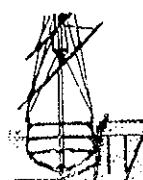


# Langeland Kommune

## Ophalerbeddingen i Rudkøbing

Tilstandsundersøgelse oktober 2016

1. november 2016



**M. S. Rosbæk** ApS.  
Rådgivende ingeniører

Færgevej 4 · 5700 Svendborg  
Tlf. 6221 5021 · Privat 6222 5596  
Mobil 2029 4021 · Fax 6221 2184

F.R.I. 

### Undersøgelsens baggrund og omfang:

Langeland Kommune bad oktober 2016 M. S. Rosbæk Aps Rådg. Ing. om at foretage en tilstandsundersøgelse af det eks. beddingsanlæg i Rudkøbing Fiskerihavn.

Der er tale om en besigtigelse med registrering af skader, herunder undervandsbesigtigelse incl. fotos/ skitser, således, at beddingens nuværende kapacitet kan vurderes.

Beddingens undervandsdel er beset som ingeniørudkugning. Undertegnede er erhvervsdykker med certifikat for sådant arbejde.

Visse væsentlige historiske data er os tilgæet via Bent Hansen (BH) ansat Rudkøbing Havn.

### Beddingens kendte data:

Beddingen er en traditionel ophalerrampe fra 1914, retlinet 1 på 10 fra kote ÷ 5,4 til toppen kote + 3,55.

Beddingens princip er et bærende *midterløb* med 2 skinner og to sideløb med hver 1 skinne.

Alle skinner er fæstnet med *skinneskruer* i det langsgående løbstømmer. Sideløbet er ca. 250 x 250 pr. skinne.

På land hviler løbstømmeret i dag på en betonplade af nyere dato.

Under pladen findes de oprindelige pæle der er rammet pr. 1,22 m under midterløbet.

Sideløbepæleafstande er antageligvis det dobbelte.

Beddingen er i dag 28,5 m lang, oprindeligt var den 31,3 m.

Køres vognen helt ud, da vil en kølsætning kunne ske med en stævndybgang på:

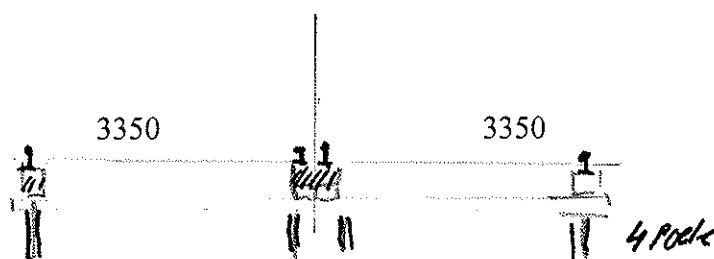
- $5,40 + 28,5 \times 0,1 + 0,75 \sim 1,80$  m
- BH oplyser:  $\div 1,80$  m agter  $\sim + 1,05$  for

Dette burde betyde at beddingen d.d. kan køre ca. halvvejs ud.

Beddingens underdel er opbygget af:

- 3 løbsdragere, midterløb bredde 50 cm, sideløb bredde 25 cm.
- Løbsdrageren hviler pr. 1,22 m på tværgående 25 x 17,5 tværdragere
- Trædragerne hviler på rammede Ø20 cm pæle (Eg? / Gran?) 2 pr- 1,22 i midtløbet – og muligvis med større afstande i sideløbene.

Sideløbene er kun belastet af diffuse sidekræfter, skibets vægt skal lande på det altbærende midterløb.



Typisk tværsnit

Det skal bemærkes at beddingen ender i  $\div 5,4$

Beddingens vestre del befinder sig da nede i en udgravning, da havnens dybde antageligvis har været 4 m.

Havnen er d.d. tilslammet til vanddybden ca.  $\div 2,75$  m.

Beddingens vogn er en 28,5 x 8 m flade, der via 5 tværdragere og 4  $45^{\circ}$  kryds danner en relativ stor ramme der er boltet på et større antal *løbshjul* dels pr. 630 i midterløbet og dels pr. ca. 3,5 m i sideløbene.

Den selvkørende beddingsramme = vognen, er forsynet med 4 indstillelige, lodrette sidestøtteben der kan sikre skibet mod væltning. Detaljen ses på originaltegningen (bilagt).

Vognen trækkes op af et *spil* af en *spilmotor* i et *spilhus*. Trækket etableres via en trækwire (Ø40/42 flettet ståltov).

Beddingsløbets flade er i ca. kote 0,15 forsynet med en tværgående rende i beton og ståldæksel til brug for opsamling af miljøvand til en udskiller ret syd for renden (foto 7).

### **Historie.**

Beddingens originaltegning fra 1914 nævner en kapacitet på "150 bruttoregister-ton".

Dette mål er svært omsætteligt til tons, thi BRT går mere på en typisk skibstype, end på den faktiske vægt.

Ser vi på et typisk mindre skib på 150 BRT da fås:

- $l = 31,5$        $b = 6,5$        $d = 3,1$  (max)
- Typisk BRT = 150 ton, men ....
- Displacement = vandfortrængningen = vægten på beddingen, er da lig 438 ton, altså en ganske anden oprindelig vægtgrænse!!

Regner man lidt på dette, så passer det fint med antal hjul, spil og spilwiren.

Beddingen er fra starten altså langt større i sin kapacitet end d.d. oplyst/ omtalt.

### **Beddingens tilstand.**

#### *Spilhuset:*

Spilhuset (se foto 1 og 2) er et flot, men nedslidt ældre havnehus i lodrette brædder.

#### *Spillet:*

Er oplyst (BH) at være helt udmærket, men at der pt skulle være en elektrisk fejl.

Spillet vurderes af MSR til at være fuldt funktionsdygtigt efter smøring og almindelig eftersyn.

#### *Wiren:*

Wiren er så stærk at den passer til et skib på 438 tons og altså ganske overdimensioneret i forhold til eks. mindre last.

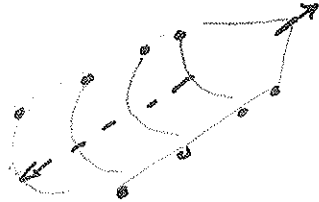
Wiren vurderes ikke at være nedslidt.

### *Vognfæstne wire:*

Foto 3 og 4 viser at wiren ender i en to snits M48.

Denne er præcis lige så stærk som wirens udnyttede last, - og lig optrækslasten for et 438 tons skib.

Overførelsen af lasten 45 tons ses af Foto 4 at gå i 4 x 2 snit M24 bolte eller max 16 tons bæreevne. Resten går ud i de to 45° rør til sidevognen. Dette dur ikke, da vognen således skævtrækkes. Altså: lasten fra midtersporet trækkes op via skæv bøjning i vogndragerne.



Modsat så er brudlasten d.d. nok kun 8 – 10 tons eller dermed en skibsvægt på max 100 ts før skrævtrækket vil være opstået. Altså for skibe op til max 80 a 100 tons da er forbindelsen fortsat ok.

### *Vognen:*

Vognen er nu af ældre dato (foto 5, 6 og 7).

Det ses, at de bærende hjul ligger så tæt 0,63 m, at lasten vil gå direkte til hjulet uden bøjning i vognens langsgående midterdrager.

Foto 5 og 6 viser nogle samlinger som burde laskes med stålplade.

Vognens boltesamlinger er meget rustne og boltene må nok forventes at skulle udskiftes indenfor 5 a 10 år.

Det lodrette sidestyrende arrangement (foto 7) og de bagerste vandrette Ø50 krydsstænger trænger alle til reparation.

### *Vognhjulene:*

Alle vognhjul bør overhales/ smøres. Der er tale om grove lejer uden særligt lejegods.

Stedvist er der ingen underflangedækning på hjulakslen. Det vil sige, at hjulet kan falde af hvis beddingens underbygning giver sig under ophalingen.

### *Vogngravens vestende:*

Der er to halve støttemure, én på hver side af beddingens Ndr./ Sdr. side i overgangen fra land til vand.

Foto 8 og 9 viser, at den Ndr. vægs bærende stolper er aldeles rådne og kollaps må være nært forestående. Væggen er max 1,5 m høj.

Den Sdr. væg er af nyere dato og ganske ok og udført som forankret spuns i Azobe-tømmer (foto 10).

### *Skinnelegemet:*

Skinnerne på land er fornyede og ok, dog ses foto 10 et uforståeligt ”opspring” / bump på 10 – 15 mm i højden. Dette er sjusk fra sidste omlægning.

Endvidere ses foto 10 diverse halve cirkelhuller i skinnernes underflange.

Der mangler generelt skinneskruer eller også er disse bortrustet, se også foto 11, 12 og 13.

Foto 12 viser en bremseplade med hakker.

Dette ældre system skulle sikre vognen hvis wiren var slæk/ sprang.

Systemet bruges ikke i dag da wiren altid er tot. Dertil har man sikret vognen via en svær kæde ved beddingshuset.

Skinnerne er fulgt ud i havnen til en dybde af ca. 3 – 3,2 meter, idet man der er ca. ½ m nede i sort havneslam med hvidt svovlbrintebakteriel aktivitet på overfladen ("liglagen") se foto 14 hvor sideløbet går over i mudderbund til højre i billedet. Ditto foto 15 Sdr. sideløb.

Foto 16 og 17 viser skinneløbene, dels midterløbets to skinner og dels sideløbet incl. dennes langsgående løbsdrager, samt skinneskruer.

Skinnens overflange er ca. 25 mm på land i tykkelse. I vandet er skinnen nedslidt til 10 – 15 mm. Skinnerne oplyses (BH), at gå over i et nyere I jern længst mod vest. Vi fandt ikke dette I jern, da beddingens vestre del er totalt begravet i dynd.

Der ses ikke opsat nogle korrosionssikrende offer-anoder på beddingssystemet.

#### *Underbygningen:*

Der fandtes løbsdragere på den sydlige strækning i et hårdt træmateriale. Indstik med skruetrækker og muggert var ikke muligt. Det lykkedes at frigraave to af de bærende tværdragere under løbstømmeret. Disse dragere var meget bløde for indstik (6 – 8 cm to slag). Tømmeret er råddent.

Ca. 20 – 40 m ude, men kun i Ndr. sideløb, fandtes udlagt ral 15 – 40 mm.

Dette stemmer overens med BH's oplysninger om at man i 1980'erne frispulede hele løbet og fandt rådne tværbjælker/ pæle. Det valgtes da at udlægge ral med det sigte, at man da kunne overføre langdragerlasten til ral og derpå direkte til den dybere havbunds faste ler.

Det vil sige, at en del af beddingen bæres mere eller mindre af *ral* – og stedvist på rådne tværdragere.

Vestligst er det da spørgsmålet om der overhovedet er nogen bæring i tømmeret fra 1914.

BH oplyser, at et beddingssat skib bevirker at sidestøtterne åbner sig 3 – 5 cm når skibet er på land.

Dette passer med observation af råd i midtløbet.

Når skibet træder an, da presses midtløbet + vogn nedad i en bue og sidestolperne presses nu *ind* mod skibssiden. Når systemet når op på land, så slækkes stolpen og skibet kan "vælde" og må kiles.

Vi har overvejet at foreslå at ofre en frispuling af en 2 – 3 krydspunkter i dyndbunden således at vi kunne komme til at se pæle/ tværdrager / langdragerne.

Dette vil koste 40 – 60.000 kr.

Det må erkendes, at sandsynligheden for at finde noget brugbart forekommer at være ringe.

#### *Beddingens sidebro:*

Der findes en 3,4 m x 20 m lang sidebro på beddingsløbets Nordvestside. Brodækket er 75 x 150 Fyr (foto 18 og 19) der muligvis ikke har været trykimprægnerede? Dækkets tømmer er meget råddent og absolut ikke brugbart til Truckkørsel.

Underbygningen ser umiddelbart ud til at være genanvendelig, såvel dragere, bjælker, bolte og pæle.

### Beddingens kapacitet november 2016.

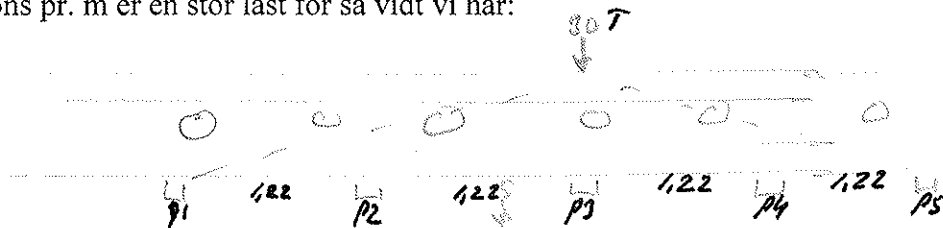
Det svageste led i en kæde bestemmer som bekendt styrken. Det ses hurtigt, at det er underbygningens rådne dragere, nok også pælene, - på undervandsdelen der er den lastbegrænsende faktor.

Beddingens oprindelige kapacitet på 438 tons – senere nedsat til 150 ts er ikke en forsvarlig last i 2016.

Vi skal her se på en beddings specielle last:

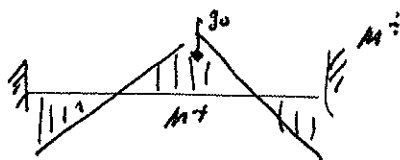
- Når skibet kan trimmes til 1:10 så vil skibet træde helt ens på vognens kølklodser, meter for meter.  
Lasten er da f.eks. for skibsvægt 60 tons på en skibslængde f.eks. 20 m  
 $60/20 = \underline{3 \text{ tons pr. m.}}$
- Ifald skibet ikke kan trimmes til 1:10 men f.eks. er fladt som en pram med vægt på samme 60 tons, da opstår der det såkaldte "stævntryk" forrest under ophalet. Man trækker så at sige stævnpartiet op ad vandet før bagenden følger med – eller rammer beddingen. Denne kraft kan beregnes til 30 tons som da skal fordeles via vognens (lille) stivhed f.eks. over = 5 m. Lasten er da  $30/5 = 6 \text{ t/m}$ .

6 tons pr. m er en stor last for så vidt vi har:



Giver nu P2, P3, P4 efter da ses vognens dragere at skulle bukke med ned/ bære.  
Regnes nu meget optimistisk, da bærer 2 stk 250 x 250 følgende

$M_L = W \times \sigma = 1/6 \times 25 \times 25^2 \times 100 \times 2$	træ	= 5,2 tm	4	stødt
$M_S = W \times \sigma = 200 \times 2350 / 1,1 \times 2$	skinner	= 8,54 tm	4	
	Kapasitet, max	~	<u>8 tm</u>	



$$M_{\text{midt}} = \frac{1}{8} \times p \times \ell = M_{\text{indp}} = 18,3 \text{ tm}$$

$$\frac{1}{8} 30 \times 4,88$$

Det ses, at momentet langt overskrider den formodede kapacitet.

Man kan således konkludere, at man d.d. ikke må kølsætte skibe på 60 tons ifald disse ikke kan trimmes til en hældning tæt på beddingens 1:10.

Er skibet nu i 1:10 trim, da er lasten ensfordelt og i eksemplet vil momentet da ændres til:

$$M = \frac{1}{12} \times p \ell^2 = \frac{1}{12} \times 3 \times 4,88^2 = 6 \text{ tm}$$

Disse  $6 \text{ tm} \leq 8 \text{ tm}$  det vil sige bæreevnen må forventes at være ok.

**Konklusion.**

Beddingens underbygning er på dennes undersøiske del, formentlig mørnet og har antageligvis en meget ringe bæreevne.

Der findes betragtelige blødbundsmængder på beddingens dybeste dele. Denne dynd er givetvis belastet med TBT (Tribityltin = bundmalingsrester) – og kan ikke forventes tilladt klappet.

Skal beddingen frilægges/ vedligeholdes i sin fulde eller reducerede længde, da ses at dette vil koste betragtelige summer.

Eksempelvis:  $65 \times 20 \text{ m}^2 \text{ a } (3 + 1) \times 0,5 \text{ a } 880, - \text{ kr.} = \underline{2,3 \text{ mill kr.}}$

Vi forventer ikke at beddingen er bedre længere ude og som sådan vil en helt eller delvist opslugning af slam kun hjælpe på muligheden for at køre helt eller længere ud med vognen.

Man kan ikke trække eller presse vognen ud, thi der vil straks være en større modstand. Et tilført pres eller hal vil få vognen til at løbe af sporet.

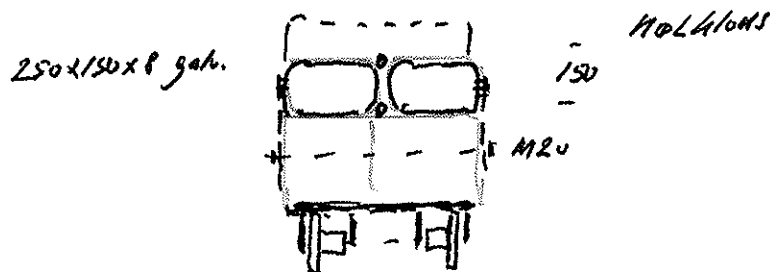
Vognen kan monteres 4 spulerør hvor højtryksvand baner vej udad. Dette vil tilsvine hele havnen i ganske voldsom grad og er næppe miljømæssigt acceptabelt.

Det er vores *konklusion* at beddingens mulighed er for en brugbar reparation ikke er tilstede. Større skibe kan ikke landsættes. Gør man det alligevel vil vognen brække/ underbygningen brase sammen. Det er dog muligt at landsætte mindre både med følgende begrænsninger:

- Vognens hjul sikres mod nedfald og smøres
- Vognens sidestolper holdes under opsyn da sidestolperne vil bevæge sig (slækkes) efter ophal
- Skibene må max have en vandfortrængning = displacement på 60 tons.
- Skibene skal kunne trimmes således at kølens smig er meget tæt på 1:10.
- Skibets stævn skal træde på hjul nr. 3 (eller mere agter)

Dertil anbefales:

- At vognens langsgående køredrager forstærkes således at lasten fordeles over flest mulige af de svage underbygningsstøttepunkter.  
Dette gøres via påboltning af 2 stk firkanttrør  $250 \times 150 \times 8 \text{ l} =$



Pris: ca. stål, glav.	:	35.000 kr.
Boltes/ kølklodser tilpasses	:	40.000 kr.
Rådgiver/ uforudseeligt	:	<u>25.000 kr.</u>
		<u>100.000 kr.</u>

- At alle skinneskruer suppleres / eftergås
 

Vognhjul smøres/ sikres	:	15.000 kr.
Skøn: 150 skruer a 150, -	:	22.500 kr.
Plader på skinne + svejs a 100, -	:	15.500 kr.
Dykker	:	20.000 kr.
Rådgiver/ uforudseeligt	:	<u>17.000 kr.</u>
		<u>90.000 kr.</u>
  
- At sidebrodækket reparerer
 

Skøn: - dæk af / på	:	65.000 kr.
Rådgiver/ uforudseeligt	:	<u>10.000 kr.</u>
		<u>75.000 kr.</u>
  
- At beddingens sidevæg mod jord / (støttemurvæg) nordvest bør forstærkes. Minimum bør nedrammes nye Azobe eller jernpæle mod de eks. nyere træbrædder. Bedst kunne hele væggen ændres til en *stenkastning* der da må forstøjles ret før sidebroen, - hvis ellers denne ønskes bevaret?

Udgift:

- Som stenkastning nedbrydes for
  - Stenkastning
  - Rådgiver/ uforudseeligt / trappe
- |  |   |                    |
|--|---|--------------------|
|  | : | 20.000 kr.         |
|  | : | 60.000 kr.         |
|  | : | <u>20.000 kr.</u>  |
|  |   | <u>100.000 kr.</u> |

Vi har svært ved at skønne en restlevetid, der jo også væsentligt vil afhænge af om man er i stand til at overholde lastbegrænsningerne.

Et bedste skøn er 10 år for en investering på ovenstående 365.000 kr.

**På sigt** må erkendes, at beddingen i Rudkøbing, som sådan, er nedslidt – og at det ikke er muligt at tænke sig større brugbare reparationer indenfor et acceptabelt budget.

Vi ser objektivt kun én mulighed for etablering af fortsat beddingsaktivitet i Rudkøbing:

- Beddingen overdrages en selvstyrende fond der søger Real Dania / A.P. Møller fondene om mulige tilskud.
- I så fald disponeres en ny bedding hyor:
  - Spilhus bevares
  - Ny vogn udføres
  - Ny beddingsløb i vandet etableres som ralbedding på fast lerbund, med
  - Overbygning af betonsveller og løbstømmer med påboltede, anodesikrede skinner.
  - Alt dynd / havneslam opsuges til afvanding og deponeres på eksternt depot.

(Projektet vil minde om en beddingsreparation som vi for nylig har forestået i Ærøskøbing).



Et første overslag for en sådan ny bedding vil lyde:

- Arbejdsplads	:	120.000 kr.
- Spilhus	:	200.000 kr.
- Opsugning af slam til poser/ polymering og deponering	:	1.700.000 kr.
- Opgravning af gl. bedding, træ m.v.	:	450.000 kr.
- Levering af ral pude	:	350.000 kr.
- Levering af skinneløb / sveller	:	350.000 kr.
- Levering af ny vogn, anoder	:	600.000 kr.
- Uforudseeligt	:	400.000 kr.
- Rådgivende Ing./ projekt / tilsyn / udlæg / dyk	:	<u>400.000 kr.</u>

Overslag 2016 : 5,0 mill. kr.

#### Det videre arbejde:

Vi forestiller os at der må afholdes møde hvor de aktuelle muligheder må diskuteres, herunder beslutning om fortsat anvendelse af beddingen med begrænset kapacitet, alternativt helt opgivet beddingsanlæg, subsidiært beslutning om at arbejde hen mod etablering af en ny bedding.

Med venlig hilsen

  
M. S. Rosbæk

Oktober 2016



RIC







Box















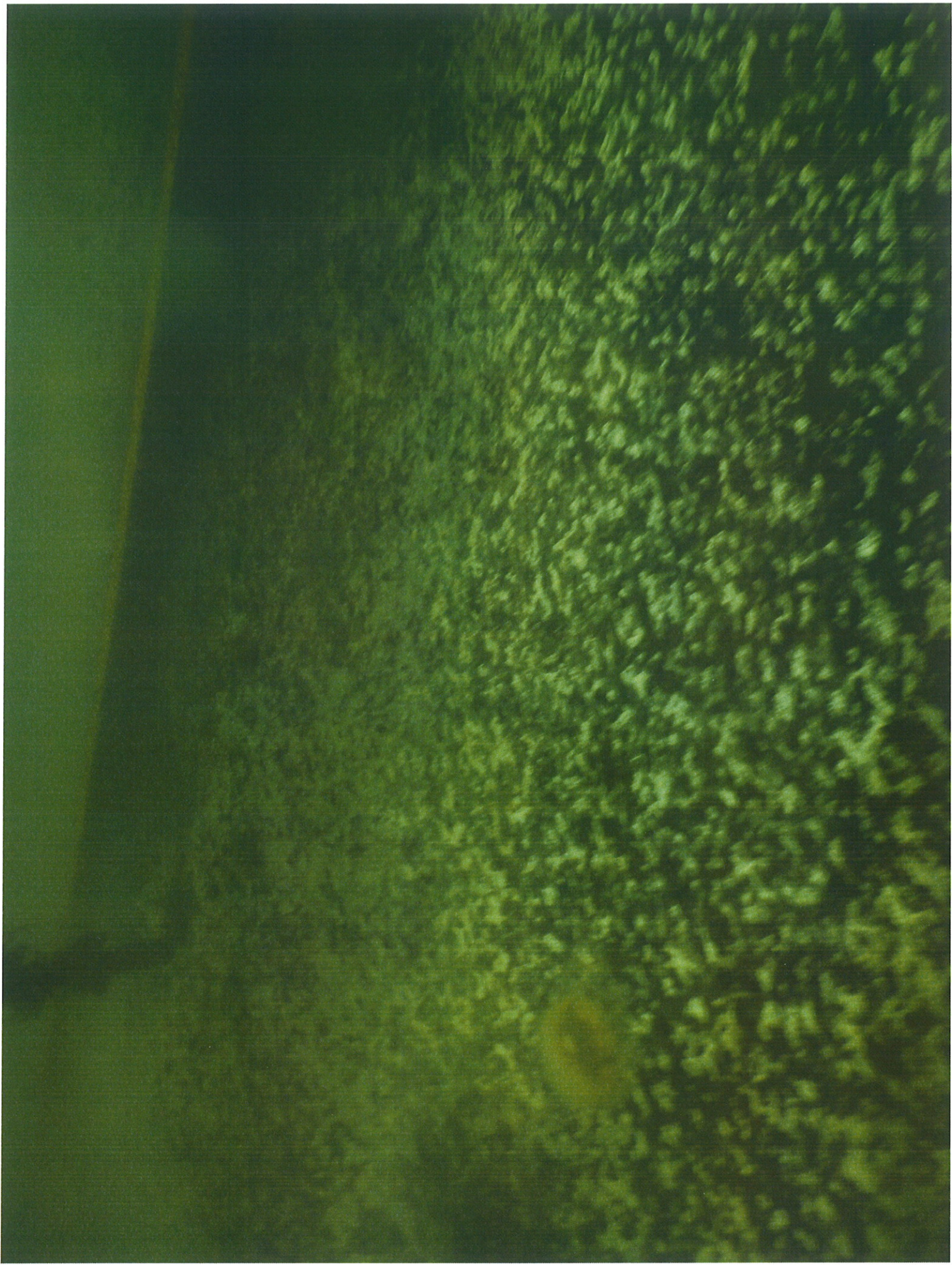




F12

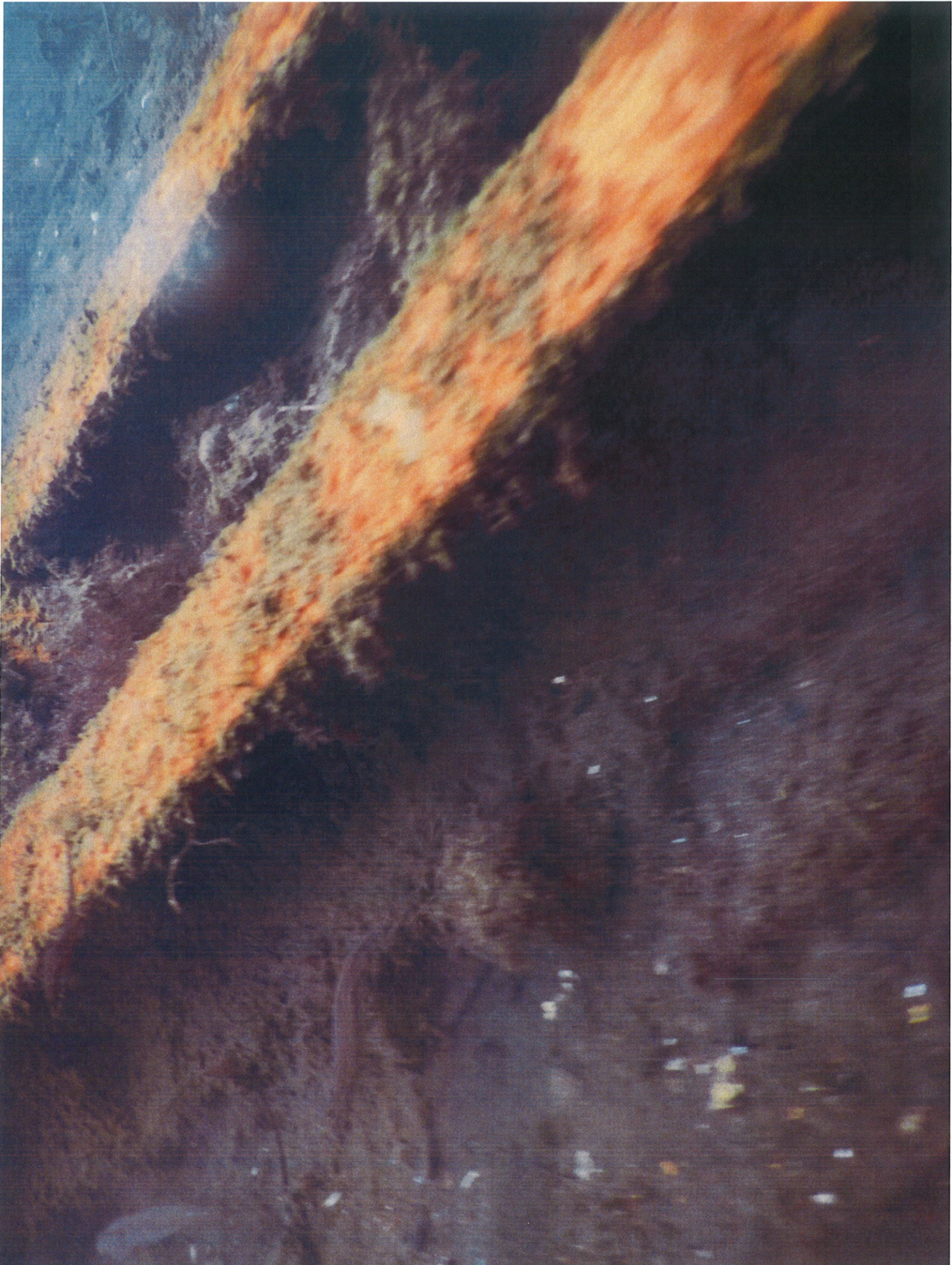
F13















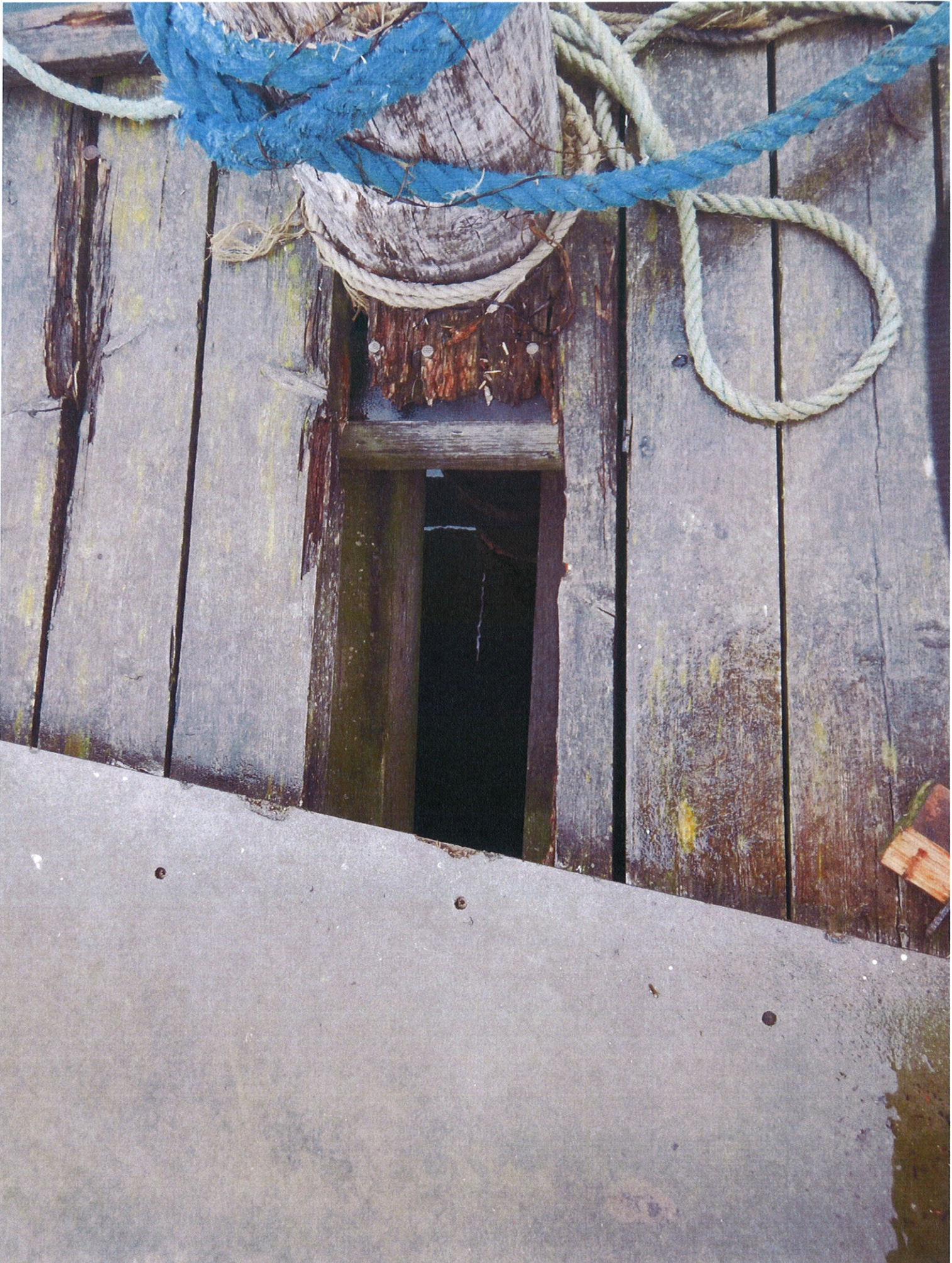
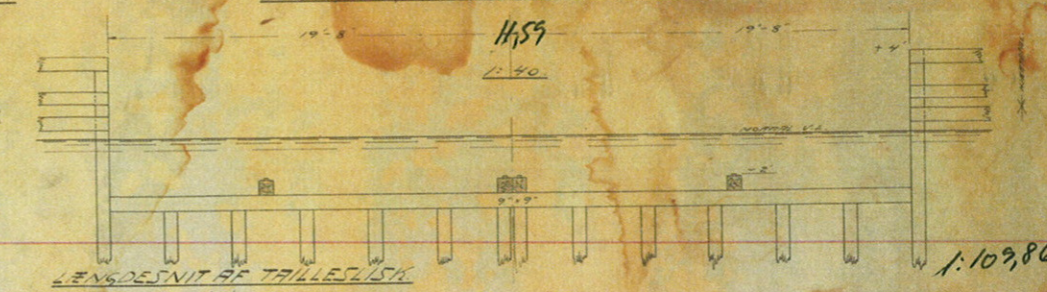
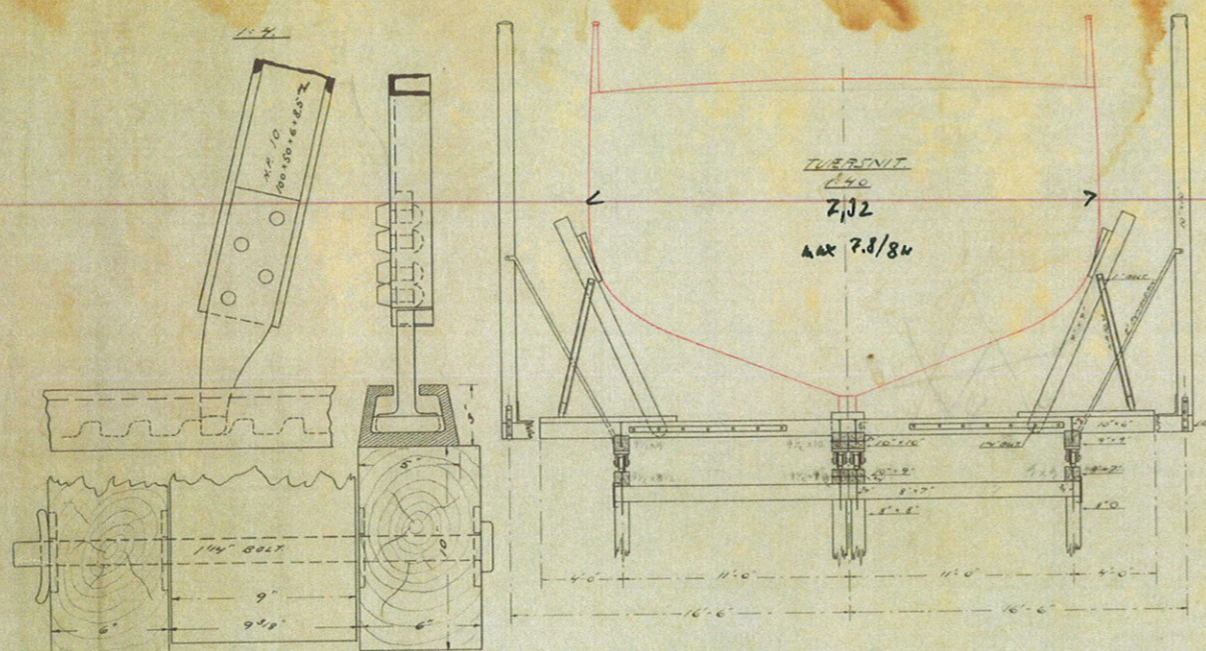


Fig.

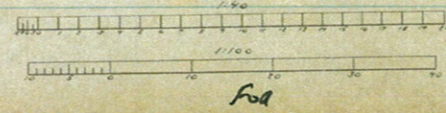
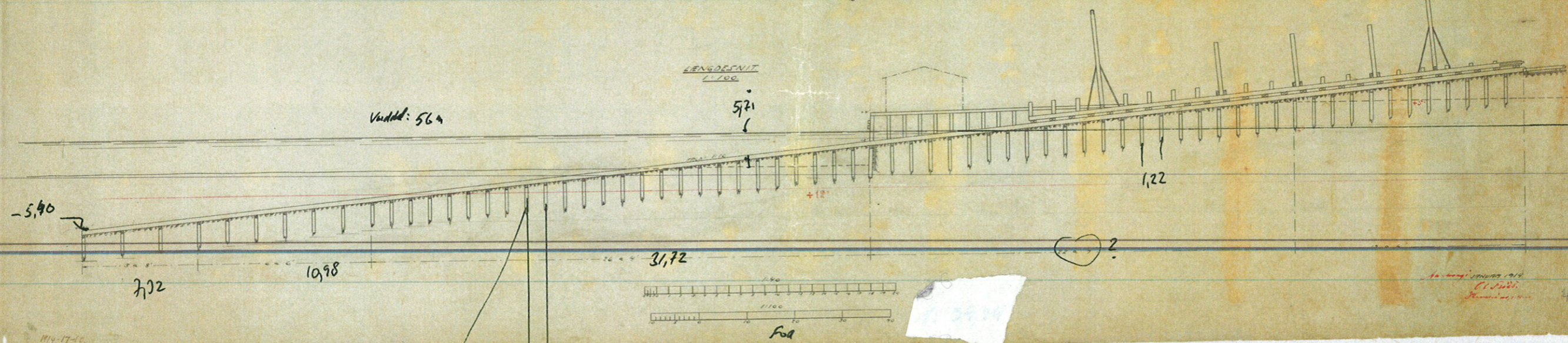
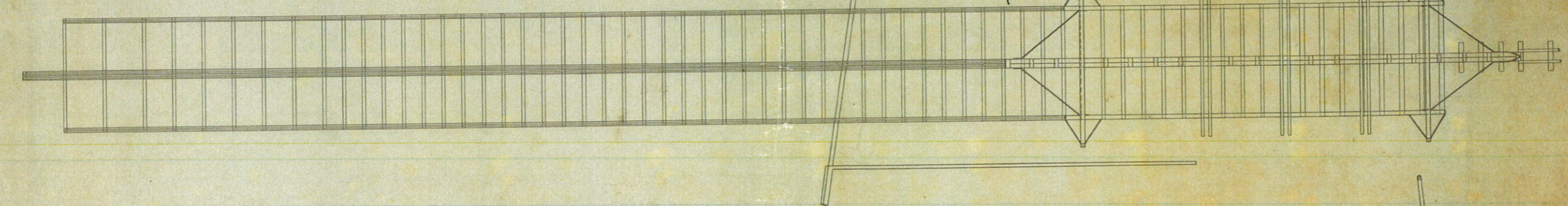


PROJETERET OPHALINGSBEDDING TIL RUDKOBING HAVN  
 FOR SKIBE INDTIL 150 TONS BRUT REG.

BEDDINGENS GENNESLIGTUNG AF BOLLERSTRET



GRUNDPLAN 1:100



2 x 200 x 200  
 p.c.c  
 1,22m

1: 284,09

176 km = 50000 km

l'coast. ? 240 TDW = 150 BRT

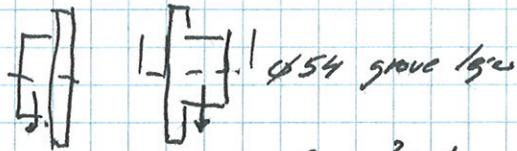
Mandingo A. Van by  $\rightarrow$

$$l_{coc} = 31,7 \quad L_{AP} = 29,5 \quad b = 6,5 \quad d = 3,1$$

$$P_{gel} = 29 \cdot 6,5 \cdot 3,1 \cdot \text{Subst} (0,75) \quad \approx 438 \quad \text{tun}$$

$$\text{alle Kollais:} \quad 498 / L_{bb} \approx 498 / 28 \quad \approx 15,64 \quad \text{tun/m.}$$

$$\text{1/25 pr. h/21} \quad 15,64 \cdot 0,63 \cdot 0,5 = 4,93 \quad \text{tun}$$



$$\sigma_{Wip} = 4930 \cdot (\pi \cdot 2,7^2)^{-1} \cdot \frac{1}{2} = 108 \quad \text{kg/cm}^2$$

Nus steht für 5 Oh.

$$\sigma_{gr} = 4940 \cdot ((3+3) \cdot 5)^{-1} = \underline{\underline{165 \quad \text{kg/cm}^2}}$$

Fedtsaure griff Lgr.



$$\bar{S}_{d42} : \pi \cdot 2,4^2 \cdot 2350 / 1,1 \cdot 0,58 \cdot 2 \text{ snit} = 44,82 \text{ ton}$$

442/40 usn, pr. betaling

msn 6x36	Prn 3069	105 T	}
6x36	ERNE	119 T	

105 ton

$$\text{Fork/lut} = \frac{(\text{skrb} + \text{beddysge}) \cdot \frac{1}{3} \varphi}{(438 + 12)} =$$

45 ton

$$f_{\text{usn}} = 105 / 45 =$$

2,33 > 1,8 ✓

Med skibe p: 120 ton  $\Rightarrow$  usn alt for skibe !!



### Slipways

Programmet behandler et givet skibs forventelige laster på beddingslegemet, herunder lastens placering

#### inddata

beddingløbets hældning vognens eff længde	$\phi := 5.71 \cdot \text{deg}$ $L_{\text{veff}} := 28$	$\gamma_{\text{sea}} := 1.015$ ton pr m <sup>3</sup> rumvægt meter
længde af skib pp	$L_{\text{spp}} := 20$	$B := 4.8$ skibsbredden
bundlængden	$b_{\text{ls}} := 19$ $au := 1$	afstand der kan køklodses udragende agter udover ...
dybgang for og da ballasteret for ophal agter	$d_f := 0.8$ $d_a := 0.9$	rundhedstal $bf := 0.73$
kendt displacement(egenvægt) skib	$G_s := 60$	tons aktuel last
egnvægtkontrol	$Dg := L_{\text{spp}} \cdot (d_f + d_a) \cdot 0.5 \cdot B \cdot 1.01 \cdot bf$	$Dg = 60.164$ kontroltal!
vægt af midtløbs beddingvogn tørvægt	$g_{\text{tvogn}} := 0.26$	ton pr m
do vådvægt	$g_{\text{vvogn}} := .2$	ton pr m
afstand mellem beddingshjul langs, -forenden	$A_{\text{fhj}} := 0.63$ m	bagenden $A_{\text{bhj}} := 0.63$
højde vognbjælke og hjulnedrag	$h_{\text{vb}} := 0.5$	højde køklods $h_{\text{kk}} := 0.3$
dybdepunkt ok skinne yderst	$k_{\text{dy}} := -5.4$	

evt valgt anden vægtfordelingsfaktor end 3  $v_{\text{ff}} := 1.$   
som regulerer at stævvnrkket bliver lig en momentbetragtning

skinnehøjde	$sh := 10$ cm	hjul diameter	hjul bredde
skinnetopbredde	$b_s := 7$ cm	$d_{\text{hj}} := 15$ cm	$b_{\text{hj}} := 5$
bundbredde	$bb := 12$ cm		

stålkvalitet min for hjul eller skinne  $\sigma_{\text{flydenom.}} := 3700$  kg pr cm<sup>2</sup> evt over nom flydegrænse

Hertz punktlastfaktor normalt 4	antal hjul pr hjulsæt	$a_{\text{hj}} := 2$
stævntrykket regnes fordelt på hvor mange hjulsæt		$a_{\text{hjsæt}} := 5.5$
valgt nom faktor på skibslasten		$f_p := 1.225$
Hertz factor fast normalt lig 4		$CS := 4$

$$L_{tr} = 6.694 \quad \text{tons}$$

$$\text{gættet} \quad L_x := 2 \quad p_{max} := 764 \quad tal := b_{ls} \cdot 0.25 \quad tal = 4.75 \quad b_{ls} = 19$$

Given

$$p_{max} \cdot tal + G_s \cdot [a - (tal)] = L_x^2 \cdot \tan(\phi) \cdot \cos(\phi) \cdot 0.5 \cdot \gamma_{sea} \cdot B \cdot [(b_{ls}) \cdot \cos(\phi) \cdot 1 - L_x \cdot 0.333 - tal]$$

$$L_x^2 \cdot \tan(\phi) \cdot \cos(\phi) \cdot 0.5 \cdot \gamma_{sea} \cdot B + p_{max} = G_s$$

$$\text{sol} := \text{Find}(p_{max}, L_x) \quad \text{sol} = \begin{pmatrix} 19.201 \\ 12.974 \end{pmatrix} \quad \text{sol}_1 = 12.974$$

$$afa = 10.296 \quad (\text{sol}_1)^2 \cdot \tan(\phi) \cdot \cos(\phi) \cdot 0.5 \cdot \gamma_{sea} \cdot B = 40.799$$

$$P_{max} := 12^{-1} \cdot B \cdot [(b_{ls} + 0.9 \cdot au)]^3 \cdot afa^{-1} \tan(\phi - \phi_{skib}) \quad P_{max} = 29.51 \quad \text{ton} \quad \text{skib}$$

$$PP_{max} := P_{max} + 3 \cdot A_{fhj} \cdot g_{tvogn} \quad PP_{max} = 30.002 \quad \text{incl vogn}$$

$$\text{Last på et eller to hjul} \quad \text{agtervogn} \quad P_{hjfor} = 0.602 \quad P_{hjbag} = 0.639 \quad \text{tons}$$

$$\text{last på stævntrykshjulene} \quad P_{stfor} := PP_{max} \cdot a_{hjsæt}^{-1} \cdot a_{hj}^{-1} \quad P_{stfor} = 2.727$$

$$\text{længdetræk} \quad L_{tr} = 6.694 \quad \text{tons}$$

**Alt ovenstående er aktuelle laster !!!!**

nedenfor er nominelt

$$\sigma_{træbag} := P_{hjbag} \cdot 10^3 \cdot f_p \cdot [bb \cdot (2 \cdot sh + 5)]^{-1} \quad \sigma_{træfor} := P_{stfor} \cdot 10^3 \cdot f_p \cdot [bb \cdot (2 \cdot sh + 5)]^{-1}$$

$$\sigma_{hertzbag} := 0.42 \cdot [P_{hjbag} \cdot 10^3 \cdot f_p \cdot 2.1 \cdot 10^6 \cdot a_{hj}^{-1} \cdot [d_{hj} \cdot 0.5 \cdot \min((b_{hj} \ b_s))]^{-1}]^{0.5}$$

$$\sigma_{hertzstæ} := 0.42 \cdot [f_p \cdot P_{stfor} \cdot 10^3 \cdot 2.1 \cdot f_p \cdot 10^6 \cdot a_{hj}^{-1} \cdot [d_{hj} \cdot 0.5 \cdot \min((b_{hj} \ b_s))]^{-1}]^{0.5}$$

under bagerste hjulsæt      ved stævntrykket

$$\sigma_{hertzbag} = 1.967 \times 10^3 \quad \sigma_{hertzstæ} = 4.496 \times 10^3 \quad \text{faktiske nom spændinger}$$

$$\sigma_{nomhertz} := C5 \cdot \sigma_{flydenom} \quad \sigma_{nomhertz} = 1.48 \times 10^4 \quad \text{tilladte nom spændinger}$$

$$\sigma_{træbag} = 2.611 \quad \text{kg pr cm}^2 \quad \sigma_{træfor} = 11.137$$