

Formelhefte

Teknisk Fagskole, Nautisk linje

Funksjon 2: Lasting, lossing og stuing

Funksjon 3: Kontrollere trim, stabilitet og belastning



Forord

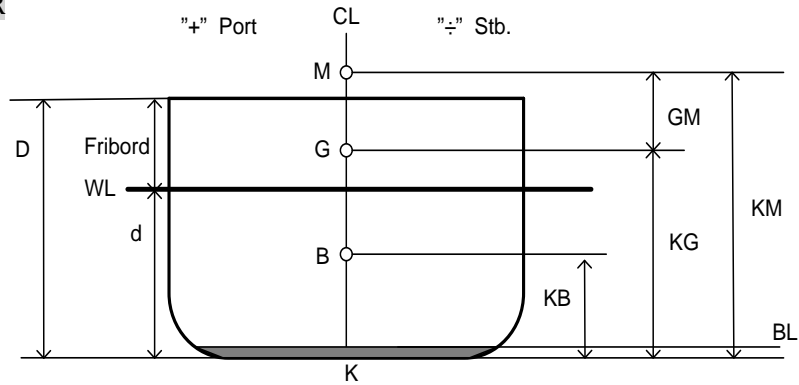
Ord og uttrykk i dette Formelheftet er i utgangspunktet de same som er brukt i «Teknisk Formelsamling».

Ottar H. Brandal
Fagskolen i Ålesund

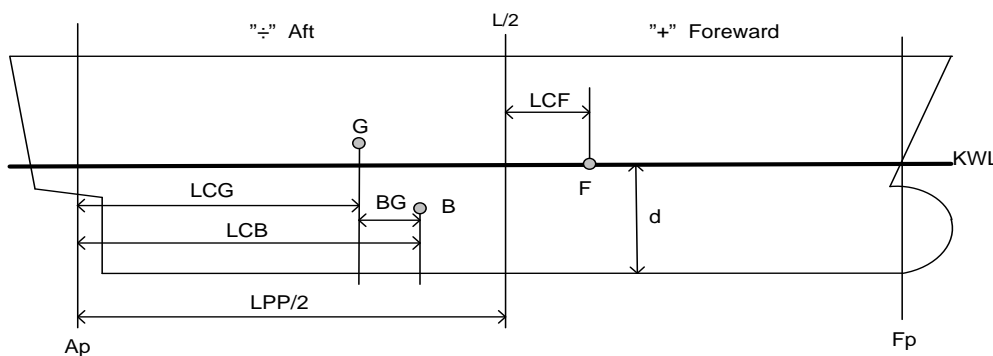
INNHOLD

1.	Definisjoner.....	3
2.	Areal, volum og tyngdepunkt.....	4
3.	Skipets koeffisienter.....	6
4.	Arealtreghetsmomenter.....	7
5.	Skipets metasenterradius.....	8
6.	Flytting av skipets tyngdepunkt (G).....	9
7.	Skipets begynnelsesstabilitet.....	10
8.	Slakke tanker.....	10
9.	Statisk og dynamisk stabilitet.....	11
10.	Laste til en bestemt stabilitet.....	13
11.	Belastning på dekk og luker.....	13
12.	Stabilitetskontroll.....	14
13.	Usymmetrisk plassering av vekter.....	14
14.	Tungløft.....	15
15.	Trimberegninger.....	17
16.	Skrogbøyning.....	19
17.	Når merkene ikke er ved perpend.....	20
18.	Skipet i brakkvann.....	21
19.	Beregning av korrekt deplasement.....	22
20.	Kornlasting.....	23
21.	Bøyemomenter og skjærkrefter.....	24
22.	Oljelasting.....	25
23.	Enkel lastesikring.....	27
24.	Lastesikring; Eksterne krefter.....	28
25.	Lastesikring; Alternativ metode.....	29
26.	Dokking.....	32
27.	Grunnstøting.....	33
28.	Lekkstabilitet.....	36

1. DEFINISJONER



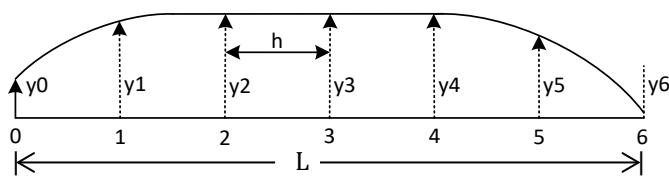
K.....	Kjøllinje	- underkant kjøllplate
BL.....	"Base Line"	- uten kjøllplate
D.....	Skipets dybde midtskips	- fra underkant kjøllplate til overkant dekkplate
D_m	"Depth moulded"	- dybde i riss, uten dekk- og kjøllplate
d.....	Skipets skaladyppgående	- fra underkant kjøllplate til vannlinje (referansedyppgående)
Fribord.....	$D \div d$	
B.....	Største bredde	
B_m	"Breadth moulded"	- bredde i riss, uten hudplater
CL.....	Centerlinje	
B.....	"Centre of Buoyancy"	- oppdriftscenter
KB.....	Oppdriftscenterets høyde over kjøll (K)	
M.....	Metasenter	
BM.....	Metasenterradius	
KM.....	Metasenterets høyde over kjøll (K)	
G.....	"Centre of Gravity"	
KG.....	Vekttynngdepunktets (G) høyde over kjøll (K)	
GM.....	Metasenterhøyde	



Loa.....	Lengde over alt	
K_{WL}	Konstruksjonsvannlinje	
A_p	Akre perpendikulær	- en vertikal linje gjennom rorstammen
F_p	Forre perpendikulær	- en vertikal linje der K_{WL} skjærer baugen
Lpp.....	Lengde mellom perpendikulærene	
⊗.....	Nullkryss, ved $L_{pp}/2$	
B.....	"Centre of Buoyancy"	
LCB.....	Oppdriftscenterets (B) avstand fra A_p	
LCG.....	Vekttynngdepunktets (G) avstand fra A_p	
BG.....	Momentarmen som forårsaker trim	
LCF_{\otimes}	Flotasjonscenterets avstand fra ⊗	

2. AREALER, VOLUM OG TYNGDEPUNKT

Simpsons Formel for vannlinjeareal og tyngdepunktberging



	1	2	(1x2)	3	(1x2)x3
Ord. nr.	B/2 (m)	SM (-)	Prod. (m)	a (-)	Mom. (m)
0	y0	1		0	
1	y1	4		1	
2	y2	2		2	
3	y3	4		3	
4	y4	2		4	
5	y5	4		5	
6	y6	1		6	
		Σ		Σ	

$$A_w = 1/3 \cdot h \cdot \Sigma \text{Prod.} \cdot 2$$

$$LCF_{Ap} = \frac{\Sigma \text{Mom.}}{\Sigma \text{Prod.}} \cdot h$$

$$LCF_{\otimes} = LCF_{Ap} - L/2$$

L Vannlinjeplanets lengde
Lengden deles inn i et *like* antall inndelinger (2, 4, 6... etc.)

y Ordinatlengde; halvbredder (m)

h Konstant avstand mellom ordinatene. (m)

h L/antall inndelinger (m)

B/2 Vannlinjeplanets halvbredder (m)

SM Simpsons Multiplikator (-)

a Momentarm, antall inndelinger fra ordinat y0 (-)

Prod. Produktet av (B/2 · SM) (m)

Mom. Momentet av (Prod · a)

A_w Areal av vannlinjeplan (m²)

LCF_{Ap} Arealtyngdepunkt fra A_p (m)

LCF_⊗ Arealtyngdepunkt fra ⊗ (m)

Tonn pr. 1cm neddykking, TPC

$$TPC = \frac{A_w \cdot \rho}{100}$$

$$A_w = \frac{TPC \cdot 100}{\rho}$$

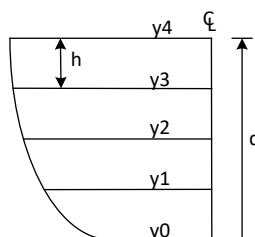
TPC t/cm

A_w Areal av vannlinjeplan (m²)

100 100 cm/m

ρ Vannets densitet (t/m³)

Simpsons Formel for spanteareal



	1	2	(1x2)	3	(1x2)x3
Ord. nr.	B/2 (m)	SM (-)	Prod. (m)	a (-)	Mom. (m)
0	y0	1		0	
1	y1	4		1	
2	y2	2		2	
3	y3	4		3	
4	y4	1		4	
		Σ		Σ	

$$A_s = 1/3 \cdot h \cdot \Sigma \text{Prod.} \cdot 2$$

y Ordinatlengder; halvbredder (m)

h Konstant avstand mellom ordinatene (m)

d Aktuelt dypgående (m)

B/2 Halvbredder (m)

A_s Areal av spant (m²)

Simpsons Formel for volum og tyngdepunktberging

Beregninger på spanteareal (A_s), gir volum og tyngdepunkt fra A_p

	1	2	(1x2)	3	(1x2)x3
Ord. nr.	A_s (m^2)	SM (-)	A.Prod. (m^2)	a (-)	A.Mom. (m^2)
0	y_0	1		0	
1	y_1	4		1	
2	y_2	2		2	
3	y_3	4		3	
4	y_4	2		4	
5	y_5	4		5	
6	y_6	1		6	
		Σ		Σ	

- A_s Areal av hele spant settes ut som ordinatlengder (m^2)
- a Momentarm, antall inndelinger fra ordinat y_0 (-)
- h Konstant avstand mellom ordinatene (m)

$$\nabla = 1/3 \cdot h \cdot A.Prod.$$

$$\Delta = \nabla \cdot \rho$$

$$LCB = \frac{\Sigma A.Mom.}{\Sigma A.Prod} \cdot h$$

- ∇ Skipets undervannsvolum, Volumdeplasement (m^3)
- Δ Skipets totalvekt, Vektdeplasement (t)
- LCB Tyngdepunkt fra A_p (m)

Beregninger på vannlinjeareal (A_w), gir volum og tyngdepunkt fra $K_j\ddot{o}l$

	1	2	(1x2)	3	(1x2)x3
Ord. nr.	A_w (m^2)	SM (-)	A.Prod. (m^2)	a (-)	A.Mom. (m^2)
0	y_0	1		0	
1	y_1	4		1	
2	y_2	2		2	
3	y_3	4		3	
4	y_4	2		4	
5	y_5	4		5	
6	y_6	1		6	
		Σ		Σ	

- A_w Areal av hele vannlinjer settes ut som ordinatlengder (m^2)
- a Momentarm, antall inndelinger fra ordinat y_0 (-)
- h Konstant avstand mellom ordinatene (m)

$$\nabla = 1/3 \cdot h \cdot A.Prod.$$

$$\Delta = \nabla \cdot \rho$$

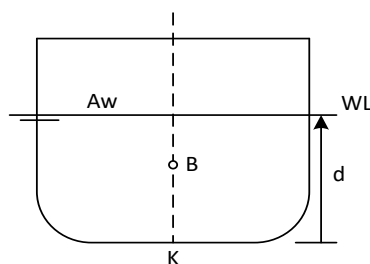
$$KB = \frac{\Sigma A.Mom.}{\Sigma A.Prod} \cdot h$$

- ∇ Skipets undervannsvolum, Volumdeplasement (m^3)
- Δ Skipets totalvekt, Vektdeplasement (t)
- KB Tyngdepunkt fra K (m)

Tilnærmet KB (se Kap. 3, Skipets koeffisienter)

$$KB \approx \frac{d \cdot C_w}{(C_w + C_B)}$$

$$KB \approx \frac{d}{2} \cdot \left(\frac{C_w}{C_B}\right)^{0,4}$$



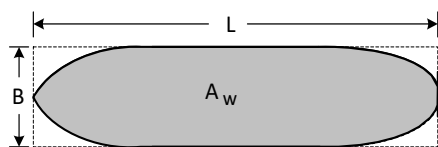
- C_w Vannlinjeplanet's Finhetskoeffisient (-)
- C_B Blokk-koeffisient (-)
- d Skaladyppgående (m)

3. SKIPETS KOEFFISIENTER

Vannlinjeplanets finhetskoeffisient, C_W

$$C_W = \frac{A_W}{L \cdot B}$$

$$A_W = L \cdot B \cdot C_W$$

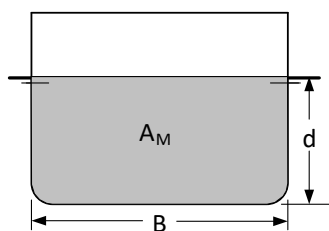


C_W (-)
 A_W Areal av vannlinjeplanet
 L Lengde i vannlinjen (L_{pp})
 B Største bredde i vannlinjen

Midtspantets finhetskoeffisient, C_M

$$C_M = \frac{A_M}{B \cdot d}$$

$$A_M = B \cdot d \cdot C_M$$

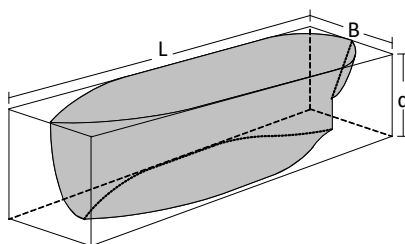


C_M (-)
 A_M Areal av midtspantet
 B Største bredde i vannlinjen
 d Skipets dypgående

Blokk-koeffisienten, C_B

$$C_B = \frac{\nabla}{L \cdot B \cdot d}$$

$$\nabla = L \cdot B \cdot d \cdot C_B$$

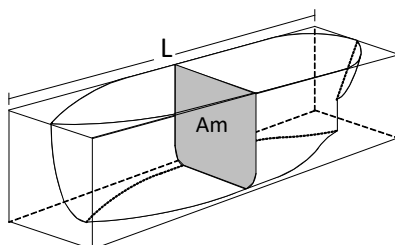


C_B (-)
 ∇ Volumdeplasement
 L Lengde i vannlinjen (L_{pp})
 B Største bredde i vannlinjen
 d Skipets dypgående

Prismatisk koeffisient, C_P

$$C_P = \frac{\nabla}{A_M \cdot L}$$

$$C_P = \frac{C_B}{C_M}$$

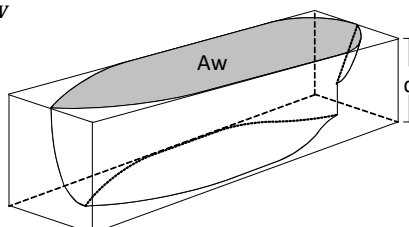


C_P (-)
Stor C_P :
 - ∇ er fordelt mot skipets ender
Liten C_P :
 - ∇ er fordelt mot midtskip

Vertikal prismatisk koeffisient, C_{PV}

$$C_{PV} = \frac{\nabla}{A_W \cdot d}$$

$$C_{PV} = \frac{C_B}{C_W}$$



C_{PV} (-)
Stor C_{PV} :
 - skipet har U-formede spant
Liten C_{PV} :
 - skipet har V-formede spant

Våt overflate

$$S \approx 1,7 \cdot L \cdot d + \frac{\nabla}{d}$$

$$S \approx 2,58 \cdot \sqrt{\Delta} \cdot L$$

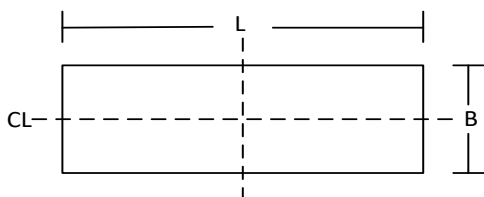
S Undervannsskrogets «våte» overflate (m^2)

4. AREALTREGHETSMOMENTER

Arealtreghetsmoment ("I") for en rektangulær flate,

$$I_T = \frac{L \cdot B^3}{12}$$

$$I_L = \frac{B \cdot L^3}{12}$$



I_T Om senterlinjen (m⁴)

I_L Om aksen ved L/2 (m⁴)

Simpsons Formel for arealtreghetsmoment for et skip

(se også Kap. 2, areal og tyngdepunkt)

	1	2	3 1x2	4	5 3x4	6 (1) ³	7 2x6	8 (4) ²	9 1x2x8
Ord. nr	B/2 (m)	SF (-)	Prod. (m)	a (-)	Mom. (m)	(B/2) ³ (m ³)	I_T -Prod. (m ³)	a ² (-)	I_L -Prod. (m ³)
0		1		0				0	
1		4		1				1	
2		2		2				4	
3		4		3				9	
4		2		4				16	
5		4		5				25	
6		1		6				36	
		Σ		Σ		Σ		Σ	

a Momentarm, antall inndelinger fra ordinat y0 (-)

Skipets vannlinjeareal

$$A_w = 1/3 \cdot h \cdot \Sigma \text{Prod.} \cdot 2$$

A_w Se Kap. 2

Vannlinjeplanet tyngdepunkt fra A_p

$$LCF_{Ap} = \frac{\Sigma \text{Mom.}}{\Sigma \text{Prod.}} \cdot h$$

LCF_{Ap} Se Kap. 2

$$LCF_{\otimes} = LCF_{Ap} - L/2$$

Vannlinjeplanet arealtreghetsmoment

$$I_T = 1/9 \cdot h \cdot \Sigma I_T\text{-Prod.} \cdot 2$$

I_T Vannlinjeplanet tværskips arealtreghetsmoment om senterlinjen (m⁴)

$$I_L = 1/3 \cdot (h)^3 \cdot I_L \text{ Prod.} \cdot 2 - A_w \cdot (LCF_{Ap})^2$$

I_L Vannlinjeplanet langskips arealtreghetsmoment om L/2 (m⁴)

Moment pr. 1 cm trimforandring, MTC

$$MTC = \frac{I_L \cdot \rho}{L \cdot 100}$$

MTC Moment for å forandre trimmen 1 cm (tm/cm)

L Skipets lengde i vannlinjen (eller L_{pp}) (m)

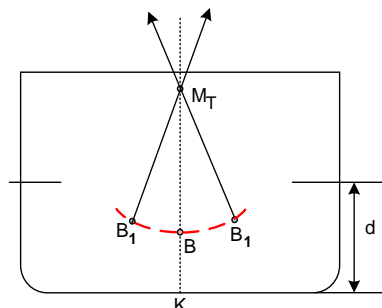
5. SKIPETS METASENTERRADIUS

Tverrskips metasenterradius, BM_T

For små krengevinkler:

$$BM_T = \frac{I_T}{\nabla}$$

$$KM_T = KB + BM_T$$



I_T	Vannlinjeplanets tverrskips arealtrehetsmoment	(m^4)
∇	Volumdeplasement	(m^3)
BM_T	Tverrskips metasenterradius	(m)
M_T	Tverrskips initialmetasenter	
KM_T	Tverrskips metasenter over kjøll	(m)

Tilnærmet BM_T

$$BM_T \approx \frac{L \cdot B^3}{12 \cdot \nabla} \cdot (C_w)^2$$

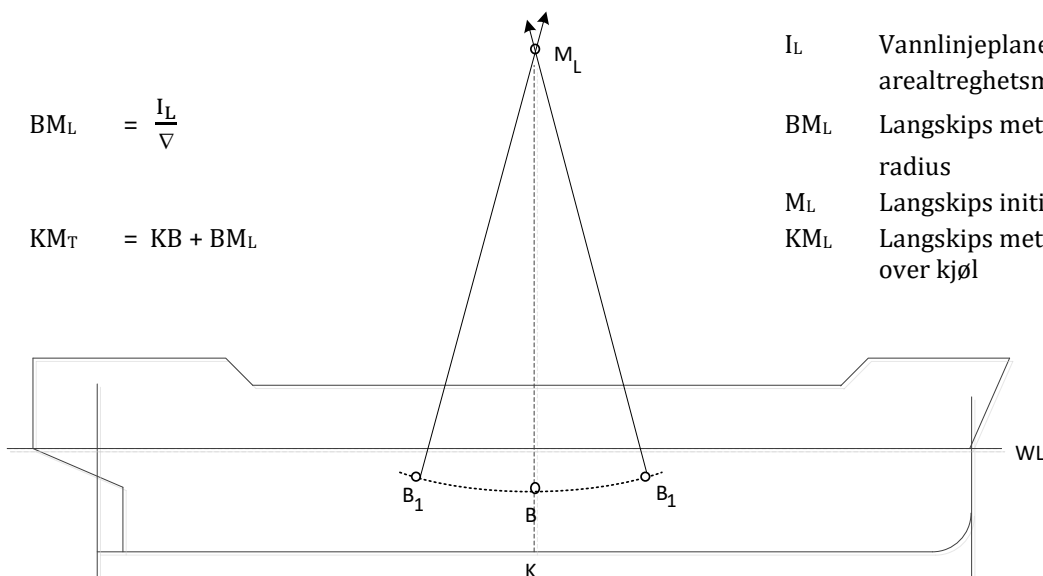
C_w	Vannlinjeplanets finhetskoeffisient	(-)
-------	-------------------------------------	-----

Langskips metasenterradius, BM_L

For små trimvinkler:

$$BM_L = \frac{I_L}{\nabla}$$

$$KM_L = KB + BM_L$$



I_L	Vannlinjeplanets langskips arealtrehetsmoment	(m^4)
BM_L	Langskips metasenterradius	(m)
M_L	Langskips initialmetasenter	
KM_L	Langskips metasenter over kjøll	(m)

6. FLYTTING AV SKIPETS TYNGDEPUNKT

Flytting av en vekt

Når en vekt flyttes vil skipets deplasement være konstant, men G vil flytte seg samme vei som vekten flyttes.

Skipets Mom. = Vektens Mom.

$$\Delta \cdot GG_1 = v \cdot a$$

Δ	Skipets vektdeplasement	(t)
v	Vekten som flyttes	(t)
a	Avstanden vekten flyttes	(m)
GG_1	Avstanden G flytter seg	(m)

$$GG_1 = \frac{v \cdot a}{\Delta}$$

$$v = \frac{\Delta \cdot GG_1}{a}$$

v	Vekten som må flyttes	(t)
GG_1	Ønsket flytting av G	(m)

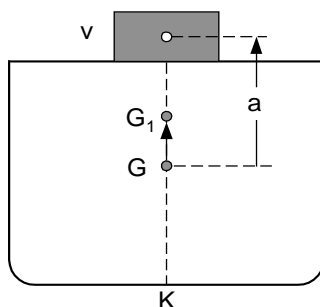
Lasting/lossing av en vekt

Når det lastes/losses en vekt vil skipets deplasement forandres.

G vil flytte seg etter følgende: - mot vekten som lastes
- fra vekten som losses

Flytting av G ved lasting/lossing:

$$GG_1 = \frac{v \cdot a_G}{(\Delta \pm v)}$$



v	Vekt som lastes/losses	(t)
a_G	Avstanden mellom skipets G og vektens tyngdepunkt	(m)
+	ved lasting	
-	ved lossing	

Nødvendig vekt å laste/losse:

$$v = \frac{\Delta \cdot GG_1}{(a_G \mp GG_1)}$$

Som gir:

-	ved lasting	
+	ved lossing	
GG_1	Ønsket flytting av G	(m)

Skipets "G" ved lasting/lossing av flere vekter

	v (t)	LCG (m)	L.M. (tm.)	VCG (m)	V.M. (tm.)
Δ					
v_1	\pm		\pm		\pm
v_2	\pm		\pm		\pm
Δ_1		Σ		Σ	

v	Vekter (t)
LCG	Vektens avstand fra Ap (m)
L.M.	Langskipsmoment ($v \cdot LCG$)
VCG	Vektens avstand fra K (m)
V.M.	Vertikalmoment ($v \cdot VCG$)

Nytt $\Delta_1 \Rightarrow$ Nye skalaverdier

$$LCG_1 = \frac{\Sigma L.M.}{\Delta_1}$$

LCG_1 Ny LCG etter lasting/lossing (m)

$$KG_1 = \frac{\Sigma V.M.}{\Delta_1}$$

KG_1 Ny KG etter lasting/lossing (m)

7. SKIPETS BEGYNNELSESSTABILITET

Metasenterhøyde

$$GM = KM - KG$$

GM G's avstand fra metasenteret (m)
 - Negativ verdi gir negativ begynnelsesstabilitet
 - Positiv verdi gir positiv begynnelsesstabilitet
 Generelt for lastefartøy: GM må minimum være 0,15 m
 Fiskefartøy over 15 m : GM må minimum være 0,35 m

Skipets naturlige rulleperiode

$$t_R = \frac{B \cdot f}{\sqrt{GM}}$$

$$GM = \left(\frac{f \cdot B}{t_R}\right)^2$$

t_R Skipets naturlige rulleperiode (sek.)
 Er en funksjon av GM
 B Skipets bredde (m)
 f Faktor ($\approx 0,8$) som er avhengig av skipstype og lastetilstand (-)
 GM GM ut fra rulleperiode i sjøgang (m)

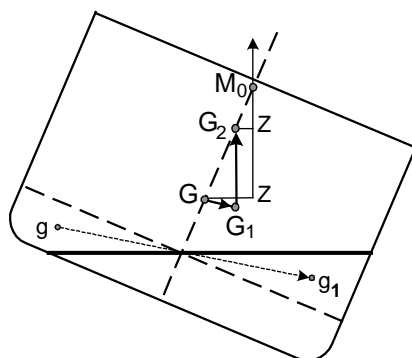
8. SLAKKE TANKER

Korreksjon for fri væskeoverflate i tanker

$$I_t = \frac{l \cdot b^3}{12}$$

$$Fs.M. = I_t \cdot \rho$$

$$GG_2 = \frac{Fs.M.}{\Delta}$$



I_T Tankens tverrskip arealtrehetsmoment (m⁴)
 l Tankens lengde (m)
 b Tankens bredde (m)
 Fs.M. Free surface Moment (tm)
 ρ Væskens densitet (t/m³)
 GG₂ Tilsynelatende heving av G (m)

Beregningskjema:

	v (t)	VCG (m)	V.M. (tm.)	Fs.M. (tm.)
Δ				
v1	±		±	±
v2	±		±	±
Δ_1		Σ		

Nytt $\Delta_1 \Rightarrow$ Nye skalaverdier

$$KG_1 = \frac{\Sigma V.M.}{\Delta_1}$$

KG₁ Ukorrigert KG (m)

$$GG_2 = \frac{\Sigma Fs.M.}{\Delta_1}$$

GG₂ Tilsynelatende økning av KG (m)

$$KG_2 = KG_1 + GG_2$$

KG₂ Korrigert for fri væskeoverflate (m)

$$G_2M = KM - KG_2$$

G₂M GM korrigeret for fri væskeoverflate (m)

9. STATISK OG DYNAMISK STABILITET

Den rettende arm, GZ

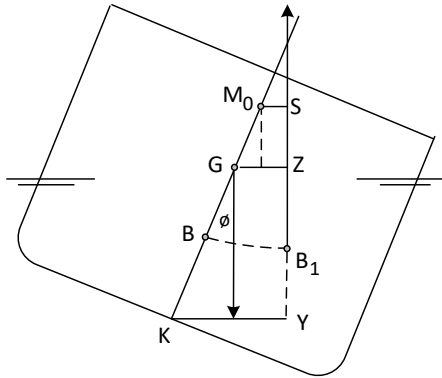
Opp til ca. 10°:

$$GZ = G_2M \cdot \sin\theta$$

For alle krengevinkler:

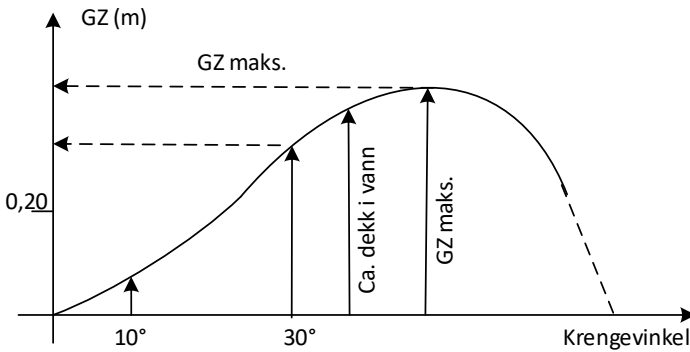
$$GZ = G_2M \cdot \sin\theta + M_0S$$

$$GZ = KY(KN) - KG_2 \cdot \sin\theta$$



- GZ Den rettende arm (m)
- θ Krengeving i grader
- M₀ Initialmetasenter
- M₀S Avstanden fra M₀ til oppdriftslinjen fra B₁ (m)
- KY(KN) Avstanden fra Kjøil til oppdriftslinjen fra B₁ (m)

GZ-kurvens forløp



GM bestemmer kurvens stigning opp til ca. 10° krengeving.

Skipets fribord bestemmer kurvens videre stigning.

Kurven stiger til dekket kommer i vann, og da vil kurven vende, noe før den når sin maksimalverdi

Generelle krav

- GZ ved 30° skal være minimum 0,20 m.
- GZ maks. bør oppstå etter 30°, aldri før 25°

«The Wall Sided Formula»

$$GZ = GM \cdot \sin\theta + \frac{1}{2} \cdot BM \cdot \tan^2\theta \cdot \sin\theta$$

Formelen kan brukes til å beregne GZ til den krengevingkel dekket kommer i vann. Gjelder for tilnærmet vertikale skipssider.

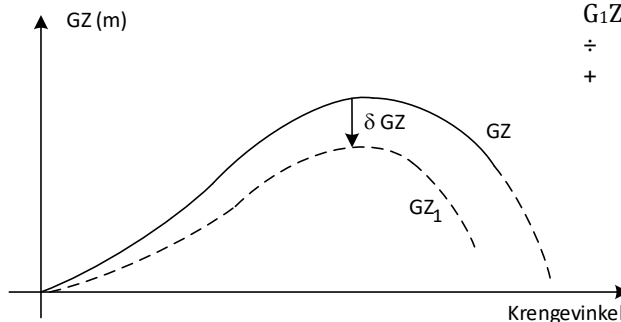
Korrigering av en gitt GZ-kurve

$$\delta GZ = GG_1 \cdot \sin\theta$$

GG₁ Forskjell mellom aktuell KG (KG₁) og KG som er lagt til grunn for GZ- kurven.

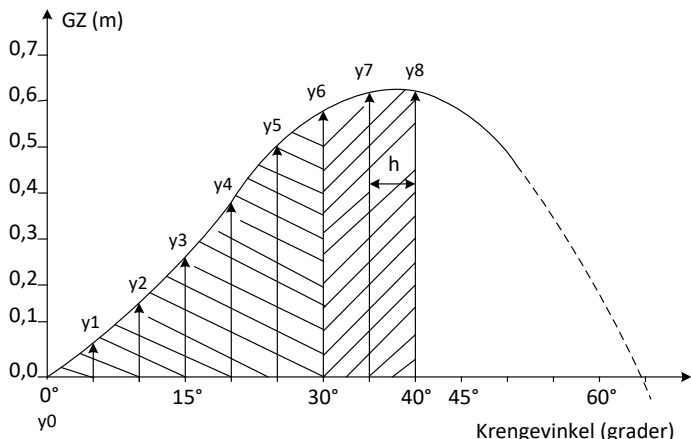
$$G_1Z = GZ \pm \delta GZ$$

- G₁Z Korrigert kurve
- ÷ når KG₁ > KG
- + når KG₁ < KG



Areal under GZ-kurven

GZ-kurven:



- h Konstant avstand mellom ordinatene
- h 5°
- y Ordinatlengde (GZ) (m)
- SM Simpsons Multiplikator (-)

Areal i metergrader:

$$\text{Areal} = 1/3 \cdot h \cdot \Sigma \text{Prod.}$$

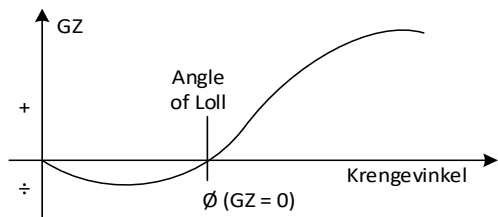
Areal i meterradianer (krav):

$$\text{Areal} = 1/3 \cdot h \cdot \Sigma \text{Prod.} \cdot \pi/180$$

Beregningsskjema:

	1	2	(1x2)					
Ord. nr.	GZ (m)	SM (-)	Prod. (m)					
0°	y0	1						
5°	y1	4						
10°	y2	2						
15°	y3	4						
20°	y4	2						
25°	y5	4						
30°	y6	1						
0° - 30°		Σ		→	A 0° - 30°	m.rad	0,055	m.rad
30°	y6	1						
35°	y7	4						
40°	y8	1						
30° - 40°		Σ		→	A 30° - 40°	+	m.rad	0,030 m.rad
					A 0° - 40°		m.rad	0,090 m.rad.

"Angle of Loll", negativ begynnelsesstabilitet



$$\tan \theta = \sqrt{\frac{2 \cdot GM}{BM}}$$

Når GM er negativ vil første del av GZ-kurven være negativ

Skipet krenger over til B og G ligger på samme vertikale, GZ = 0

Formelen kan brukes for skip med tilnærmet vertikale skipssider til dekket kommer i vann

NB! GM må settes inn i formelen som et positivt tall

10. LASTE TIL EN BESTEMT GZ ved 30°

Da det stilles krav til GZ ved 30°, bør en ved avgang ha GZ så stor at en har tilstrekkelig stabilitet under hele reisen. Har skipet ledig DW og skal laste dekkslast må en ofte kompensere med ballast for å få med mest mulig last. I slike tilfeller kommer skipet på aktuell lastelinje, og en kan beregne ønsket GM/KG ut fra kjente hydrostatiske verdier.

Ønsket GM/KG

$\emptyset.GM = \frac{(\emptyset.GZ - M_0S)}{\sin 30^\circ}$	M_0S	Ved lastet dypgående	(m)
	$\emptyset.GM$	Ønsket (minimum) GM	(m)
$\emptyset.KG = KM - \emptyset.GM$	KM	Ved lastet dypgående	(m)
	$\emptyset.KG$	Ønsket (maksimal) KG	(m)
$\emptyset.KG = \frac{(KY - \emptyset.GZ)}{\sin 30^\circ}$	$KY = KN$		(m)

Nødvendig ballast; flytting av vekter

$GG_1 = KG_1 - \emptyset.KG$	KG_1	KG med ledig DW på dekk
	$\emptyset.KG$	KG ønsket ved avgang
$v = \frac{\Delta \cdot GG_1}{a}$	GG_1	Avstanden G må senkes
	v	Vekt som må flyttes ned som ballast
	a	Avstand mellom dekkslast og ballasttank(er)

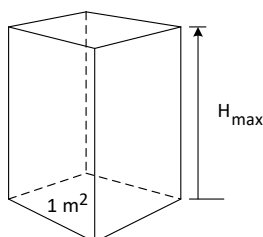
11. BELASTNING PÅ DEKK OG LUKER

Stuingsfaktor

$SF = \frac{\text{Lastens volum}}{\text{Lastens vekt}}$	SF	Lastens stuingsfaktor	(m ³ /t)
---	------	-----------------------	---------------------

Maksimal lastehøyde i et lasterom

$H_{\text{maks}} = \text{Bel}_{\text{maks}} \cdot SF$	H_{maks}	Maksimal lastehøyde	(m)
	Bel_{maks}	Maksimal tillatt belastning på dekk (t/m ²)	
	SF	Lastens stuingsfaktor	(m ³ /t)



Tyngste last for fullt rom

$SF = \frac{H}{\text{Bel}_{\text{maks}}}$	H	Lasterommets høyde	(m)
---	-----	--------------------	-----

Lasteenhets belastning på dekk og luker

$\text{Bel.} = \frac{v}{A} = \frac{v}{l \cdot b}$	v	Lasteenhets vekt	(t)
	A	Lasteenhets areal	(m ²)
	l	Lasteenhets lengde	(m)
	b	Lasteenhets bredde	(m)

12. STABILITETSKONTROLL

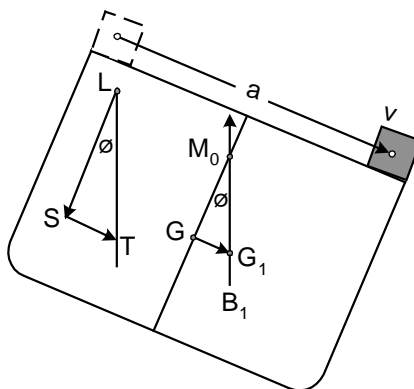
Ved krengeprøve

$$GM = \frac{GG_1}{\tan \emptyset} = \frac{v \cdot a}{\Delta \cdot \tan \emptyset}$$

$$\tan \emptyset = \frac{ST}{LS}$$

$$GM = \frac{v \cdot a}{\Delta} \cdot \frac{LS}{ST}$$

$$\tan \emptyset = \frac{GG_1}{GM}$$



v Vekt som flyttes (t)

a Avstand vekten flyttes (m)

LS Snorlengde (m)

ST Snorutslag (m)

B Skipets bredde (m)

f ≈ 0,8

t_R Skipets rulleperiode (sek)

Ved rulleperiode

$$GM \approx \left(\frac{B \cdot f}{t_R} \right)^2$$

13. USYMMETRISK PLASSERING AV VEKTER

Lasting/lossing av vekter

	v (t)	VCG (m)	V.M. (tm.)	TCG (m)	T.M.	
					bb. (tm.)	st.b (tm.)
Δ						
v1	+		+	±		
v2	+		+	±		
Δ ₁		Σ		Σ		

TCG "Transvers Centre of Gravity",
vektens avstand fra centerlinjen

T.M. Tverrskipsmoment (v · tcg)
+ til babord
÷ til styrbord

Δ₁ ⇒ Nye skalaverdier

$$KG_1 = \frac{\Sigma V.M.}{\Delta_1}$$

KG₁ Ny KG etter lasting/lossing

$$GM = KM - KG_1$$

GM Etter lasting

Når T.M. bb ≠ T.M. stb finnes krengevinkelen ved

$$TCG_1 = \frac{\Sigma T.M.}{\Delta_1}$$

TCG₁ Skipets TCG etter lasting/lossing

$$\tan \emptyset = \frac{TCG_1}{GM} = \frac{\Sigma T.M.}{\Delta_1 \cdot GM}$$

∅ Krengevinkel stb/bb (°)

Retting av skipet, flytting:

$$\begin{aligned} \text{Vektens T.M.} &= \text{Skipets T.M.} \\ v \cdot a &= \Delta \cdot GM \cdot \tan \emptyset \end{aligned}$$

v Vekt som flyttes tverrskips
a Avstand vekten flyttes
∅ Skipets krengevinkel (°)

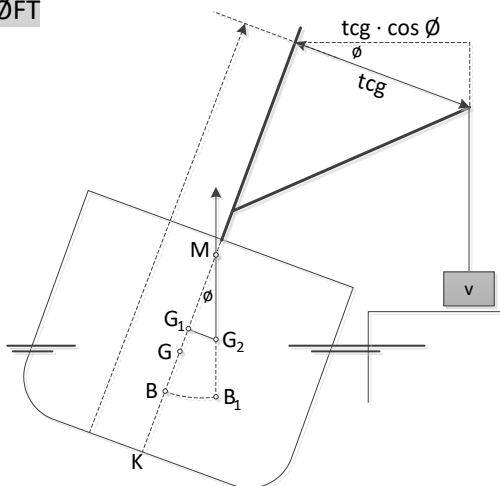
Retting av skipet, lasting/lossing:

$$\begin{aligned} \text{Vektens T.M.} &= \text{Skipets T.M.} \\ v \cdot tcg &= \Delta \cdot GM \cdot \tan \emptyset \end{aligned}$$

v Vekt som lastes/losses
tcg Vektens avstand fra senterlinjen

14. TUNGLØFT

senterlinjen



- vcg Bomnokkens høyde over kjøll
- tcg Bomnokkens avstand fra senterlinjen
- GG₁ Heving av G under løfting
- G₁G₂ Tverrskips forflytning av G under løfting
- G₁G₂ = TCG
- TCG "Transvers Centre of Gravity"

Krengvinkel ved tungløft (opp til ca. 10°)

	v	VCG	V.M.	Fs.M.	TCG	T.M.	
	(t)	(m)	(tm.)	(tm.)	(m)	bb.	stb.
						(tm.)	(tm.)
Δ							
v	+		+				
Δ ₁		Σ			Σ		

- tcg vektens avstand fra senterlinjen
- T.M. Tverrskipsmoment (v · tcg)

Nytt Δ₁ ⇒ Nye skalaverdier

$$KG_1 = \frac{\sum V.M.}{\Delta_1}$$

KG₁ KG under løfting

$$GM = KM - KG_1$$

GM GM under løfting

Krengvinkel under løfting:

$$TCG = \frac{\sum T.M.}{\Delta_1}$$

TCG Skipets TCG under løfting

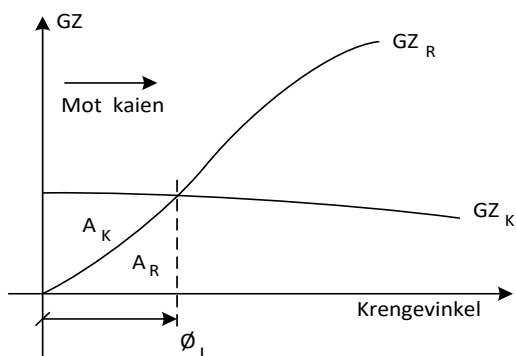
$$\tan \phi = \frac{TCG_1}{GM} = \frac{\sum T.M.}{\Delta_1 \cdot GM}$$

φ Krengvinkel under løfting

Krengvinkler større enn ca. 10°

Ved å tegne GZ-kurven for den rettende arm (GZ_R) samt kurven for den kregende arm (GZ_K), vil krengvinkelen under løfting (φ_L) finnes i skjæringspunktet for de to kurvene.

GZ-kurver:



- GZ_R = KY ÷ KG · sin φ
- GZ_R = GM · sin φ + M₀S
- GZ_K = TCG · cos φ
- Krengearmen avtar med cos φ

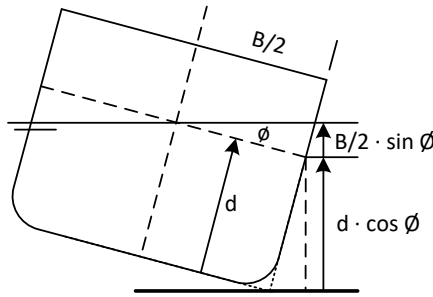
Krengvinkelen under løfting (φ_L) finnes når:

- GZ_R = GZ_K
- A_K = Kregende arbeid (Areal)
- A_R = Rettende arbeid (Areal)
- A_R = A_K

Forandring i dypgående ved krenning

Uten bunnreis:

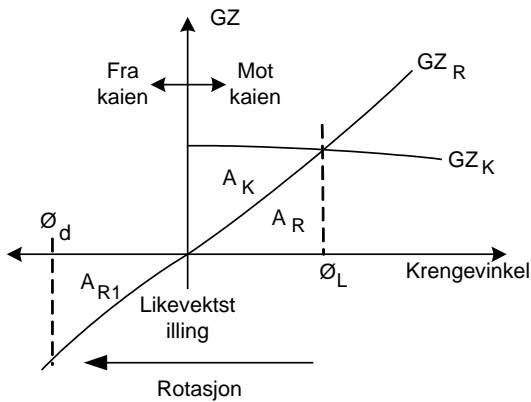
$$d_1 = B/2 \cdot \sin\varnothing + d \cdot \cos\varnothing$$



- d Skipets dypgående før krenning
- d₁ Dypgående ved krenning
- ϕ Krengevinkel
- B Skipets bredde

Tungløft og "Loss of Load"

Uten kontravekter:



- $A_K = A_R$
- A_K Krengearbeid, blir frigitt idet løftet ryker
- A_R Rettende arbeid, fører til at skipet får en rotasjon mot likevektspunktet
- \varnothing_L Krengevinkel under løfting
- \varnothing_d Skipet vil rotere forbi likevektspunktet og stoppe idet A_{R1} (rettende arbeid) er like stort som A_K
- $A_{R1} = A_R$

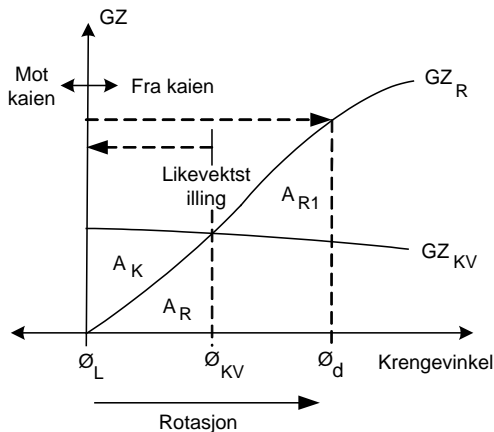
I virkeligheten vil friksjon i vannet føre til at \varnothing_d vil bli noe mindre enn \varnothing_L

Med kontravekter:

Med kontravekter inne tar vi utgangspunkt i at skipet ligger rett under løfting. Idet løftet ryker har skipet ny likevektsstilling ved den krengevinkel kontravektene gir (\varnothing_{KV}).

- 1) Lag GZ-kurver kun med kontravekt inne
- 2) Krengevinkelen med kun kontravektene inne (\varnothing_{KV}) finnes når $GZ_R = GZ_K$
- 3) Når løftet tas vil skipet ligge rett (\varnothing_L)

Figuren under viser hva som skjer idet løftet ryker:



Idet løftet ryker vil skipet rotere mot sitt nye likevektspunkt (\varnothing_{KV}) og videre til rettende arbeid (A_{R1}) har absorbert den frigitte krengeenergien (A_K).

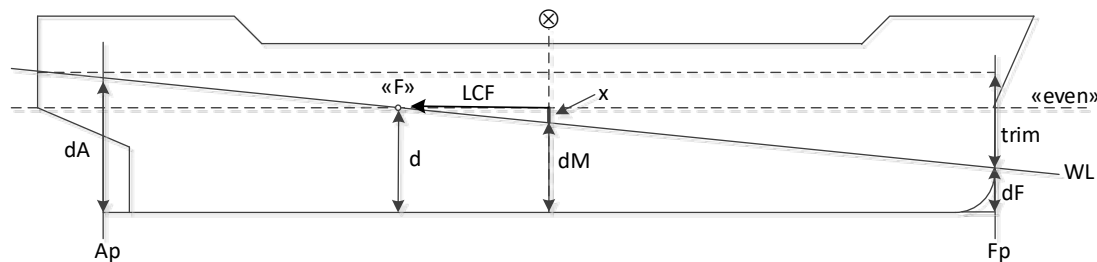
- \varnothing_{KV} Krengevinkel med kontravekt
- $A_{R1} = A_K = A_R$

Dynamisk krengevinkel (\varnothing_d) fines ved å sammenligne disse arealene

15. TRIMBEREGNINGER

Se også Kap. 19

Skipets dypganger og trim



dF Avlest dypgang forut (m) v/perp.
 dA Avlest dypgang akter (m) v/perp.

«LCF» Flotasjonscenteret «F» fra ⊗ (m)

Generelt: - når aktenfor ⊗
 + når forenfor ⊗

d Dypgående «even» (uten trim) Skaladypgående/referansedypgående; det dypgående som refererer seg til et bestemt deplasement i lasteskalaen.

Trim og middeldypgående (dM)

trim = dF - dA

Generelt: - når akterlig trim (m)
 + når forlig trim (m)

dM = $\frac{(dF+dA)}{2}$

dM Beregnet dypgående midtskips (m)

Trimmens innflytelse på dypgående midtskips

x = $\frac{\pm \text{trim} \cdot \pm \text{LCF}}{L}$

x Trimkorleksjon (m)
 LCF Tas ut fra dM (m)

Fortegnsregler for trimkorleksjon (x) som skal benyttes på dypgående midtskips (dM):

- + når akterlig trim og LCF og når forlig trim og LCF
- når akterlig trim og forlig LCF og når forlig trim og akterlig LCF

d = dM ± x

d Skaladypgående (m)

Fordeling av beregnet trim

Til fordeling F og A vil være to verdier. Den minste verdien anvendes på den siden av ⊗ hvor vi finner LCF.

Til fordeling = $\frac{\text{trim} \cdot (\frac{L}{2} \pm \text{LCF})}{L}$

Trimmens innflytelse på deplasement for dypgående midtskips

Δ = $\frac{\pm \text{trim} \cdot \pm \text{LCF} \cdot \text{TPC}}{L}$

Fortegnsregler som ovenfor.

Skipets trimmoment

$$\begin{aligned} \text{Trimmoment} &= \text{Trimmoment} \\ \Delta \cdot BG &= \text{trim} \cdot \text{MTC} \end{aligned}$$

Trim (cm)
 BG Momentarmen som forårsaker trim (m)
 MTC Enhets trimmoment (se Kap. 4)

Beregning av trim

$$\begin{aligned} \text{LCG} &= \frac{\Sigma L.M.}{\Delta} = \text{m} \\ \text{LCB} &= \text{m} \\ \text{BG} &= \pm \text{m} \\ \text{trim} &= \frac{\Delta \cdot BG}{\text{MTC}} = \pm \text{cm} \end{aligned}$$

Eller:

$$\begin{aligned} \text{L.M.} &= \Delta \cdot \text{LCG} = \text{tm} \\ \text{O.M.} &= \Delta \cdot \text{LCB} = \text{tm} \\ \text{tr.M.} &= (\Delta \cdot BG) = \pm \text{tm} \\ \text{trim} &= \frac{\text{tr.M.}}{\text{MTC}} = \pm \text{cm} \end{aligned}$$

Trimforandring ved flytting av en vekt

$$\begin{aligned} \delta \text{ Trimmoment} &= \delta \text{ Trimmoment} \\ v \cdot a &= \delta \text{ trim} \cdot \text{MTC} \end{aligned}$$

δ trim Forandret trim (cm)
 v Vekt som flyttes (t)
 a Avstanden vekten flyttes (m)

Trimforandring:

$$\delta \text{ trim} = \frac{v \cdot a}{\text{MTC}}$$

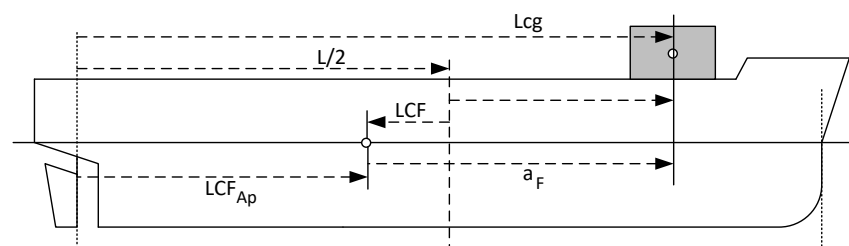
δ trim Trimforandring (cm)

Nødvendig vekt å flytte:

$$v = \frac{\delta \text{ trim} \cdot \text{MTC}}{a}$$

δ trim Ønsket trimforandring (cm)

Trimforandring ved lastning/lossing av en "liten" vekt ("Flotasjonsmetoden")



a_F Avstanden fra flotasjons-senteret (LCF) til vektens tyngdepunkt (m)

$$\begin{aligned} \text{LCF}_{Ap} &= L/2 \pm \text{LCF}_{\otimes} \\ a_F &= \text{Lcg} - \text{LCF}_{Ap} && \text{Når vekten er foran LCF} \\ a_F &= \text{LCF}_{Ap} - \text{l}_{cg} && \text{Når vekten er bak LCF} \end{aligned}$$

Trimforandring ved lastning/lossing:

$$\delta \text{ trim} = \frac{v \cdot a_F}{\text{MTC}}$$

δ trim Trimforandring (cm)
 v Vekt som lastes/losses (t)

Nødvendig vekt å laste/losse for å oppnå ønsket trimforandring:

$$v = \frac{\delta \text{ trim} \cdot \text{MTC}}{a_F}$$

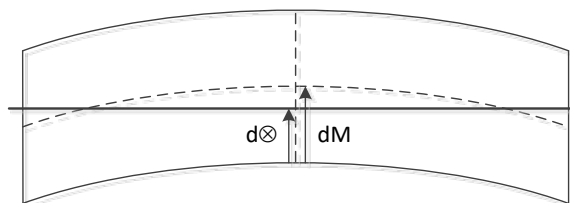
δ trim Ønsket trimforandring (cm)

16. SKROGBØYNING

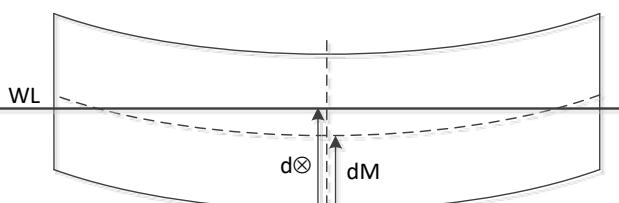
Se også kapittel 19

Skrogbøyningens innflytelse på dypgående midtskips

Hogg:



Sagg:



$$dM = \frac{(dF+dA)}{2}$$

$$H/S = dM - d\otimes$$

dM Beregnet dypgående midtskips (m)

H/S Hogg eller Sagg (m)
 d⊗ Avlest dypgående midtskips (m)
 + Hogg (m)
 - Sagg (m)

Hogg/sagg-korreksjon

$$\delta d = \frac{\text{Hogg/Sagg}}{3 (4)}$$

δd Hogg/Sagg-korreksjon (m)

Anvendes på avlest dypgående midtskips (d⊗):
 + Ved hogg
 - Ved sagg

Dypgående midtskips korrigeret for Hogg/sagg

$$d\otimes' = d\otimes \pm \delta d$$

d⊗' Avlest midtskips korrigeret for skrogbøyning.
 I tillegg kommer korreksjon midtskips pga. trim.

Deplasementskorreksjon

$$\delta\Delta = \frac{\text{Hogg/sagg} \cdot \text{TPC}}{3 (4)}$$

Anvendes på deplasement tatt ut fra d⊗

Alternativ

$$d = \frac{(dF+6 \cdot d\otimes+dA)}{8}$$

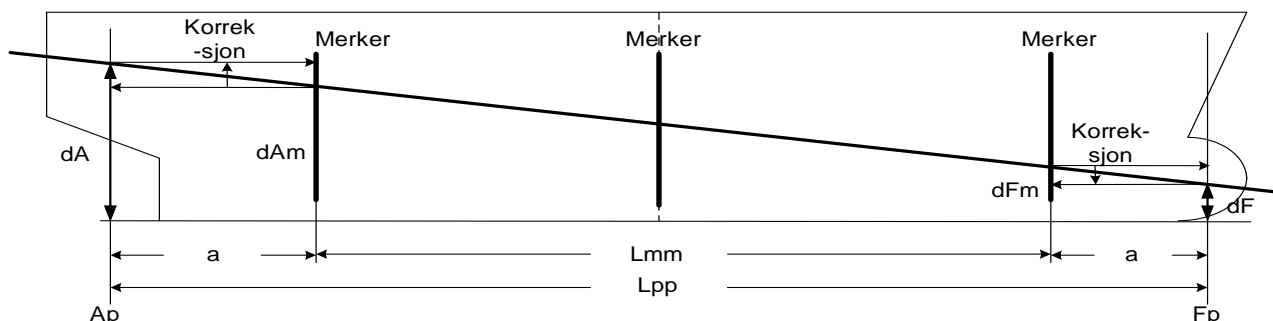
Når delt på 4 og 8, er metoden det midlere av det midlere av det midlere benyttet.

d Dypgående korrigeret for skrogbøyning

17. NÅR MERKENE IKKE ER VED PERPENDIKULÆRENE

Når dypgangsmarker ikke er ved perpendikulærene

NB! Gjelder for akterlig trim



Fra merker til perpendikulærene

$$\text{corr} = \frac{\text{trim}_{MM} \cdot a}{L_{MM}}$$

- L_{MM} Lengde mellom merker (m)
- trim_{MM} Trim mellom merker (m)
- a Avstand fra merket til perpendikulæren (m)

	A	M	F	trim
Ved merker				
Corr.	+		-	
Ved Perp.				

- corr - forut (m)
- + akter (m)

Fra perpendikulærene til merker

$$\text{corr} = \frac{\text{trim}_{PP} \cdot a}{L_{PP}}$$

- L_{PP} Lengde mellom perp. (m)
- trim_{PP} Trim mellom perp. (m)
- a Avstand fra merket til perpendikulæren (m)

	A	M	F	trim
Ved perp.				
Corr.	-		+	
Ved merker				

- corr + forut (m)
- akter (m)

18. SKIPET I BRAKKVANN (BW)

Når skipet ligger i annet vann enn vanlig saltvann («BW»), får verdiene betegnelse f.eks. d»ρ». Dette viser at verdiene er tatt ut vann med annen densitet enn 1,025 t/m³.

Når skipet ligger i BW

Δρ ⇒ Skalaverdier i BW Δρ Skaladyppgående i BW

Verdiene LCB, KB, LCF og KM er kun avhengig av dypgang uansett hvilken densitet vannet har. De andre verdiene må korrigeres når de er tatt ut fra dypgående i annet vann enn saltvann.

Ved konstant dypgående er det proporsjonalitet mellom størrelsene vi tar ut og vannets densitet. Vi kan finne tilsvarende (korrigerte) verdier som skal anvendes i brakkvann ved:

$$\Delta \cdot 1,025 = \Delta\rho \cdot \rho \Rightarrow \Delta' = \frac{\Delta\rho \cdot \rho}{1,025} \quad \Delta\rho \quad \Delta \text{ tatt ut fra dypgående i brakkvann}$$

$$MTC \cdot 1,025 = MTC\rho \cdot \rho \Rightarrow MTC' = \frac{MTC\rho \cdot \rho}{1,025} \quad MTC\rho \quad MTC \text{ tatt ut fra dypgående i brakkvann}$$

$$TPC \cdot 1,025 = TPC\rho \cdot \rho \Rightarrow TPC' = \frac{TPC\rho \cdot \rho}{1,025} \quad TPC\rho \quad TPC \text{ tatt ut fra dypgående i brakkvann}$$

Når skipet skal Fra SW til BW

$\Delta\rho = \frac{\Delta \cdot 1,025}{\rho}$	Δ	Skipets korrekte deplaselement
$\Delta\rho \Rightarrow d\rho$	Δρ	Deplaselement i annet vann enn saltvann
$d\rho \Rightarrow \text{Skalaverdier i BW}$		Dette er kun en "hjelpeverdi" for å ta ut korrekt dypgående når skipet ligger i BW
	dρ	Korrekt dypgang (skaladyppgående) i BW

Forandring i dypgående og trim pga. vannets saltholdighet

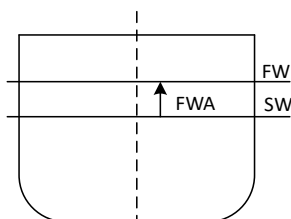
Når skipet går fra SW til BW:

SW: Δ	⇒	d = m,	⇒	LCB = m	⇒	MTC = <u> </u> tm/cm
BW: Δρ	⇒	$\frac{d\rho}{\rho} = \frac{m}{1,025}$	⇒	$\frac{LCB\rho}{\rho} = \frac{m}{1,025}$		
		$\frac{\delta d}{d} = \frac{m}{1,025}$		$\frac{BB_1}{\rho} = \frac{m}{1,025}$		

$$\delta \text{ trim} = \frac{\Delta \cdot BB_1}{MTC} \quad MTC \quad \text{For dypgående i saltvann.}$$

«Fresh Water Allowance»

$$FWA = \frac{\Delta \cdot 0,025}{TPC}$$



FWA Avstand mellom saltvanns- og ferskvannsmerket (cm) "Fresh Water Allowance"

TPC TPC på Sommermerket

0,025 Forskjellen mellom densitet på saltvann og ferskvann

19. BEREGNING AV KORREKT DEPLASEMENT

Når skipet har krenkning

Når skipet har krenkning må en lese av dyppgangene på begge sider av skipet, og beregne middelverdien av avlesingene:

$$dA = \frac{(dA_{stb} + dA_{bb})}{2} \quad d\otimes = \frac{(d\otimes_{stb} + d\otimes_{bb})}{2} \quad dF = \frac{(dF_{stb} + dF_{bb})}{2}$$

Når merkene ikke er ved perpendikulærene

Korrigerer fra merker til perpendikulærene:

	A	⊗	F	trim
v/merker				±
korreksjon	±	±	±	
v/perp.				±

$$\text{trim} = dF - dA$$

NB! All beregning skal foregå med trim mellom perpendikulærene

Når merkene er ved perpendikulærene

1) Trim, Middeldyppgående og skrogbøyning:

$$\text{trim} = dF - dA = \pm \text{ m}$$

$$dM = (dF + dA)/2 = \text{ m}$$

$$H/S = dM - d\otimes = \pm \text{ m}$$

dM Middeldyppgående

d⊗ Avlest midtskips
+ H - Hogg
- S - Sagg

2) Skaladyppgående (referansedyppgående):

$$\begin{aligned} d\otimes \text{ (avlest)} &= \text{ m} \\ \delta d \text{ H/S-korreksjon} &= \pm (\text{Hogg/Sagg})/3(4) = \pm \text{ m} \\ d\otimes' &= \text{ m} \Rightarrow LCF_{\otimes} \\ \delta d \text{ trimkorreksjon} &= (\pm \text{ trim} \cdot \pm LCF_{\otimes})/L = \pm \text{ m} \\ d \text{ (skaladyppgående)} &= \text{ m} \Rightarrow \Delta \text{ etc.} \end{aligned}$$

NB! Korreksjonene anvendes på avlest dyppgående midtskips (d⊗)

3) Korreksjon for vannets densitet:

Verdiene LCB, VCB (KB), LCF, KB, BM og KM er bare avhengig av dyppgang uansett hvilken densitet vannet har. De andre verdiene må korrigeres når de er tatt ut fra dyppgående i annet vann enn saltvann (se Kap. 18).

4) Skipets LCG:

$$\begin{aligned} LCB &= \text{ m} \\ BG &= (\pm \text{ trim} \cdot MTC)/\Delta = \pm \text{ m} \\ LCG &= \text{ m} \end{aligned}$$

NB! Trim i cm!

Skipets L.M.:

$$\begin{aligned} O.M. &= \Delta \cdot LCB = \text{ tm} \\ tr.M. &= \pm \text{ trim} \cdot MTC = \pm \text{ tm} \\ L.M. &= (\Delta \cdot LCG) = \text{ tm} \end{aligned}$$

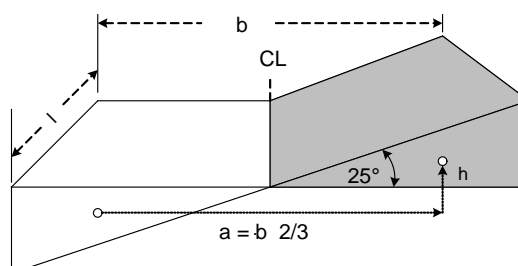
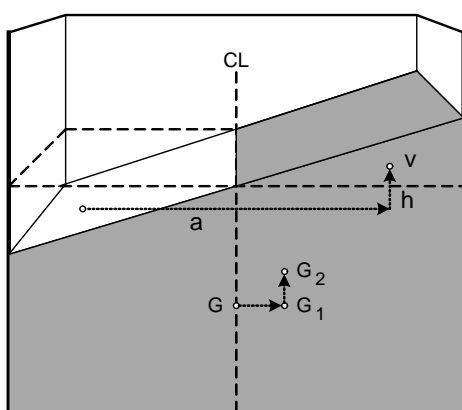
O.M. Oppdriftsmoment (tm)
tr.M. Trimmoment (tm)
NB! Trim i cm!
L.M. Langskipsmoment (tm)

20. KORNLASTING

Når "lettflytelig" last, slik som korn, kaster seg i ett eller flere slakke rom, vil vi få en virkning lik virkningen av slakke tanker. Imidlertid vil lasten ikke komme tilbake, og dette påfører skipet et konstant krenagemoment.

En regner med at lasten vil danne en kile med en vinkel på 25° med horisontalplanet. Her regner en ikke med økningen av KG, men øker det volumetriske krenagemomentet med 12 % for å kompensere for hevingen av G (stykket "h").

Kornets kasting



VUM	"Volumetric Upsetting Moment" Volumetrisk krenagemoment	(m ⁴)
UM	"Upsetting Moment" Krenagemoment	(tm)

Volumetrisk krenagemoment

$$I_t = \frac{l \cdot b^3}{12}$$

$$\text{VUM} = I_t \cdot \tan 25^\circ$$

I_t	Rommets arealtrehetsmoment	(m ⁴)
l	Rommets lengde	(m)
b	Rommets bredde	(m)
VUM	Volumetrisk krenagemoment	(m ⁴)

Krenagemoment og krengevinkel

$$\text{UM} = \frac{\text{VUM}}{\text{SF}}$$

$$\text{UM} = \text{VUM} \cdot \rho$$

$$\text{UM}_{\text{Kor.}} = \text{UM} \cdot 1,12$$

UM	Krenagemoment	(tm)
SF	Lastens stuingsfaktor	(m ³ /t)
ρ	Lastens tetthet	(t/m ³)
$\text{UM}_{\text{Kor.}}$	Korrigert med 12 %	(tm)

Skipets krengevinkel

$$\tan \emptyset = \frac{\text{UM}_{\text{Kor.}}}{\Delta \cdot G_2 M}$$

\emptyset	Krengevinkel ved kasting	(°)
-------------	--------------------------	-----

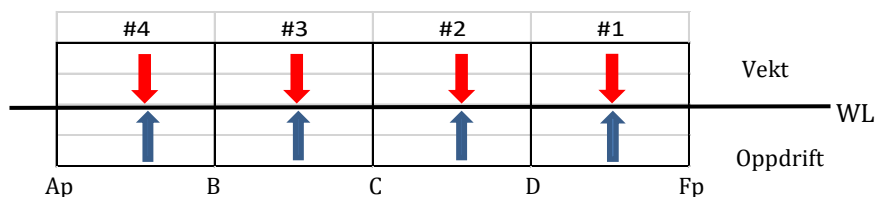
Maksimalt tillatt krenagemoment for en gitt lastetilstand

$$\text{UM} \approx \Delta \cdot G_2 M \cdot \tan \alpha$$

α	Maksimalt tillatt krengevinkel Normalt 12° krengeving	(°)
----------	--	-----

21. BØYEMOMENTER (BM) OG SKJÆRKREFTER (SF)

Rektangulær leker:



Det lastes ofte forskjellig i de forskjellige lasterom
 Oppdrift i seksjonene langs skrogbjelken er konstant så lenge lekeren ligger «even»
 Forskjellen mellom vekt og oppdrift vil gi en belastning i seksjonen
 Forskjell mellom vekt- og oppdriftskrefter mellom lasterommene vil gi vertikale skjærkrefter (SF)

Beregning av belastning pr. seksjon

LS (vekt pr. seksjon) = LS / (antall seksjoner)
 Fo (oppdrift pr. seksjon) = Δ / (antall seksjoner)

	# 4	# 3	# 2	# 1	Sum
LS (seksjon)					LS
Last (seksjon)	±	±	±	±	DW
F _V (seksjon)	=	=	=	=	Δ
F _O (seksjon)	-	-	-	-	Oppdrift
F _B (seksjon)	±	±	±	±	

LS_s = Lettskipsvekt seksjon
 F_{Vs} = Totalvekt seksjon
 F_{Os} = Oppdrift seksjon (-)
 F_{Bs} = Belastning seksjon

Beregning av skjærkrefter (SF) og bøyemoment (BM)

Kolonne 1-5 det samme som vist over; F_{Bs} = Belastning pr. seksjon
 L_s (lengde pr. seksjon) = L_{pp} / (antall seksjoner)

Kolonne nr.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				(1+2)		(3-4)	(6+5)	(6+6)/2		(7x8)	(10+9)
Spant nr.	Rom nr.	LS _s (t)	DW _s (t)	F _{Vs} (t)	F _{Os} (t)	F _{Bs} (t)	SF (t)	SF _{SM} (t)	L _s (m)	δ BM _{SM} (tm)	BM (tm)
Ap							0				0
	4										
B											
	3										
C											
	2										
D											
	1										
Fp							0				0
Totalt		-	-	-	-	-			-		

SF = Skjærkraft i snittene (B, C og D)
 SF_{MS} = Midlere skjærkraft i seksjonene (1, 2 3 og 4)
 δBM_{MS} = Forandret midlere bøyemoment i seksjonene
 BM = Bøyemoment i snittene

Skjærkraftkurve : Beregnes ut fra kolonne 6
 Bøyemomentskurve : Beregnes ut fra kolonne 10

22. OLJELASTING

All flytende last vil forandre volum og densitet ved temperaturforandring, men vekten på lasten er konstant. For å beregne vekt må en derfor kjenne volum og densitet ved *samme temperatur*. ASTM-tabellene har en standardtemperatur på 15 °C, og volum og densitet på lasten må omregnes til 15 °C for å kunne beregne korrekt vekt på lasten.

Definisjoner

V	:	m^3 ,	totalvolum
V_m	:	m^3 ,	tillatt maksimalvolum; 98 % av totalvolumet
t_m	:	°C	maksimaltemperatur på reisen
t	:	°C	temperatur
V_t	:	m^3 ,	volum ved en gitt temperatur
f_t	:	(-)	volumkorreksjonsfaktor ved en gitt temperatur - korrigerer oljens volum ved en gitt temperatur til oljens volum ved 15 °C
f_m	:	(-)	volumkorreksjonsfaktor ved maksimumstemperatur
SG_t	:	t/m^3	oljens densitet ved en gitt temperatur
SG	:	t/m^3	oljens densitet v/15 °C (i vakuum)
SG_L	:	t/m^3	oljens densitet v/15 °C i luft
SG_L	=		Tabell 56 eller $SG - 0,0011 t/m^3$

ASTM-tabellene

- Tab 53A: Når oljens densitet (SG_t) er gitt ved annen temperatur enn 15 °C
Finner oljens densitet ved 15 °C (SG)
- Tab 54A: Når oljens densitet (SG) er gitt ved 15 °C
Finner volumkorreksjonsfaktor "f" for å korrigere volum til 15 °C
- Tab 56: Korrigerer oljens densitet (SG) til densitet i luft (SG_L)

	Obs.: (53A)			SG v/15°C: (54A)			I luft: (56)	
Lasting	SG_1		→	SG		→	SG_L	
	t_1		→	f_1				
Makstemp.	t_m		→	f_m				
Lossing	t_2		→	f_2				

Oljens volum ved 15 °C

$$\begin{aligned}
 V_{15^\circ} &= V_{15^\circ} &= V_{15^\circ} &= V_{15^\circ} && \text{"V" og "f" må være ved samme temperatur} \\
 V_t \cdot f_t &= V_1 \cdot f_1 &= V_m \cdot f_m &= V_2 \cdot f_2 && \text{for å gi volumet v/15 °C}
 \end{aligned}$$

Oljens vekt

$$\begin{aligned}
 v &= V_{15^\circ C} \cdot SG_L && v && \text{Oljens vekt} \\
 v &= V_t \cdot f_t \cdot SG_L && V_t \text{ og } f_t && \text{Ved samme temperatur}
 \end{aligned}$$

Volum ut fra en kjent vekt

$$V_t = \frac{v}{f_t \cdot SG_L} = \text{etc.} \quad v \quad \text{Oljens vekt}$$

Oljens volum ved en gitt temperatur

$$V_t = \frac{V_m \cdot f_m}{f_t} = \text{etc.} \quad \begin{array}{l} \text{Når } V_m, t_m \text{ og } f_m \text{ er kjent:} \\ V_t \quad \text{Volum ved en gitt temperatur} \end{array}$$

Fyllingsgrad, Fg

$$Fg = \frac{V_t}{V}$$

Fg	(-)	
V _t	Lastens volum	(m ³)
V	Tankens totalvolum	(100 %)

Ullage; volum og %

$$\text{Ull vol} = V \div V_t$$

$$\text{Ull \%} = \frac{100\% \cdot \text{ull vol.}}{V}$$

V	Tankens totalvolum	(100 %)
V _t	Lastet volum	(m ³)

Direkte omgjøringsfaktor (DOF)

"Direkte Omgjørings Faktorer" (DOF) brukes når en skal laste eller beregne last av samme type på flere tanker. Konstante verdier kan multipliseres sammen til en verdi for å lette beregningene.

Vekt ut fra lastet volum (t₁)

$$v = V_1 \cdot (f_1 \cdot SG_L) = V_1 \cdot DOF_v$$

t ₁	Lastetemperatur
V ₁	Volumet varierer fra tank til tank
DOF _v	(f ₁ · SG _L) konstant verdi (t/m ³)

Vekt ut fra volum ved makstemperatur (t_m)

$$v = V_m \cdot (f_m \cdot SG_L) = V_m \cdot DOF_v$$

t _m	Makstemperatur
V _m	Volumet varierer fra tank til tank
DOF _v	(f _m · SG _L) konstant verdi (t/m ³)

Lastet volum ut fra kjent vekt

$$V_1 = \frac{v}{(f_1 \cdot SG_L)} = \frac{v}{DOF_{V1}}$$

v	Vekt varierer fra tank til tank (t)
DOF _{V1}	(f ₁ · SG _L) konstant (t/m ³)

Volum ved lossing (t₂)

$$V_2 = \frac{v}{(f_2 \cdot SG_L)} = \frac{v}{DOF_{V2}}$$

t ₂	Lossetemperatur
v	Vekt varierer fra tank til tank (t)
DOF _{V2}	(f ₂ · SG _L) konstant (t/m ³)

Beregninger ved lasting

$$v = V_m \cdot DOF_v$$

$$V_1 = \frac{v}{DOF_{V1}}$$

Beregninger ved lossing

$$V_2 = \frac{v}{DOF_{V2}}$$

v	vekt (konstant)
---	-----------------

Fra volum (m³) v/15 °C til US Barrels v/15 °C

$$\text{BBS} = V_{15^\circ\text{C}} (\text{m}^3) \cdot 6,2898$$

23. ENKEL LASTESIKRING

Fra "CSS-koden", Annex 13

Tabell 1 MSL ut fra "breaking strength"

MSL = "Maximum Securing Load" , tillatt belastning for utstyr for sikring av last
 SWL = "Safe Working Load" , kan erstatte MSL dersom likeverdig eller høyere

Material	MSL
Shacles, rings, deckeyes, turnbuckles	50 % of breaking strength
Fiber ropes	33 % of breaking strength
Web lashing	50 % of breaking strength
Wire rope (single use)	80 % of breaking strength
Wire rope (re-usable)	30 % of breaking strength
Steel band (single use)	70 % of breaking strength
Chains	50 % of breaking strength

Tabell 5 Friksjonskoeffisienter (μ)

Materials in contact	Friction coefficient (μ)
Timber - timber, wet or dry	0,4
Steel - timber or steel - rubber	0,3
Steel - steel, dry	0,1
Steel - steel, wet	0,0

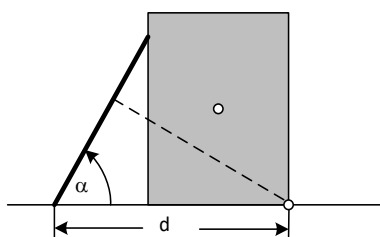
"Rule of Thumb Method"

Den totale verdien av MSL på sikringsmidlene på hver side av lasteenheten (både på babord og styrbord side) skal være lik vekten av lasteenheten i kN. Metoden er anvendbar på alle typer skip, uavhengig av hvor lasteenheten er plassert, og uansett seilingsområder og værforhold.

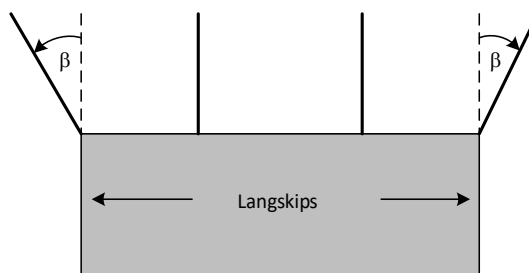
NB! For at metoden skal kunne gjelde, bør en bruke egnet materiale mellom lasteenhet og underlaget for å skape maksimal friksjon.

Surringer tverrskips bør imidlertid ikke ha vertikale vinkler (α) over 60° med dekket (45° - 60°), og surringene tar hensyn til både tverrskips glidning og tverrskips tipping. Det er viktig at surringene festes så høyt at avstanden "d" blir størst mulig for å hindre tipping.

Sett aktenfra:



Sett ovenfra:



Imidlertid bør surringer i forkant og akterkant ha noe visning forover/akterover (β) for å hindre langskips glidning, men for stor vinkel vil svekke tverrskips sikring. En kan i stedet for vinkel (β) ha ekstra surringer i langskips retning.

24. LASTESIKRING; EKSTERNE KREFTER PÅ LASTEENHET

Fra "CSS-koden", Annex 13

Krefter fra vind og sjø

Vind virker på hele lasteenhetens areal, F_w :

Tverrskips vind:	$F_{wy} = 1 \text{ kN/m}^2 \cdot l \cdot h$	l	Lasteenhetens lengde
Langskips vind:	$F_{wx} = 1 \text{ kN/m}^2 \cdot b \cdot h$	b	Lasteenhetens bredde
		h	Lasteenhetens høyde

Sjø virker kun opp til 2 m, F_s :

Tverrskips sjø:	$F_{sy} = 1 \text{ kN/m}^2 \cdot l \cdot 2 \text{ m}$
Langskips sjø:	$F_{sx} = 1 \text{ kN/m}^2 \cdot b \cdot 2 \text{ m}$

Akselerasjoner og krefter på lasteenheten

De gitte akselerasjonsdata er gyldige under følgende forhold:

- 1) "World wide" operasjoner og reisers varighet opp til 25 døgn
- 2) Skipslengde 100 m og fart 15 knop
- 3) Forholdet skipets bredde og GM (B/GM) ≥ 13

Tabell 2 Tverrskips, Langskips og Vertikale akselerasjoner:

	Transverse acceleration, a_y (m/s^2)										Long. , a_x
											accel.(m/s^2)
Deck high	7,1	6,9	6,8	6,7	6,7	6,8	6,9	7,1	7,4		3,8
Deck low	6,5	6,3	6,1	6,1	6,1	6,1	6,3	6,5	6,7		2,9
Tween-deck	5,9	5,6	5,5	5,4	5,4	5,5	5,6	5,9	6,2		2,0
Lower hold	5,5	5,3	5,1	5,0	5,0	5,1	5,3	5,5	5,9		1,5
	Ap	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	Fp
		Vertikal acceleration, a_z (m/s^2)									
		7,6	6,2	5,0	4,3	4,3	5,0	6,2	7,6	9,2	

Tabell 3 Korreksjonsfaktor (f) for lengde og fart (alle akselerasjoner)

Speed	Length (m)										
	(kn)	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180
9	1,20	1,09	1,00	0,92	0,85	0,79	0,70	0,63	0,57	0,53	0,49
12	1,34	1,22	1,12	1,03	0,96	0,90	0,79	0,72	0,65	0,60	0,56
15	1,49	1,36	1,24	1,15	1,07	1,00	0,89	0,80	0,73	0,68	0,63
18	1,64	1,49	1,37	1,27	1,18	1,10	0,98	0,89	0,82	0,76	0,71
21	1,78	1,62	1,49	1,38	1,29	1,21	1,08	0,98	0,90	0,83	0,78
24	1,93	1,76	1,62	1,50	1,40	1,31	1,17	1,07	0,98	0,91	0,85

Tabell 4 Korreksjonsfaktor for skipets (B/GM) < 13 (tverrskips akselerasjoner)

B/GM	7	8	9	10	11	12	13 or above
On deck, high	1,56	1,40	1,27	1,19	1,11	1,05	1,00
On deck, low	1,42	1,30	1,21	1,14	1,09	1,04	1,00
Tween deck	1,26	1,19	1,14	1,09	1,06	1,03	1,00
Lower hold	1,15	1,12	1,09	1,06	1,04	1,02	1,00

Beregning av eksterne krefter på lasteenheten:

		Tab. 2	Tab. 3	Tab. 4		Σ		Vind		Sjø		Σ
Retning	m	a(x,y,z)	Fart-L	B/GM	=	Fa	+	Fw(x,y)	+	Fs(x,y)	=	F _{TOT.}
	(t)	(m/s ²)	corr.	corr.		(kN)		(kN)		(kN)		(kN)
Tverrskips (y)					=		+		+		=	
Langskips (x)					=		+		+		=	
Vertikalt (z)					=		+		+		=	

F_a = uten påvirkning av vind og sjø (i lasterommet)

F_{TOT} = (F_a + F_w + F_s) med påvirkning av vind og sjø (på dekk)

25. ALTERNATIV METODE

Balansering av krefter - Alternativ metode

SF = "Safety Factor"

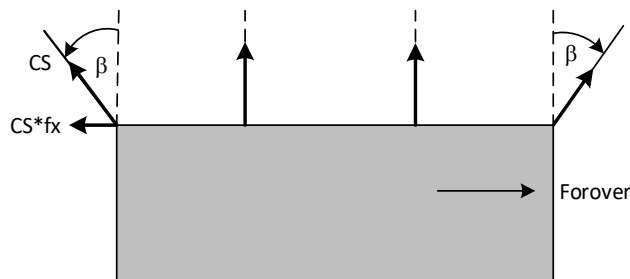
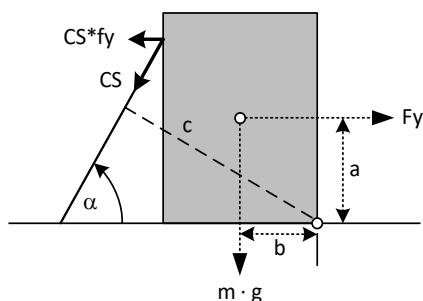
CS = "Calculated Strength" = MSL/SF = MSL/1,35

Sett aktenfra:

α = vertikal vinkel

Sett ovenfra:

β = horisontal vinkel



a = H/2 dersom intet annet er oppgitt

b = B/2 dersom intet annet er oppgitt

Dekomponering av CS, Tabell 7

CS må dekomponeres i en horisontal kraft både i tverrskips og langskips retning

Tabell 7 gir faktor: "f_y" for dekomponering tverrskips ut fra vertikal vinkel (α)

"f_x" for dekomponering langskips ut fra horisontal vinkel (β)

Tverrskips : CS · f_y

Langskips : CS · f_x

Tabell 7 *fx- og fy-verdier som funksjon av vinklene α og β samt friksjonskoeffisient μ*
 $f_y = \cos \alpha \cdot \cos \beta + \mu \cdot \sin \alpha$ $f_x = \cos \alpha \cdot \sin \beta + \mu \cdot \sin \alpha$

Table 7.1 for $\mu = 0.4$

β for f_y	α														β for f_x
	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	45	50	60	70	80	90	
0	0.67	0.80	0.92	1.00	1.05	1.08	1.07	1.02	0.99	0.95	0.85	0.72	0.57	0.40	90
10	0.65	0.79	0.90	0.98	1.04	1.06	1.05	1.01	0.98	0.94	0.84	0.71	0.56	0.40	80
20	0.61	0.75	0.86	0.94	0.99	1.02	1.01	0.98	0.95	0.91	0.82	0.70	0.56	0.40	70
30	0.55	0.68	0.78	0.87	0.92	0.95	0.95	0.92	0.90	0.86	0.78	0.67	0.54	0.40	60
40	0.46	0.58	0.68	0.77	0.82	0.86	0.86	0.84	0.82	0.80	0.73	0.64	0.53	0.40	50
50	0.36	0.47	0.56	0.64	0.70	0.74	0.76	0.75	0.74	0.72	0.67	0.60	0.51	0.40	40
60	0.23	0.33	0.42	0.50	0.56	0.61	0.63	0.64	0.64	0.63	0.60	0.55	0.48	0.40	30
70	0.10	0.18	0.27	0.34	0.41	0.46	0.50	0.52	0.52	0.53	0.52	0.49	0.45	0.40	20
80	-0.05	0.03	0.10	0.17	0.24	0.30	0.35	0.39	0.41	0.42	0.43	0.44	0.42	0.40	10
90	-0.20	-0.14	-0.07	0.00	0.07	0.14	0.20	0.26	0.28	0.31	0.35	0.38	0.39	0.40	0

Table 7.2 for $\mu = 0.3$

β for f_y	α														β for f_x
	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	45	50	60	70	80	90	
0	0.72	0.84	0.93	1.00	1.04	1.04	1.02	0.96	0.92	0.87	0.76	0.62	0.47	0.30	90
10	0.70	0.82	0.92	0.98	1.02	1.03	1.00	0.95	0.91	0.86	0.75	0.62	0.47	0.30	80
20	0.66	0.78	0.87	0.94	0.98	0.99	0.96	0.91	0.88	0.83	0.73	0.60	0.46	0.30	70
30	0.60	0.71	0.80	0.87	0.90	0.92	0.90	0.86	0.82	0.79	0.69	0.58	0.45	0.30	60
40	0.51	0.62	0.70	0.77	0.81	0.82	0.81	0.78	0.75	0.72	0.64	0.54	0.43	0.30	50
50	0.41	0.50	0.58	0.64	0.69	0.71	0.71	0.69	0.67	0.64	0.58	0.50	0.41	0.30	40
60	0.28	0.37	0.44	0.50	0.54	0.57	0.58	0.58	0.57	0.55	0.51	0.45	0.38	0.30	30
70	0.15	0.22	0.28	0.34	0.39	0.42	0.45	0.45	0.45	0.45	0.43	0.40	0.35	0.30	20
80	0.00	0.06	0.12	0.17	0.22	0.27	0.30	0.33	0.33	0.34	0.35	0.34	0.33	0.30	10
90	-0.15	-0.10	-0.05	0.00	0.05	0.10	0.15	0.19	0.21	0.23	0.26	0.28	0.30	0.30	0

Table 7.4 for $\mu = 0.1$

β for f_y	α														β for f_x
	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	45	50	60	70	80	90	
0	0.82	0.91	0.97	1.00	1.00	0.97	0.92	0.83	0.78	0.72	0.59	0.44	0.27	0.10	90
10	0.80	0.89	0.95	0.98	0.99	0.96	0.90	0.82	0.77	0.71	0.58	0.43	0.27	0.10	80
20	0.76	0.85	0.91	0.94	0.94	0.92	0.86	0.78	0.74	0.68	0.56	0.42	0.26	0.10	70
30	0.70	0.78	0.84	0.87	0.87	0.85	0.80	0.73	0.68	0.63	0.52	0.39	0.25	0.10	60
40	0.61	0.69	0.74	0.77	0.77	0.75	0.71	0.65	0.61	0.57	0.47	0.36	0.23	0.10	50
50	0.51	0.57	0.62	0.64	0.65	0.64	0.61	0.56	0.53	0.49	0.41	0.31	0.21	0.10	40
60	0.38	0.44	0.48	0.50	0.51	0.50	0.48	0.45	0.42	0.40	0.34	0.26	0.19	0.10	30
70	0.25	0.29	0.32	0.34	0.35	0.36	0.35	0.33	0.31	0.30	0.26	0.21	0.16	0.10	20
80	0.10	0.13	0.15	0.17	0.19	0.20	0.20	0.20	0.19	0.19	0.17	0.15	0.13	0.10	10
90	-0.05	-0.03	-0.02	0.00	0.02	0.03	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10	0

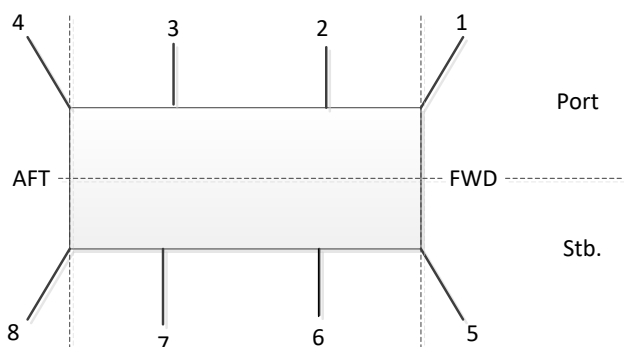
Table 7.5 for $\mu = 0.0$

β for f_y	α														β for f_x
	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	45	50	60	70	80	90	
0	0.87	0.94	0.98	1.00	0.98	0.94	0.87	0.77	0.71	0.64	0.50	0.34	0.17	0.00	90
10	0.85	0.93	0.97	0.98	0.97	0.93	0.85	0.75	0.70	0.63	0.49	0.34	0.17	0.00	80
20	0.81	0.88	0.93	0.94	0.93	0.88	0.81	0.72	0.66	0.60	0.47	0.32	0.16	0.00	70
30	0.75	0.81	0.85	0.87	0.85	0.81	0.75	0.66	0.61	0.56	0.43	0.30	0.15	0.00	60
40	0.66	0.72	0.75	0.77	0.75	0.72	0.66	0.59	0.54	0.49	0.38	0.26	0.13	0.00	50
50	0.56	0.60	0.63	0.64	0.63	0.60	0.56	0.49	0.45	0.41	0.32	0.22	0.11	0.00	40
60	0.43	0.47	0.49	0.50	0.49	0.47	0.43	0.38	0.35	0.32	0.25	0.17	0.09	0.00	30
70	0.30	0.32	0.34	0.34	0.34	0.32	0.30	0.26	0.24	0.22	0.17	0.12	0.06	0.00	20
80	0.15	0.16	0.17	0.17	0.17	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.09	0.06	0.03	0.00	10
90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0

Beregning av balanserte krefter:

$$CS = MSL / 1,35$$

Langskips sikringer:



Vær obs på at alle surringer kan ha individuelle vinkler.

Surringer som viser tvers ($\beta = 0$) har sikring både forover (F) og akterover (A).

Beregningskjema:

Side	No	MSL	Safety	CS	α	β	f_y	CS x f_y	f_x	CS x f_x
		(kN)	factor	(kN)	(°)	(°)	(-)	(kN)	(-)	(kN)
Bb.	1		1,35				F			F
	2		1,35				F/A			F/A
	3		1,35				F/A			F/A
	4		1,35				A			A
Stb.	5		1,35				F			F
	6		1,35				F/A			F/A
	7		1,35				F/A			F/A
	8		1,35				A			A

Sikringskrefter

Tverrskips glidning: *Eksterne krefter* ≤ *Sikringskrefter*

$$F_y \leq (m \cdot g \cdot \mu) + (CS_1 \cdot f_{y1}) + (CS_2 \cdot f_{y2}) + \text{etc} \quad (\text{kN})$$

Langskips glidning: *Eksterne krefter* ≤ *Sikringskrefter*

$$F_x \leq (m \cdot g - F_z) \cdot \mu + (CS_1 \cdot f_{x1}) + (CS_2 \cdot f_{x2}) + \text{etc} \quad (\text{kN})$$

Tverrskips tipping: *Tippemoment* ≤ *Sikringsmoment*

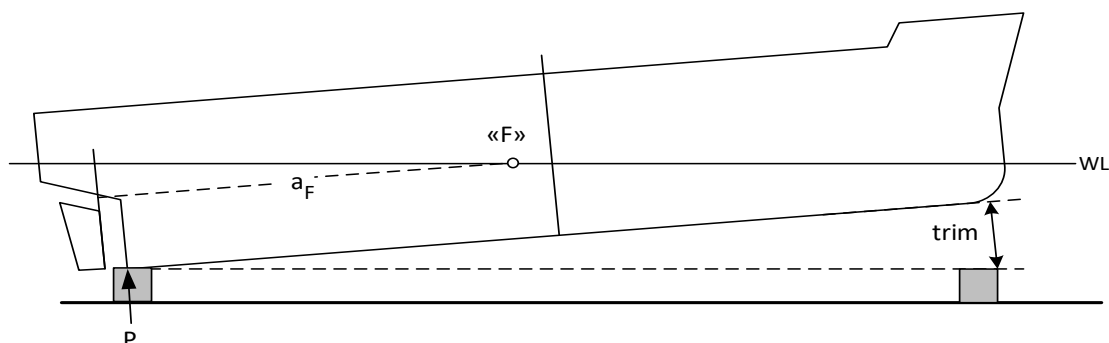
$$F_y \cdot a \leq (m \cdot g \cdot b) + 0,9 \cdot B \cdot (CS_1 + CS_2 + \text{etc.}) \quad (\text{kNm})$$

der «a» er lasteenhetens halve høyde dersom intet annet er oppgitt
 der «b» er lasteenhetens halve bredde dersom intet annet er oppgitt
 der B er lasteenhetens bredde dersom intet annet er oppgitt

26. DOKKING

Trimmens innflytelse på belastningen ved dokking

Dokking:



Kraften på akterste blokk

Tilnærmet kraft (P), trimmer om L/2

$$P \approx \frac{\text{trim} \cdot \text{MTC} \cdot 2}{L}$$

P Kraften idet skipet tar blokkene forut (t)
 trim Trimmen skipet har før dokking (cm)

Når skipet trimmer om «Flotasjonssenteret»

$$P = \frac{\text{trim} \cdot \text{MTC}}{a_F}$$

a_F Avstanden fra P til «F» (m)
 trim Trimmen skipet har før dokking (cm)

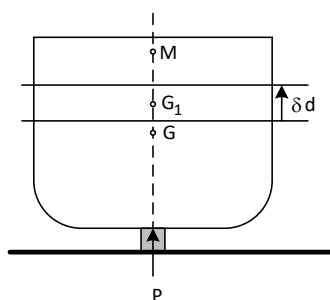
Stabilitetsreduksjon ved dokking

$$P = \delta d \cdot \text{TPC}$$

$$GG_1 = \frac{P \cdot KG}{(\Delta - P)}$$

$$KG_1 = KG + GG_1$$

$$G_1M = KM - KG_1$$



δd Dypgangsforandring midtskips (cm)

GG₁ Stabilitetsreduksjon (m)

KG₁ Ny KG

G₁M Ny GM

Eller:

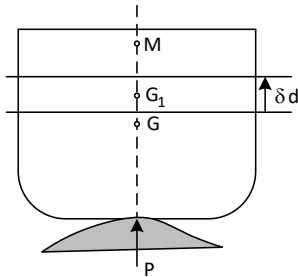
$$G_1M = GM - GG_1$$

GM Før dokking

27. GRUNNSTØTING

Det er ofte vanskelig å fastslå den nye vannlinjen (WL_2), og dermed bestemme ny LCF. Aktuelle Skalaverdier tas derfor ut fra opprinnelig vannlinje (WL).

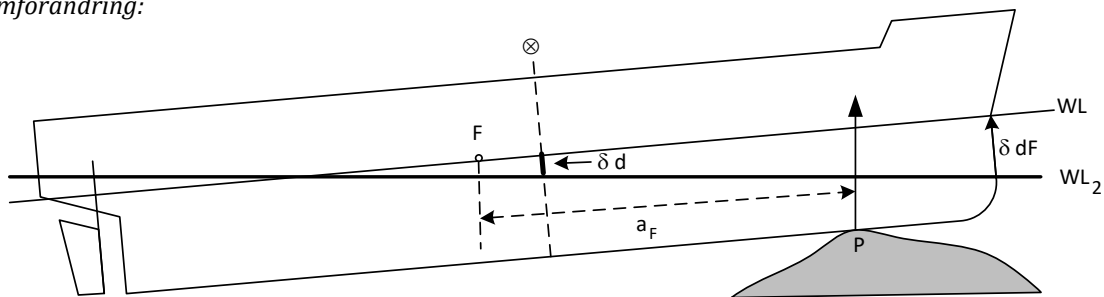
Stabilitetsreduksjon:



Grunnstøttingskraften "P" virker imidlertid som om en vekt av samme størrelse blir losset fra berøringspunktet. Dette gir skipet en stabilitetsreduksjon og en trimforandring.

For å kunne beregne grunnstøttingskraften (P) må en kjenne skipets dypganger før og etter grunnstøting.

Trimforandring:



Trimmoment som oppstår

Kraftens tr.M. = Skipets tr.M.

$$P \cdot a_F = \delta \text{ trim} \cdot \text{MTC}$$

tr.M. Trimmoment

a_F P's avstand fra Flotasjonssenteret

Grunnstøttingskraften

$$\begin{aligned} d &= m & \Rightarrow & \Delta = t \\ \frac{d_2}{d} &= -\frac{m}{m} & \Rightarrow & \frac{\Delta_2}{\Delta} = -\frac{t}{t} \\ \frac{\delta d}{d} &= \frac{m}{m} & \Rightarrow & \frac{P}{\Delta} = \frac{t}{t} \end{aligned}$$

d Skaladyppgående før grunnstøting
 d_2 Skaladyppgående etter grunnstøting
 P Grunnstøttingskraften (t)

Eller:

$$P = \delta d \cdot \text{TPC}$$

δd Dypgangsforandring (cm)

Når en kjenner berøringspunktet (a_F)

$$P = \frac{\delta \text{ trim} \cdot \text{MTC}}{a_F}$$

$\delta \text{ trim}$ Trimforandring pga grunnstøting.

Stabilitetsreduksjon

$$GG_1 = \frac{P \cdot KG}{(\Delta - P)}$$

GG_1 Stabilitetsreduksjon (m)

$$G_1M = GM - GG_1$$

GM Før grunnstøting
 KM Tilnærmet konstant

NÅR SKIPET STÅR VED FORRE PERPENDIKULÆR

NB! Beregningene baserer seg på at skipet står ved forre perpendikulær, og at en kun kan lese av dypgangen forut etter grunnstøting.

Nødvendig trimforandring og vektflytting

Nødvendig trimforandring:

$$\emptyset dA = 2 \cdot dM - dF_2$$

$$\emptyset \text{ trim} = \emptyset dA - dF_2$$

$$\delta \text{ trim} = \emptyset \text{ trim} - \text{trim}$$

$\emptyset dA$	Ønsket dypgående akter etter vektflytting
dM	Middeldypgående før vekteflytting
dF_2	Dypgående forut etter grunnstøting
$\emptyset \text{ trim}$	Ønsket trim etter vektflytting
$\delta \text{ trim}$	Nødvendig trimforandring
trim	Trim før vektflytting

Nødvendig vektflytting:

$$v = \frac{\delta \text{ trim} \cdot \text{MTC}}{a} = \frac{\delta \text{ tr.M.}}{a}$$

v	Nødvendig vekt å flytte	
$\delta \text{ trim}$	Nødvendig trimforandring	(cm)
$\delta \text{ tr.M.}$	Nødvendig trimmoment	(tm)

Flytting av en kjent vekt

$$dF_1 = dF - \frac{v \cdot a}{2 \cdot \text{MTC}}$$

dF_1	Nytt dypgående forut etter flytting	(cm)
dF	Dypgående forut før grunnstøting	(cm)
$\delta \text{ tr.}/2$	Halve trimforandringen, forut	(cm)
v	Vekt som flyttes	(t)
a	Avstand vekten flyttes	(m)

Lasting/lossing av en gitt vekt

$$dF_1 = dF \pm \frac{v}{\text{TPC}} - \frac{v \cdot a_F}{2 \cdot \text{MTC}}$$

dF	Dypgående forut før grunnstøting	(cm)
dF_1	Nytt dypgående forut etter last/loss	(cm)
+	Lasting akterut	
-	Lossing forut	
a_F	Avstand fra vekten til flotasjonscenteret (F)	
δd	Dypgangsforandring	(cm)

Nødvendig vekt å laste/losse

$$\delta dF = dF_2 - dF$$

$$v = \frac{-\delta dF \cdot 2 \cdot \text{MTC} \cdot \text{TPC}}{(2 \cdot \text{MTC} \pm a_F \cdot \text{TPC})}$$

dF_2	Dypgående forut etter grunnstøting	(cm)
dF	Dypgående forut før grunnstøting	(cm)
a_F	Avstand fra vekten til flotasjonscenteret (F)	
δdF	Forandret dypgående forut	(cm)
+	Lossing forut	
-	Lasting akterut	

Grunnstøtingskraften (P)

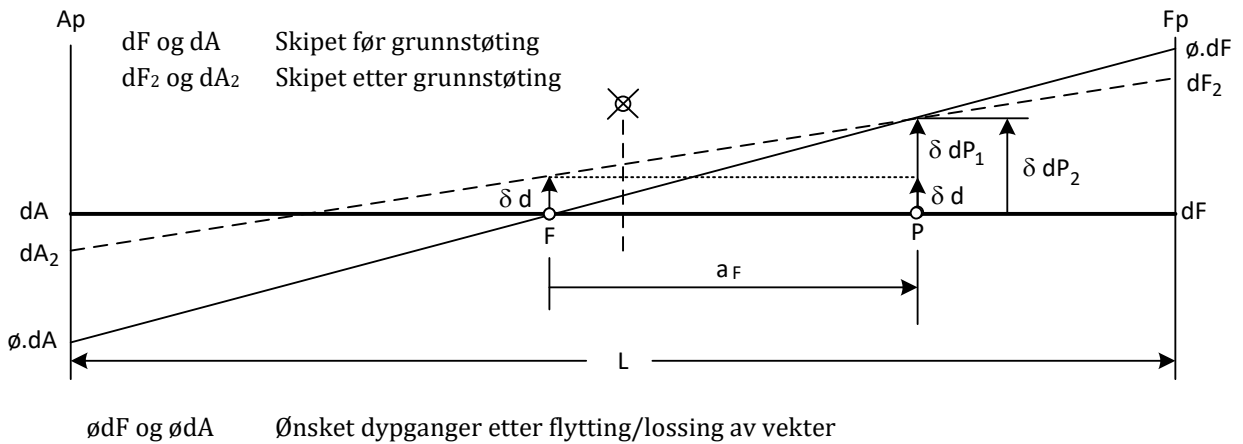
$$a_F = L/2 \pm \text{LCF}$$

$$P = \frac{-\delta dF \cdot 2 \cdot \text{MTC} \cdot \text{TPC}}{(2 \cdot \text{MTC} \pm a_F \cdot \text{TPC})}$$

a_F	Avstand fra F_p til flotasjonscenteret (F)	
P	Grunnstøtingskraften	
δdF	Forandret dypgående forut	(cm)

NÅR SKIPET STÅR AKTENFOR FORRE PERPENDIKULÆR

NB! Beregninger forutsetter at en kan lese av dypgangene forut og akter etter grunnstøting. Inntak av ballast akterut/flytting av vekter blir vanskelig til nærmere \otimes skipet står. Skipet kan da losse en vekt av samme størrelse og med samme lcg som grunnstøtingskraften.



Berøringspunktets avstand fra "F"

$$a_F = \frac{\delta \text{ trim} \cdot \text{MTC}}{P}$$

P Grunnstøtingskraften (t)

a_F Avstand fra P til flotasjonscenteret (F)

$\delta \text{ trim}$ Trimforandringen ved grunnstøtingen (cm)

Dyppangsforandring i P

$$\delta d_{P_1} = \frac{a_F \cdot \text{trim}_2}{L}$$

δd_{P_2} Totale dyppangsforandringen i berøringspunktet

δd_{P_1} Dyppangsforandring pga trim

trim_2 Trim etter grunnstøting

δd Dyppangsforandring i LCF på grunn av P (se foran under Grunnstøtingskraften))

$$\delta d_{P_2} = \delta d_{P_1} + \delta d$$

Flytting av vekter

$$\emptyset \cdot \text{trim} = \frac{\delta d_{P_2} \cdot L}{a_F}$$

$\emptyset \cdot \text{trim}$ Ønsket trim etter flytting av vekter

$$\delta \text{ trim} = \text{trim} - \emptyset \cdot \text{trim}$$

trim Trim før grunnstøting (cm)

$$v = \frac{\delta \text{ trim} \cdot \text{MTC}}{a}$$

v Vekt å flytte (tilnærmet)

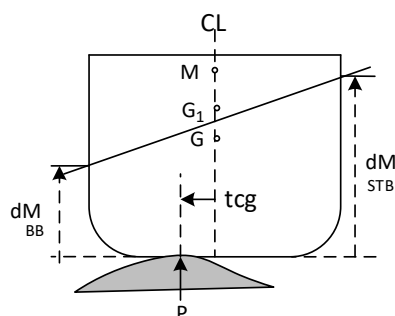
a Avstand vekten flyttes

Krengning ved grunnstøting

$$\tan \emptyset = \frac{(dM_{SB} - dM_{BB})}{B}$$

$$\Delta_1 = \Delta - P$$

$$P_{CL} = \frac{\Delta_1 \cdot G_1 M \cdot \tan \emptyset}{P}$$



\emptyset Krengvinkel

B Skipets bredde

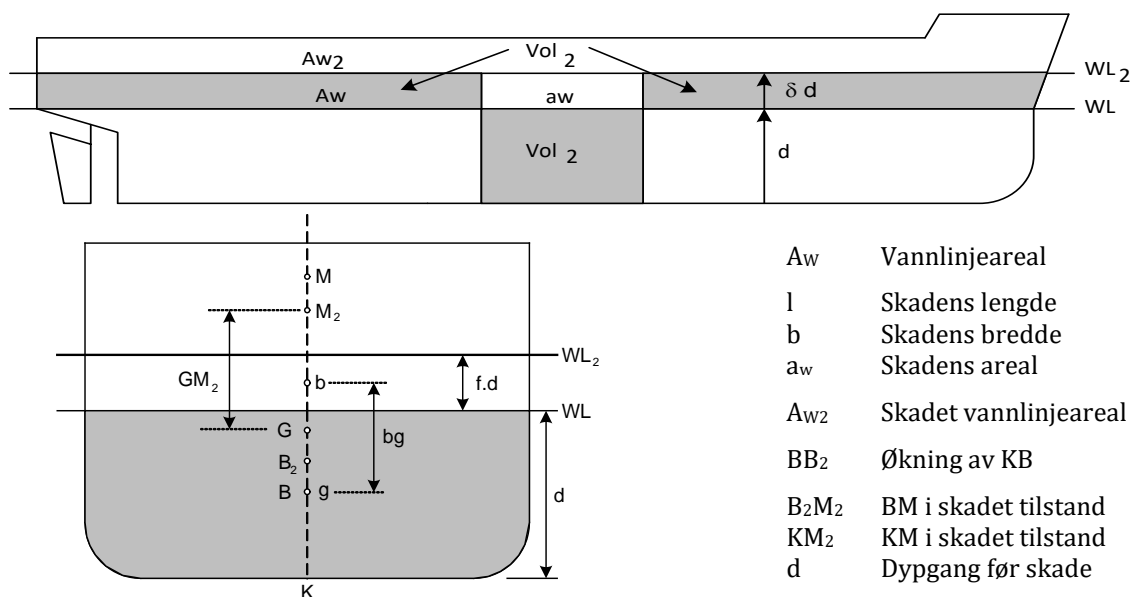
Δ_1 Nytt deplacement

$G_1 M$ Ny GM

P_{CL} P's angrepunkt fra CL

28. LEKKSTABILITET

Aktuelle skalaverdier kan tas ut fra vannlinje før skade da ny vannlinje er vanskelig å fastslå.



- Aw Vannlinjeareal
- l Skadens lengde
- b Skadens bredde
- aw Skadens areal
- Aw2 Skadet vannlinjeareal
- BB2 Økning av KB
- B2M2 BM i skadet tilstand
- KM2 KM i skadet tilstand
- d Dypgang før skade

Dyppangsforandring

(1) $V_2 = l \cdot b \cdot d \cdot \mu$

(2) $Aw_2 = Aw - a_w = Aw - (l \cdot b)$

(3) $\delta d = \frac{V_2}{Aw_2}$

- V_2 Volum av inntrengt vann (m³)
- μ Permeabilitet (-)
- Aw_2 Skadet vannlinjeareal (m²)
- a_w Skadens areal (m²)
- δd Økning i dypgang (m)

Eller:

$TPC_2 = \frac{Aw_2 \cdot \rho}{100}$

$v = V_2 \cdot \rho$

$\delta d = \frac{v}{TPC_2}$

- TPC_2 TPC i skadet tilstand (t/cm)
- ρ Vannets densitet (t/m³)
- v Vekt av inntrengt vann (t)
- δd Økning i dypgang (cm)

Stabilitetsreduksjon (symmetrisk fylling tverrskips)

(1) $Kb \approx d + \frac{1}{2} \delta d = m$
 $\frac{Kg}{Bg} \approx \frac{1}{2} d = - \frac{m}{m}$
 $\frac{Bg}{Bg} = m$

Bg Avstanden mellom tapt og tilført oppdrift

(2) $BB_2 = \frac{v \cdot bg}{\Delta}$

BB_2 Økning i KB

v Vekt av inntrengt vann

(3) $i_t = \frac{l \cdot b^3}{12}$

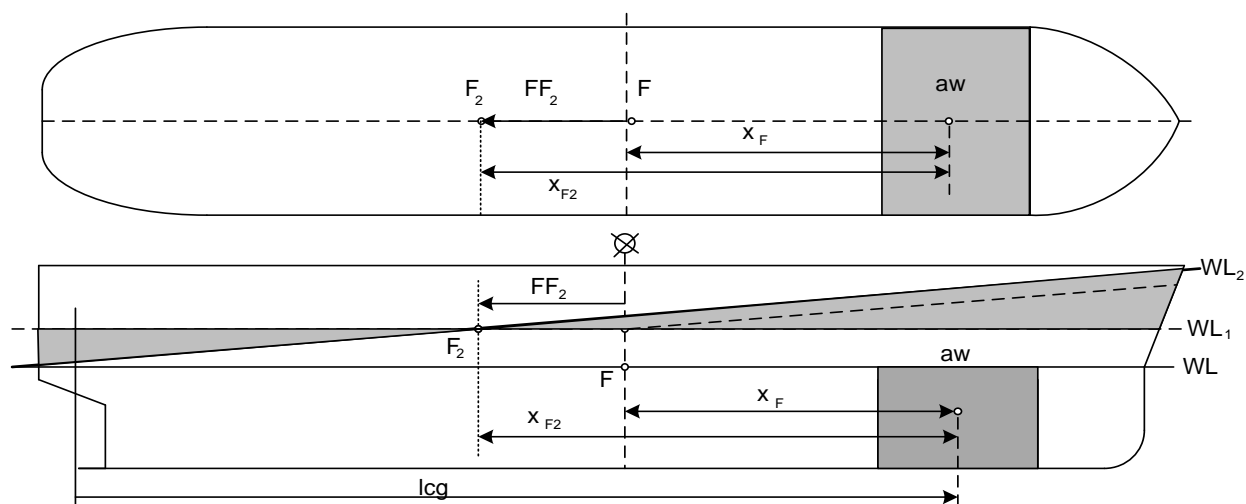
i_T Skadens tverrskips arealtreghetsmoment

(4) $MM_2 = \frac{i_T}{\nabla} = \frac{i_T \cdot \rho}{\Delta}$

MM_2 Reduksjon i BM

(5) $GM_2 = GM + BB_2 - MM_2$

KM_2 GM i skadet tilstand

Trimforandring (usymmetrisk fylling langskips)**(1) Langskips avstand fra skade til F**

$$x_F = l_{cg} - L/2 \pm LCF_{\otimes}$$

x_F Avstand fra skade til F ved skade forut.

$$x_F = L/2 - l_{cg} \pm LCF_{\otimes}$$

x_F Ved skade akterut

(2) Langskips avstand fra skade til F_2

$$FF_2 = \frac{a_w \cdot x_F}{(A_w - a_w)} = \frac{a_w \cdot x_F}{A_{w2}}$$

FF_2 Avstanden F flytter seg

$$x_{F2} = x_F + FF_2$$

x_{F2} Avstand fra rom/tank til det nye flotasjons-senteret

(3) Langskips arealtregningsmoment i skadet tilstand

$$i_L = \frac{b \cdot l^3}{12}$$

i_L Rommets langskips arealtregningsmoment

$$I_{L2} = I_L + A_w \cdot (FF_2)^2 - a_w \cdot (x_{F2})^2 - i_L$$

I_{L2} Langskips arealtregningsmoment i skadet tilstand. Usymmetrisk fylling

(4) MTC i skadet tilstand

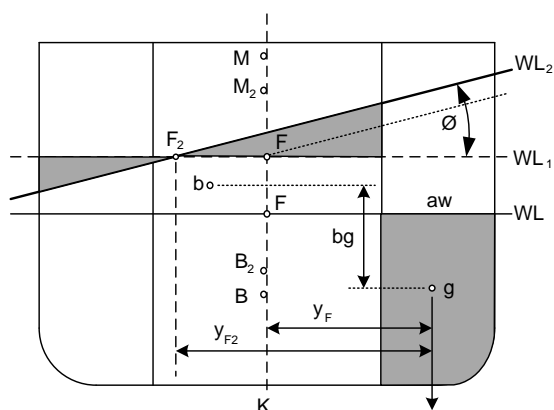
$$MTC_2 = \frac{I_{L2}}{100 \cdot L} \cdot \rho$$

MTC_2 MTC i skadet tilstand

(5) Trim i skadet tilstand

$$\delta \text{ tr.} = \frac{v \cdot x_{F2}}{MTC_2}$$

v Vekt av inntrengt vann

Krengning (usymmetrisk fylling tverrskips)

y_F	Avstand fra senterlinjen til skade
FF_2	Tverrskips forflytning av F
a_w	Areal av skade
y_{F2}	Tverrskips avstand fra skade til det nye Flotasjonssenteret (F_2)
K_g	Tyngdepunkt av inntrengt vann
K_b	Tyngdepunkt for tilført oppdrift
bg	Avstanden mellom tapt og tilført oppdrift

GM i skadet tilstand

$$GM_2 = KM_2 - KG = (KB + BB_2 + B_2M_2) - KG$$

KM_2	KM i skadet tilstand
GM_2	GM i skadet tilstand

(1) Økning av KB

$$K_b \approx d + \frac{1}{2} \delta d = \quad m$$

$$\frac{K_g}{K_b} \approx \frac{1}{2} d = \quad \frac{m}{m}$$

$$\frac{bg}{K_b} = \quad \frac{m}{m}$$

$$BB_2 = \frac{v \cdot bg}{\Delta}$$

d	Dypgang før skade
δd	Dypgangsendring pga skade
v	Vekt av inntrengt vann
BB_2	Økning av KB

(2) Tverrskips arealtrehetsmoment I skadet tilstand

$$i_T = \frac{1 \cdot b^3}{12}$$

$$I_{T2} = I_T + A_w \cdot (FF_2)^2 - a_w \cdot (y_{F2})^2 - i_T$$

i_T	Rommets tverrskips arealtrehetsmoment
I_{T2}	Skadet tverrskips arealtrehetsmoment

(3) Skadet metasenterradius

$$B_2M_2 = \frac{I_{T2}}{\nabla} = \frac{I_{T2} \cdot \rho}{\Delta}$$

B_2M_2	BM i skadet tilstand
----------	----------------------

Krengning**(1) Tverrskips avstand fra skade til F_2**

$$FF_2 = \frac{a_w \cdot y_F}{(A_W - a_w)} = \frac{a_w \cdot y_F}{A_{W2}}$$

$$y_{F2} = y_F + FF_2$$

A_w	Areal av intakt vannlinjeareal
-------	--------------------------------

(3) Krengemoment

$$\text{Kr.M.} = v \cdot y_{F2}$$

Kr.M.	Krengemoment pga. skade
-------	-------------------------

(3) Krengvinkel

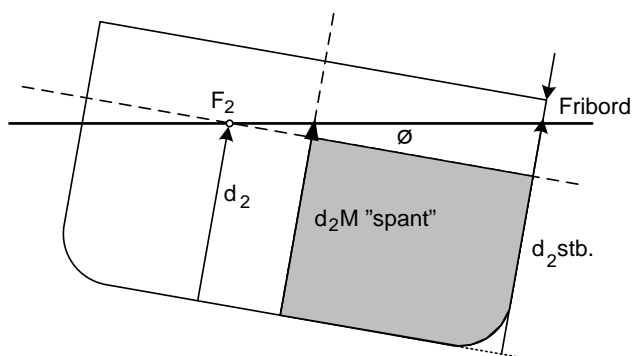
$$\tan \emptyset = \frac{\text{Kr.M.}}{\Delta \cdot GM_2}$$

\emptyset	Krengvinkel pga. skade
-------------	------------------------

Dyppanger ved skade**Tverrskips trim**

$$\text{trim}_T = B \cdot \tan \emptyset$$

trim_T Tverrskips trim

Dyppgang midtskips ved krenkning**Middeldyppgående tverrskips**

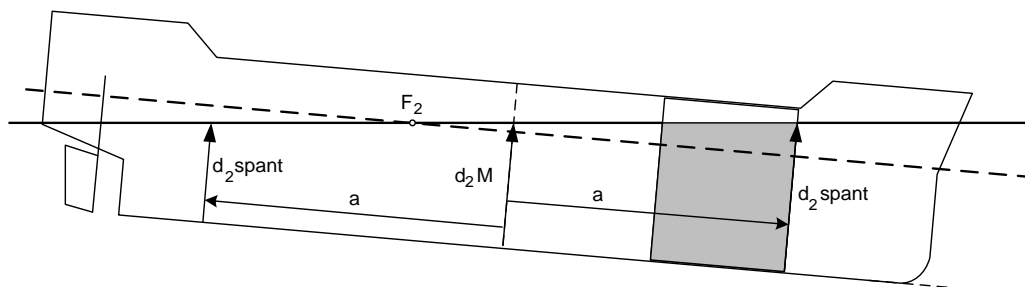
d	=	m
δd	= +	m
d_2	=	m
$x_T = (\text{tr}_T \cdot FF_{2T})/B$	= +	m
d_2M	=	m

d	Dyppgang før skade
δd	Nedsynking
d_2	Dyppgang etter skade
x_T	Tverrskips trimkorreksjon
d_2M	Middeldyppgående midtskips

Dyppgående på «lav» side

$$d_2 \text{ stb} = d_2M + \text{tr}_T/2$$

$d_2 \text{ stb}$ Dyppgående styrbord

Dyppgang ved et gitt spant

$$\delta d = \pm \frac{\text{trim} \cdot a}{L}$$

δd	Tillegg/fratrekk fra d_2M
a	Avstand fra \otimes til spant

