor Magnolia, Tor Petunia och Tor Primula. De tre förstnämnda fartygen har en längd på 230,43 meter, en bredd på 26,50 meter och ett djupgående på 7,35 meter. De tre sistnämnda fartygen har samma bredd och är lika djupgående men har en längd på 199,80 meter. De tre förstnämnda fartygen har nyligen förlängts från 200 till 230 meter och det finns en trend där Ro-ro-fartygen blir längre och längre, kanske ända upp till 260 meter (Andersson, 2010). Parametrarna för i simuleringen använda fartyg visas i Tabell 1.



Figur 2: En förlängd Tor Ficaria, källa:(Andersson, 2010)

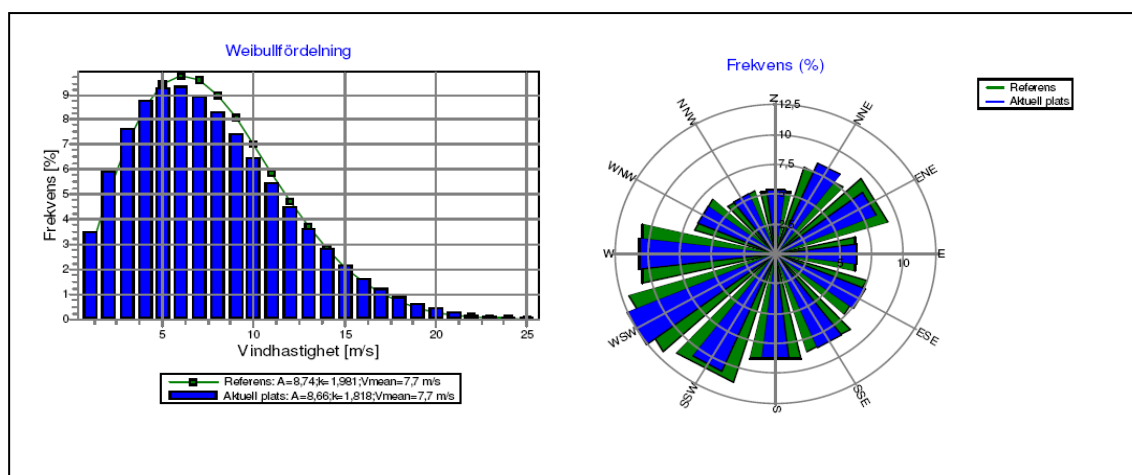
Fartygsparameter	Dim	Storlek					
		200m	230 m		260 m		
		Fullast	Fullast	Ballast	Fullast	8.5m	Ballast
Längd över allt	m	199.8	230.0		260.0		
Perpendikellängd	m	189.7	212.0		246.0		
Bredd	m	26.5	36.0		40.8.0		

Fartygsparameter	Dim	Storlek					
Djupgående, akt.	m	7.3	8.5	6.9	9.0	8.5	7.2
Djupgående, för	m	7.3	8.5	6.1	9.0	8.5	6.4
Deplacement	m <sup>3</sup>	20900	45495	30949	54454	45874	37044
Tyngdpunktsläge i långskeppsled rel L/2	m	-7.19	-8.3	-6.1	-5.5	-5.8	-10.6
Vertikalt tyngd- punktsläge relativt baslinjen – KG	m	12.1	12.1	13.44	13.86	13.23	11.65
Metacenterhöjd GM	m	1.25	1.26	3.10	1.27	1.37	4.88
Lateral vindarea	m <sup>2</sup>	4318	4971	6382	5619	5564	7113
Transversell vindarea	m <sup>2</sup>	702	1081	1345	1081	1071 </td <td>1360</td>	1360

Tabell 1: Fartygsdata – Huvuddimensioner

## 1.1 Vindförhållanden

Vindstatistiken för Göteborg visas i Figur 3. Utifrån den och utifrån bedömningarna av mest kritiska vindriktningar har det gjorts ett körningsprogram med olika vindförhållanden. Figurerna visar att dominant vindriktningen är WSW och att det blåser kring 1 % av tiden 20m/s och mer.



Figur 3: Vindförhållanden i Göteborg

## 2 Pollare och fendorar

Pollarna är placerade enligt Figur 4. Springpollarna sitter i kajkanten medan tvärändarna och för och akterändar förtöjs 30 m in på kajen för att ge en gynnsam vinkel på trossen.



Figur 4. Pollarplacering och förtöjningsarrangemang för de två testade fartygsstorlekarna. 230 m fartyget till vänster och 260 m fartyget till höger.

Det här föreslagna förtöjningsarrangemanget består av:

- Dubbla akterändar
- Dubbla tvärändar i aktern
- Dubbla akterlig spring
- Dubbla förliga spring
- Dubbla tvärändar i fören
- Dubbla förändar

Det vill säga totalt 12 linor.

Simuleringarna startar med fartyget liggande kloss an mot fendorarna och en förspänning på 100 kN i samtliga förtöjningar. Simuleringarna körs med

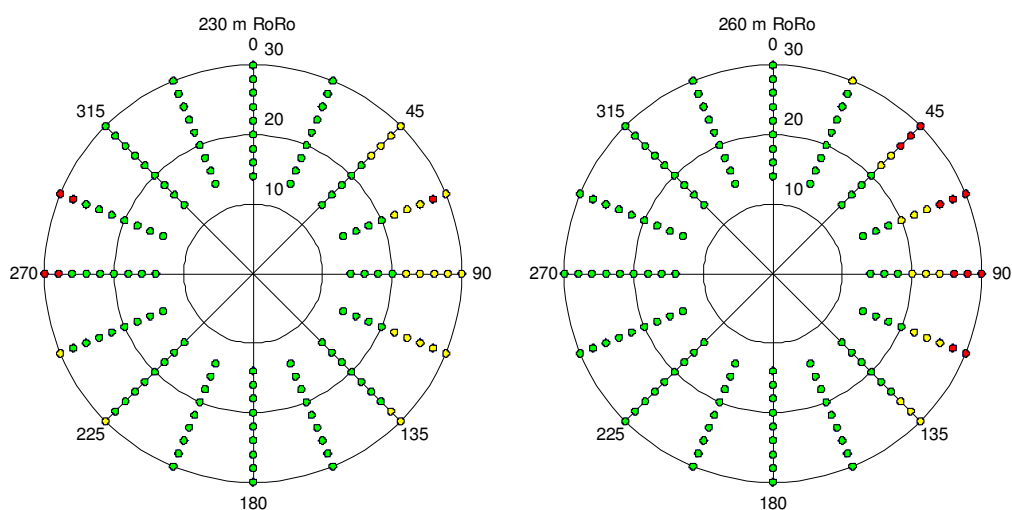
fartygen i ballastkondition eftersom det ger störst vindareor och därför störst laster på förtöjningarna. Fendrarna är placerade med ett inbördes avstånd på 40 m och bestod från början av vardera två element Fentec unit element fender UE900x1400 (E1.4), som gav en total energiupptagning per fender på 640 kN/m [1]. Dessa fendrar ändrade under simuleringarna till något större med högre reaktionskraft och högre energiupptagning, (UE1400x1400). Anledningen till detta var att de mindre tillät fartygen (speciellt det mindre) att komma i "självsvängning" med stora rörelseamplituder. Fartygen har ju stora vindareor, speciellt i de ballastade konditionerna som här förutsatts. Det bör här observeras att i simuleringarna betraktas fartyget som en stel kropp, medan fartyget i verkligheten är något flexibelt och därmed energiupptagande, varför simuleringarna i detta avseende är konservativa. De ursprungliga fendrarna bör därför vara tillräckliga som också redovisats i en fenderdesign redovisad i SSPA Rapport 2010 5621-2.

Linorna som använd antas ha en fjäderkonstant på 7029 kN/m men på varje lina sitter en sabb som ger en effektiv fjäderkonstant på 469 kN/m.



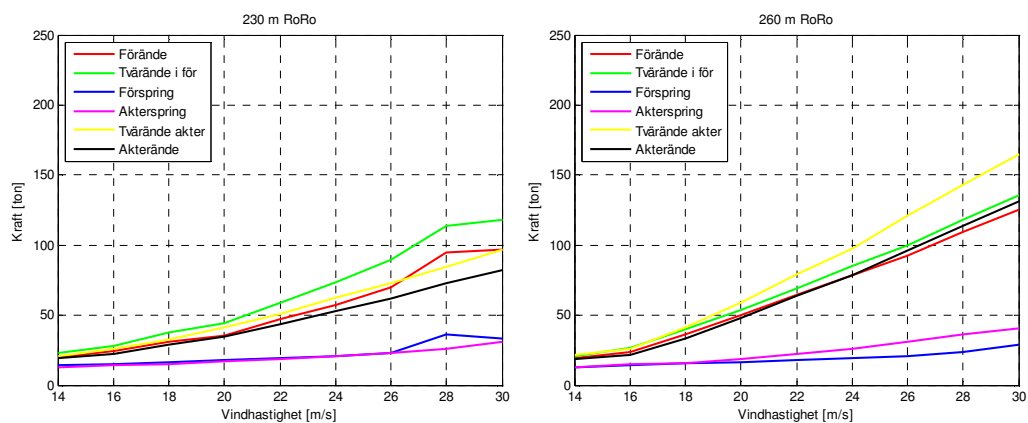
### 3 Resultat av förtöjningssimuleringar

Simuleringarna har gjorts i 16 olika vindriktningar och 9 olika vindhastigheter från 14 m/s till 30 m/s. Vindhastigheterna anger medelvindstyrkor. I simuleringarna har vindstyrkan varierats något kring detta medelvärde. Resultaten redovisas i polärddiagram och ett diagram som visar maxkraft för respektive förtöjning vid de olika vindstyrkorna. Nedanstående polärddiagram (Figur 5) visar vid vilka vindstyrkor och vindriktningar som någon av förtöjningarna belastas över brottgräns (rött märke) eller halva brottgränsen (gult märke). Varje förtöjning antas bestå av dubbla trossar där varje tross klarar 100 ton så röd prick visar att någon av linorna har belastats med mer än 100 ton och gul prick visar att någon linorna har belastats över 50 ton. Vid ostliga vindriktningar klarar förtöjningarna på 230 m fartyget vindstyrkor upp till ca 30 m/s. vid västliga vindar går gränsen vid ca 26-28 m/s. 260 meters fartyget får problem vid ostliga vindar över ca 24 m/s. Övriga vindriktningar klaras i 30 m/s utan att någon förtöjning belastas med mer än 100 ton.



Figur 5. Polarplottar över vilka vindriktningar och vindhastighet som ger kritisk belastning. Röd prick visar att någon av förtöjningarna har belastats med mer än 100 ton och gul prick visar att någon förtöjning har belastats över 50 ton. Framtaget med modifierade fendorar och minskade vindbyar.

Figur 6 visar den maximala kraften som respektive förtöjning belastas med vid de olika vindstyrkorna, alltså en största kraften för den värsta vindriktningen. Här ses att endast den främre tväränden (grön linje) belastas över 100 ton på det mindre fartyget. För det större fartyget är det den aktere tväränden som belastas hårdast (gul linje). Denna överstiger 100 ton redan vid 24 m/s.



Figur 6. Maximala förtöjningskrafter för respektive vindhastighet oavsett vindriktning, alternativ 2. Framtaget med modifierade fendorar och minskade vindbyar.

## 4 Slutsatser

Simuleringsstudien visade att västliga och ostliga vindar ger störst problem. Västliga därför att fartyget lätt kommer i rörelse och resonansproblem kan uppstå. Vid ostliga vindar trycks fartyget ut från kajen och, framförallt tvärändar i för och akter utsätts för stora belastningar.

De fendrar som ursprungligen testades, med två element UE900x1400, räckte i de större vindstyrkorna inte till, utan förorsakade resonansproblem (stora rörelser hos fartyget med stora fenderintryckningar och höga linkrafter). Med de större fendrarna, UE1400x1400, erhöles betydligt mindre rörelser och därmed mindre krafter. Det bör här observeras att i simuleringarna betraktas fartyget som en stel kropp, medan fartyget i verkligheten är något flexibelt och därmed energiupptagande, varför simuleringarna i detta avseende är konservativa. De ursprungliga fendrarna bör därför vara tillräckliga som också redovisats i en fenderdesign redovisad i SSPA Rapport 2010 5621-2.

Springlinorna är inte i något fall överbelastade, utan klara samtliga testade vindförhållanden, dvs. medelvindar upp till 30 m/s. Maxkrafterna i de övriga linorna låg under 50 ton i samtliga medelvindar under 20 m/s och under 100 ton i samtliga under 26 m/s. Gränsen för att klara samtliga vindar upp till 30 m/s var 130 ton.

## 5 Referenser

1. SSPA Rapport 2010 5621-2
2. Andersson, F. (den 09 09 2010). PM Sjöfart Arendal 2. Göteborg: Göteborgs hamn.
3. N., N. (2010). *Ships under construction*. Hämtat från Ignazio Messina: <http://www.messinaline.it/wps/portal/messina> den 18 10 2010