

1.5 Bestemmelse af tyngdepunkt for båd med besætning.

1.5.1. Tyngdepunkt for tom båd.

En beregning af tyngdepunktet for båden uden besætning kan gennemføres, men er ret omstændig. Det er derfor valgt at foretage et skøn ud fra et forsøg med den allerede fremstillede midtersektion. Dette forsøg bestod i al sin enkelthed deri, at sektionen rejstes på højkant.

Et brædt "B" (se fig. 7 og 8) understøtter ved det underste ribbestativ og hviler på en klods "A" med en skarp kant.

Man flytter på placeringen indtil der er balance med lodret centerlinie. Man kan derpå måle tyngdepunktets afstand "a" over bundplankens underkant.

Resultatet er, at midtersektionens tyngdepunkt ligger 27 cm over bundplanken.

Vi kan nu tænke os analoge forsøg gennemført for hvert af de øvrige spanter. Det er nærliggende at antage, at afstanden "a" vil vokse lidt hen mod enderne, men næppe mere end nogle få cm.

Stævnstykkernes tyngdepunkt vil nok ligge noget højere, formodentlig omkring 60 cm over kølplankens underside midtskibs.

Men de forskellige sektioners bidrag til den samlede båds tyngdepunkt står i forhold til hvor stort et bidrag deres vægt er i forhold til bådens samlede vægt. Derfor vil de midterste sektioner bidrage mest, og stævnklodserne mindst. Ud fra disse overvejelser er det et rimeligt skøn, at den tomme båds tyngdepunkt ligger 30 cm over bundplankens underside.

Det skal bemærkes, at en usikkerhed på denne afstand ikke er særlig afgørende. Det skyldes, at bådens egenvægt kun er ca. 1/5 af besætningens vægt, og selve bådens tyngdepunkt indgår derfor med samme vægtning i det fælles tyngdepunkt for båd og besætning.

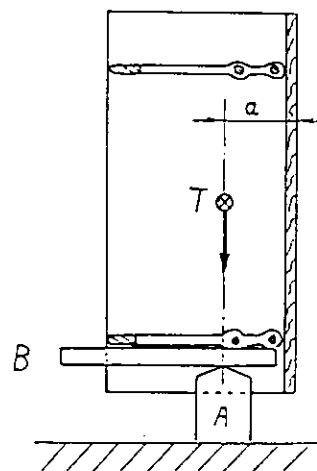


Fig. 7.

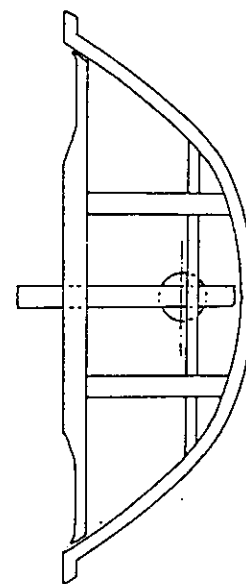
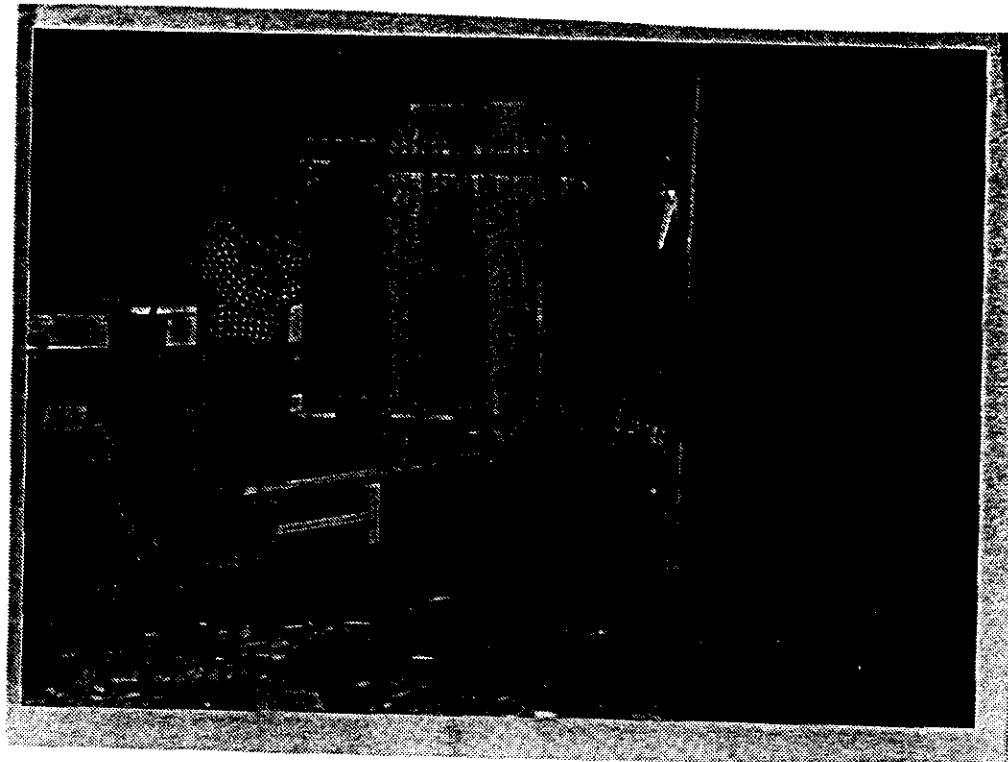
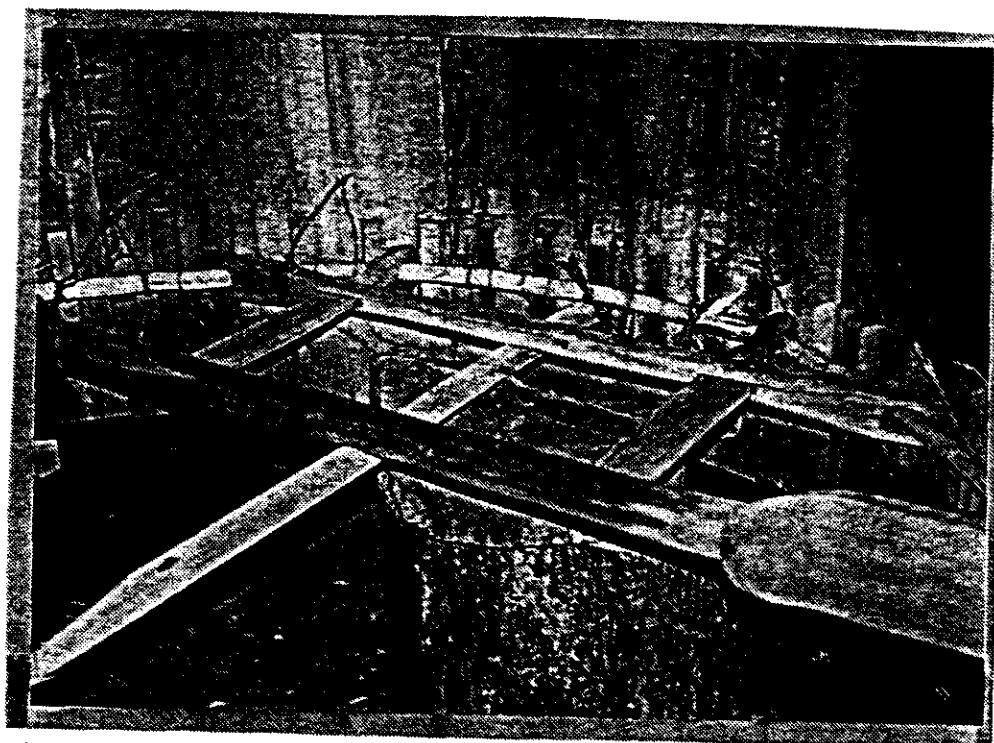


Fig. 8.

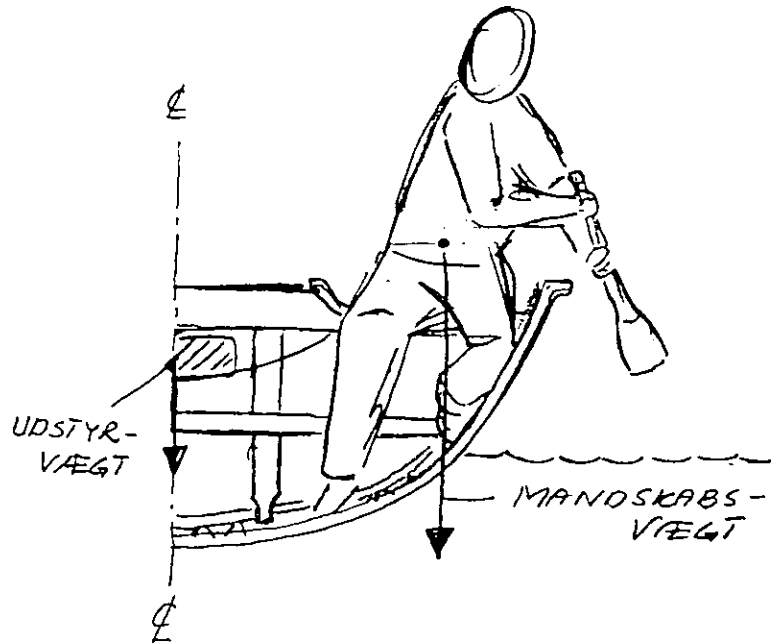
Billederne viser det praktiske forsøg med at finde tyngdepunktet af midtersektionen.



1.5.2. Tyngdepunkt for besætning.

I Rosenbergs bog p.91 er det anført, at båden har en besætning på 22 mand. Vi anslår vægt af mand + udstyr til 84 kg.

Fig. 9.



Det antages, at de 16 kg. heraf er udstyr, som placeres under tofterne som vist i fig. 9. Udstyrets tyngdepunkt skønnes at ligge 30 cm over bundplankens underkant. For at finde tyngdepunktet af et siddende besætningsmedlem er der udført et forsøg, som er skitseret i fig. 10

På en vandret plade ca. 0,7 x 2 meter er anbragt en liggende person, der indtager en stilling svarende til den, hvori man sidder på toften. Pladen hviler på en rundstok, og man finder den stilling, hvor der netop er balance. Herved finder man at tyngdepunktets placering er ca. 20 cm over toftens siddeflade, omtrent svarende til navlens position.

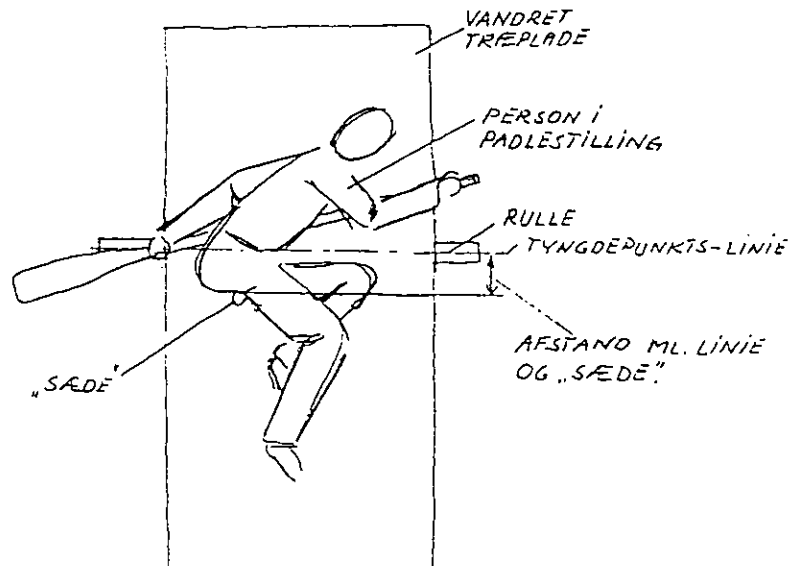


Fig. 10.

1.5.3. Tyngdepunktet for båd med besætning.

Ud fra de størrelser, som er bestemt i afsnittene 1.5.1 og 1.5.2 kan man bestemme tyngdepunktet af båden med besætning. Resultaterne findes som mellemregninger i regnearket bilag 6.

1.5.4. Beregning af oprettende moment.

Idet både metacentrets og tyngdepunktets beliggenhed nu er kendt, kan man beregne det moment "M", som vil søge at rette båden op når den er krænget en given vinkel "v". Man får

$$M = m \cdot g \cdot a \sin(v)$$

m = masse af båd + besætning + udstyr.

g = tyngdeaccelerationen = 9,81 m/s².

a = afstanden mellem tyngdepunkt og metacenter.

Resultatet er vist i grafen fig. 11.

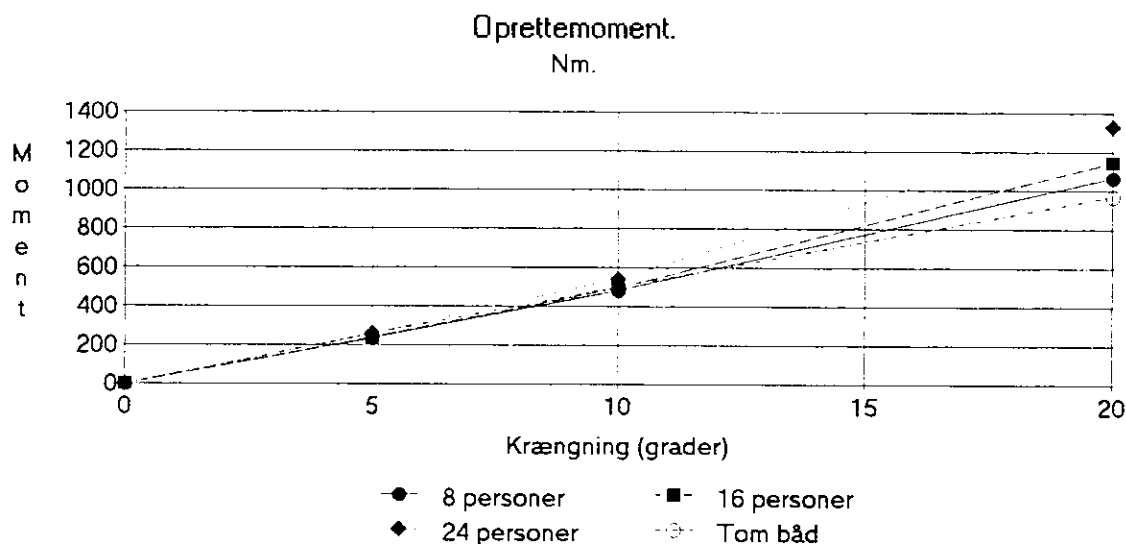


Fig. 11.

Abscissen er krængningsvinklen i grader og de fire kurver gælder for henholdsvis tom båd, 8, 16 og 24 mands besætning.

1.6. Vurdering af stabiliteten.

1.6.1. Anskuelliggørelse af resultatet.

For at få en fornemmelse af hvad den beregnede stabilitet betyder i praksis, vil vi sætte os som mål at undersøge hvor meget båden krænger, når besætningen een ad gangen kravler om bord over rælingen skiftevis fra styrbord og bagbord side.

Et enkelt besætningsmedlem placeret på rælingen vil give et moment

$$M_1 = m_1 \cdot g \cdot b/2$$

m₁ = masse af et besætningsmedlem uden udstyr.

b = bådens største bredde = 2 meter.

$$M_i = 72 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 2 \text{ m} / 2 = 720 \text{ Nm}$$

Grafen fig. 11 viser, at dette giver en krængning på mellem 12° og 15° , størst for den tomme båd, og mindst når den er fuldt lastet.

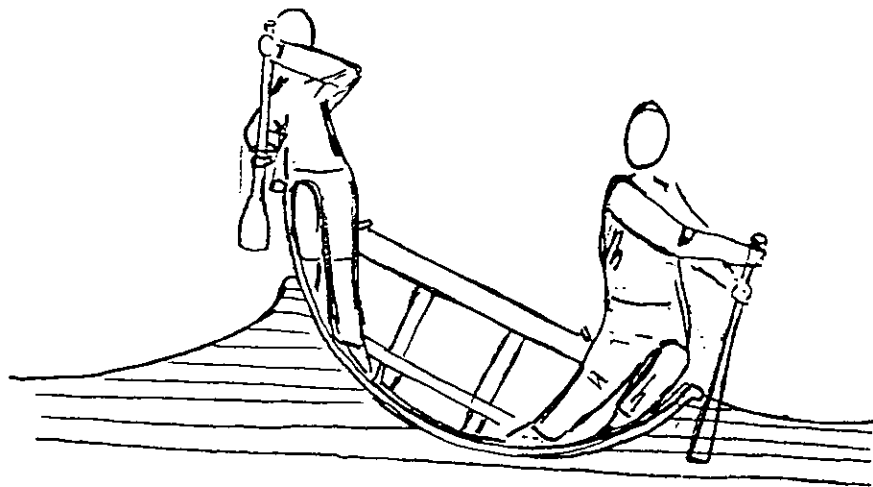
1.6.2. Vurdering af resultaterne.

Det væsentligste bidrag til beregningsresultaternes usikkerhed skyldes uden tvivl, at det er vanskeligt at vurdere tyngdepunkterne i afsnittene 1.5.1 og 1.5.2 korrekt. Usikkerheden på beliggenheden af selve bådens tyngdepunkt slår igennem med fuld vægtning på kurven for den tomme båd i fig. 11, men aftager efterhånden som der kommer flere besætningsmedlemmer om bord.

Men der er også en usikkerhed dels på skønnet over besætningsmedlemmernes masse (og dermed vægt), samt hvor meget udstyr man skal medregne.

I beregningerne er det forudsat at besætningen følger med båden under en krængning uden at bevæge sig i forhold til båden. I praksis vil man nok instinktivt bevæge sig på en sådan måde, at man modvirker krængningen, se fig. 12.

Fig. 12.



Desuden kan man ved en passende bevægelse af padlen i læ side udøve en nedadrettet kraft, som ligeledes modvirker en krængning. Denne teknik kendes af kajak- og kanoroere. Man kunne forestille sig, at det ville være vanskeligt at få dette koordineret for en større besætning. Men ifølge udsagn fra en kajakroer er dette ingenlunde tilfældet.

Dette oprettende moment har også betydning for den egenfrekvens, der optræder ved rulning. Denne kan bestemmes såfremt man kender inertimomentet af båd med besætning.

Sådanne beregninger kan eventuelt tages op på et senere tidspunkt.

De stabilitetsberegninger, som er beskrevet, er den såkaldte statiske stabilitet. Herved menes, at man har bestemt det oprettende moment for en given krængning i roligt vand uden bølger.

Ved sejlads i søgang er forholdene betydeligt mere komplicerede, og man taler i dette forhold om dynamisk stabilitet. Emnet skal ikke behandles her, men interesserede henvises til Marchajs bog, ref. 2.

1.7. Konklusion af stabilitetsberegninger.

De gennemførte beregninger har vist, at Hjortspringbåden har en positiv stabilitet svarende til at den lige netop kan tage en ekstra mand på rælingen, før den tager vand ind. Der er således ikke noget der tyder på, at der har været nødvendigt at benytte ballast. Nå båden til sin tid bliver færdig anbefales det at der bliver udført et krængningsforsøg for at verificere beregningerne.

Beregning af oprettemoment.

Bilag 6.

Person vægt	Udstyr vægt	Bådens vægt
72	16	530
Person plac.	Udstyr plac.	Tyngdepkt.
84	30	30

Antal personer	Person vægt	Udstyr vægt	Tyngde- Depl. punkt	0 grad. Metacenter	5 grad.			10 grad.		20 grad.	
					Metacenter	Metacenter	Metacenter	Oprette moment Nm	Oprette moment Nm	Oprette moment Nm	
0	0	0	530	30,0	86,8	86,5	85,5	84,5	256	502	970
2	144	32	706	41,0	82,5	82,6	82,9	83,4	251	504	1005
4	288	64	882	47,6	79,8	80,0	80,9	82,4	244	500	1030
6	432	96	1058	52,0	78,2	78,3	79,3	81,6	238	492	1050
8	576	128	1234	55,2	77,3	77,4	78,2	80,9	234	484	1065
10	720	160	1410	57,6	76,9	76,9	77,5	80,3	233	479	1076
12	864	192	1586	59,4	76,6	76,7	77,3	79,9	235	484	1091
14	1008	224	1762	60,9	76,4	76,5	77,2	79,7	235	490	1113
16	1152	256	1938	62,1	76,3	76,4	77,1	79,7	237	496	1146
18	1296	288	2114	63,1	76,2	76,3	77,1	79,8	239	504	1185
20	1440	320	2290	64,0	76,2	76,4	77,2	79,9	244	517	1226
22	1584	352	2466	64,7	76,4	76,5	77,3	80,1	249	530	1277
24	1728	384	2642	65,3	76,6	76,8	77,4	80,3	260	544	1329