GRENSESNITT MELLOM SKIP OG KAI

Forenklet innføring



Rev	Dato	Tekst	Utført:	Kontroll:
001	2012.04.07	Layout	SON	AHK
002	2026.07.15	Oppdatering	SON	AHK

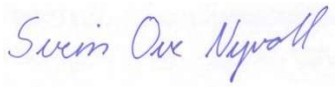
Under planleggingsfasen av en havn eller en kai er det viktig å planlegge både layout, fendring og fortøyning for å ivareta alle designsituasjoner som kan oppstå. Det er en rekke parametre som må gjennomgås og i enkelte situasjoner må man inngå kompromiss for å komme frem til en løsning.

En opplisting av aktuelle parametre med kapittel, overskrift og sidehenvisning.

1. Designskip 3
2. Vind 7
3. Strøm 8
4. Bølger 9
5. Vannstand 10
6. Støt fra skip 12
7. Anløpsenergi, anløpshastighet og reaksjonslast 13
8. Fendring (PIANC WG211) 16
9. Fortøyning 20
10. Ramper og persontrafikk 22

Dette dokumentet skal gi en generell innføring i problemstillinger knyttet til havner med vekt på grensesnitt mellom skip og kai. Dokumentet gir en forenklet versjon av funksjoner og krav som må tilfredsstilles for at den enkelte kai skal fungere tilfredsstillende.

Innholdet som presenteres er en orienterende innføring i de problemstillinger som må detaljeres av kvalifisert personell med erfaring innenfor området. Nyvoll Consult as er ikke ansvarlig for bruk av dokumentets innhold.



Svein Ove Nyvoll

Daglig Leder
Nyvoll Consult as Org. nr: 993 172 537
www.nyvcon.no

1. Designskip

Skip kommer med forskjellig form og utseende basert på den funksjon som skipet skal ha eller den last som skipet skal frakte. Når man planlegger kaien og havnen, må man planlegge for hvilke typer skip som skal anløpe og frekvens av anløp. Det er fullt mulig å anløpe en kai med et skip som avviker mye fra designskipet, både i form, funksjon og størrelse. Eksempelvis kan et skip med større dypgang enn designdybde for kaien anløpe ved høgvann så fremt at skipet seiler videre mens det er tilstrekkelig vanndybde. Videre kan også et skip som ikke er full-lastet anløpe så fremt dypgående er innenfor tillatt dybde ved kaiekonstruksjonen. Det finnes mange eksempler på mulige kombinasjoner av skip som kan tillates å anløpe selv om skipet ikke ligger innenfor det området som kaien er designet for.

Det er imidlertid ikke hensiktsmessig å designe en havn eller en kai mindre eller andre typer skip enn de som forventes å anløpe da dette kan gi mye nedetid. Derfor er det viktig å fremskaffe opplysninger om hvilke skip som forventes å anløpe og også ha en formening om hvilke skip som kan komme i fremtiden.

Mange forskjellige designskip vil igjen gi mange designkriterier som må tilfredsstilles som igjen gir mer sammensatt design og vanligvis økte byggekostnader.

PIANV WG235 *Ships Dimensions and Data for the Design og Marinen Infrastructure* har utført en omfattende kartlegging av ulike skipstyper. Med basis i den eksisterende skipsflåten har eksperter utarbeidet tabeller over skipsstørrelser basert på forskjellige skipskategorier.

Displacement basert på DWT:

Vessel Type	Mean Maximum Displacement (tonnes) Linear Formulae [2, 3]	Typical Variability [1]
General cargo	Displacement = 1.35 DWT + 200	12 %
Container	Displacement = 1.29 DWT + 1700	5 %
Cruise	Displacement = 0.50 GT + 1900	7 %
Dry Bulk	Displacement = 1.12 DWT + 3500	5 %
Oil Tanker	Displacement = 1.13DWT + 3800	5 %
Product tanker	Displacement = 1.17 DWT + 1300	5 %
Chemical Tanker	Displacement = 1.25 DWT + 450	6 %
RoRo	Displacement = 1.50 DWT + 1950	17 %
Vehicle Carrier	Displacement = 1.64 DWT + 2900	20 %
Refrigerated Cargo	Displacement = 1.50 DWT + 500	17 %
LPG	Displacement = 1.33 DWT + 5400	10 %
LNG	Displacement = 1.33 DWT + 1400	10 %
Ferry, RoPax, Fishing	No reliable formulae	-

Notes:
[1] Represents likely max error, however, there are some outlying values for unusual vessels. Accuracy typically improves with larger vessels.
[2] For upper bound values the mean displacement should be adjusted for the variability.
[3] Values based on summer seawater displacement.

Summary of PIANC Report WG235 Appendix A: Vessel Data Spreadsheet Tables

Nominal DWT (GT where noted)	Key Dimensions (Typical Ships)						Capacity & Displacement				Wind Area					Typical MBL (t) for bollard design (by WG 186)
	LOA (m)	L_{bp} (m)	B (m)	T_{max} Fully Laden (m)	Moulded Depth (m)	Air Draft (m) Ballast	Cargo Capacity Approx. (units as noted)	C_b Approx. Range	Displacem't Fully Laden (t)	Displacem't In Ballast (t)	Lateral Windage: Fully Loaded (m^2)	Lateral Windage: In Ballast (m2)	Approx. Centroid of area from stem (% LOA)	Longitudinal Windage: Fully Loaded (m^2)	Longitudinal Windage: In Ballast (m^2)	
									Don't use to calculate Cb							
Container Ships (Post-Panamax)							TEU									
240 000	400	393	61,2	17,0	33,2	no data	24 000	0,73	307 000	Variable use only port specific data	19 000	21 500	47% laden 48% ballst	3 400	3 750	155
225 000	400	383	61,0	16,5	33,2	76	23 700	0.70 - 0.72	285 000		18 000	20 500		3 200	3 550	155
200 000	400	383	58,8	16,0	30,2	70	20 000	0.69 - 0.71	265 000		16 500	19 000		2 900	3 250	145
185 000	400	382	54,0	16,0	30,2	70	19 000	0.65 - 0.75	243 000		15 000	17 800		2 700	3 100	145
165 000	366	350	51,2	16,0	29,9	70	15 000	0.69 - 0.73	211 000		14 400	16 700		2 550	2 900	130
150 000	369	352	51,0	15,6	29,9	66	14 000	0.67 - 0.71	195 000		13 700	15 700		2 350	2 750	130
130 000	348	331	45,2	15,5	29,7	62	11 500	0.68 - 0.73	172 000		12 200	14 700		2 150	2 450	130
120 000	337	321	48,2	15,5	27,2	62	10 000	0.66 - 0.72	160 000		11 700	13 700		2 000	2 300	119
110 000	300	286	48,2	14,5	24,6	59	9 000	0.65 - 0.71	145 000		10 900	12 900		1 880	2 150	119
100 000	334	319	42,8	14,5	24,6	59	8 700	0.61 - 0.73	136 000		10 000	12 000		1 750	2 000	119
90 000	316	302	45,6	14,5	25,0	57	8 500	0.59 - 0.73	123 000		9 100	11 000		1 650	1 900	119
80 000	304	292	40,0	14,0	24,2	57	6 800	0.59 - 0.70	108 000		8 200	10 000		1 550	1 800	119
70 000	280	266	40,3	14,0	24,1	57	6 000	0.61 - 0.68	96 000		7 500	9 200		1 450	1 650	83
65 000	255	244	37,3	13,9	22,0	55	5 500	0.65 - 0.69	88 000		7 100	8 700	45% laden 46% ballst	1 400	1 570	83
60 000	249	235	37,4	13,5	22,1	54	5 200	0.61 - 0.67	82 000		6 700	8 200		1 250	1 500	83
52 000	228	218	37,3	12,5	19,3	54	4 300	0.61 - 0.66	72 000		6 100	7 400		1 000	1 150	83

Note:
1) Container ships are generally constructed around a beam that is a function of the number of container widths (2.44m) stored across the ship from 4 wide at the smallest end up to 25 wide. Minor beam variations occur to some extent around design draft.

Note:
2) The TEU v dwt capacity (i.e. TEU per dwt) will vary with ship design, container stack height and stacking layout so some variations from the above figures will occur.

Container Ships (Panamax & smaller)							TEU									
65 000	294	283	32,26	13,5	21,8	55	5 000	0.67 - 0.71	88 000	Variable use only port specific data	7 100	8 700	45% laden 46% ballst	1 400	1 570	83
60 000	275	262	32,26	13,5	21,5	54	5 000	0.66 - 0.73	83 000		6 700	8 200		1 250	1 500	83
55 000	261	249	32,26	13,0	19,3	54	4 500	0.66 - 0.70	72 000		6 300	7 600		1 250	1 400	83
50 000	261	249	32,26	12,6	19,3	54	4 200	0.65 - 0.70	68 000		6 000	7 100		1 150	1 300	83
45 000	247	232	32,26	12,3	19,3	54	3 500	0.60 - 0.72	62 000		5 600	6 700		1 050	1 200	83
40 000	233	220	32,26	11,8	17,1	54	3 200	0.63 - 0.70	56 000		5 100	6 300		950	1 100	83
35 000	210	199	30,2	11,5	16,7	54	2 800	0.59 - 0.68	46 000		4 600	5 700		950	1 050	64
30 000	199	187	30,2	11,2	17,5	54	2 500	0.59 - 0.76	43 000		4 000	5 100		900	1 000	64
25 000	185	176	30,0	9,5	16,5	53	2 200	0.62 - 0.71	36 000		3 500	4 600		850	950	50
20 000	170	161	25,0	9,5	14,2	49	1 500	0.62 - 0.70	28 000		3 000	4 000		750	850	50
15 000	147	135	25,0	9,0	13,7	47	1 200	0.58 - 0.72	22 000		2 800	3 650		650	750	50
10 000	140	133	20,5	7,5	10,5	43	800	0.64 - 0.76	15 000		2 500	3 300		550	650	50
General Cargo Vessels							GT	Often not fully laden								
55 000	190	187	32,2	12,9	18,5	60	34 900	0,85	68 000	Variable use only port specific data	General Cargo vessel topside wind areas vary with the purpose of the vessel. Total wind areas can be as low as the equivalent LOA geared bulk carriers or as high as the equivalent LOA container vessel. It is recommended that specific data should be sort from the terminal operator.					
50 000	204	194	32,2	12,7	19,0	60	37 500	0,83	68 000							
45 000	185	176	32,2	12,1	17,0	60	28 200	0,81	57 000							
38 000	190	186	28,5	11,0	15,8	60	26 600	0.77 - 0.87	53 000							
35 000	188	177	27,7	11,3	15,5	60	25 000	0.8 - 0.88	47 000							
30 000	193	182	27,8	11,2	15,5	60	23 200	0.73 - 0.83	42 500							
25 000	175	166	26,5	10,3	14,3	60	19 000	0.77 - 0.84	35 000							
18 000	157	148	22,8	10,3	14,0	60	16 000	0.67 - 0.81	29 000							
10 000	111	102	19,2	8,5	13,5	50	7 500	0.66 - 0.87	17 000							
5 000	101	95	16,2	6,4	8,2	46	3 500	0.70 - 0.88	7 500							
2 500	80	73	13,0	5,2	8,5	27	1 750	0.71 - 0.9	4 000							
Refrigerated Cargo							GT	highly variable at the smaller end								
22 000	190	180	30,7	10,5	15,5	43	21 500	0,64	38 000	Variable use only port specific data						
15 000	145	136	23,6	10,0	15,7	43	15 000	0.46 - 0.66	25 000							
10 000	152	139	23,0	8,7	13,0	43	10 500	0.55 - 0.65	17 000							
7 500	134	127	20,2	7,1	10,3	40	7 000	0.58 - 0.73	13 000							
5 000	121	113	16,6	6,9	10,0	31	4 500	0.56 - 0.74	11 000							
2 000	89	81	12,5	5,3	6,8	30	2 500	0.62 - 0.70	3 600							
1 000	85	76	13,0	4,3	6,5	no data	2 500	0.60 - 0.71	3 000							
500	67	61	11,5	4,0	6,0	no data	1 000	0.54 - 0.66	1 700							
Freight RoRo Ships							GT	Often not fully laden								
55 000	296	287	37,6	11,5	23,0	limited data	100 000	0,70	90 000	Variable use only port specific data	Poor correlation with DWT, best estimated using GT Refer Charts in Appendix B for details					
45 000	240	220	37,5	11,5	20,0		Highly Variable	0.61 - 0.75	68 000							
30 000	236	222	36,2	9,8	13,9			0.64 - 0.71	53 000							
25 000	211	197	32,26	9,8	13,5			0.58 - 0.71	45 000							
18 000	205	190	25,5	8,5	15,7	53		0.60 - 0.73	37 000							
10 000	193	182	26,0	7,4	16,7	46		0.51 - 0.74	23 000							
5 000	142	133	23,0	5,7	16,3	38		0.54 - 0.71	11 000							
2 500	92	79	18,0	4,2	7,9	33		high variation	5 000							

Note: Many RORO ships also carry Containers or General Cargo to various degree's and others are

Nominal DWT (GT where noted)	Key Dimensions (Typical Ships)						Capacity & Displacement				Wind Area					Typical MBL (t) for bollard design (by WG 186)
	LOA (m)	L_{bp} (m)	B (m)	T_{max} Fully Laden (m)	Moulded Depth (m)	Air Draft (m) Ballast	Cargo Capacity Approx. (units as noted)	C_b Approx. Range	Displacem't Fully Laden (t)	Displacem't In Ballast (t)	Lateral Windage: Fully Loaded (m^2)	Lateral Windage: In Ballast (m2)	Approx. Centroid of area from stem (% LOA)	Longitudinal Windage: Fully Loaded (m^2)	Longitudinal Windage: In Ballast (m^2)	
								Don't use to calculate Cb								
Refer Note 5							Refer Notes 2,10 & 14				Refer Note 13					
Crude Oil & Larger Product Tankers (Shuttle Tankers similar)							t									
450 000	380	366	68,0	24,5	34,0	64	436 500	0,78	510 000	Typically about 50% of fully laden displacement	5 500	10 000		1 400	2 250	133
320 000	333	320	60,0	22,6	30,5	64	310 400	0.78 - 0.80	370 000		4 700	8 300		1 320	2 000	133
300 000	333	316	60,0	21,6	29,7	64	291 000	0.77 - 0.82	350 000		4 600	8 100		1 300	1 950	133
280 000	333	319	60,0	20,4	28,8	61	268 800	0.77 - 0.80	325 000		4 400	7 800	44% laden	1 270	1 900	133
193 000	288	274	50,0	19,6	28,0	61	185 280	0.79 - 0.81	230 000		3 700	6 300	47% ballast	1 100	1 650	133
165 000	274	264	50,0	17,1	23,1	50	158 400	0.79 - 0.81	190 000		3 400	5 800		1 050	1 500	133
150 000	274	264	50,0	16,0	23,2	50	142 500	0.75 - 0.80	177 000		3 300	5 500		1 030	1 450	103
115 000	250	239	44,0	14,8	21,0	50	109 250	0.78 - 0.81	135 000		2 900	5 000		970	1 300	100
100 000	248	238	43,0	13,5	19,8	50	95 000	0.78 - 0.79	120 000		2 750	4 600		930	1 250	100
70 000	228	219	32,2	13,6	19,8	50	65 800	0.81 - 0.84	83 000		2 350	3 900	43% laden	850	1 100	84
60 000	214	207	32,2	12,3	18,5	47	56 400	0.79 - 0.84	75 000		2 200	3 600	46% ballast	800	1 050	84
Product, Chemical and Dual Product Tankers (Similar characteristi							t									
75 000	229	220	32,2	14,7	20,8	48	70 500	0.78 - 0.83	91 000	Typically about 50% of fully laden displacement	2 400	3 950		860	1 130	84
50 000	183	175	32,2	12,9	18,4	47	47 000	0.77 - 0.81	62 500		2 050	3 250	43% laden	770	950	82
40 000	182	174	32,2	11,0	17,3	45	37 500	0.76 - 0.79	52 000		1 950	3 000	46% ballast	680	870	82
30 000	177	168	29,0	9,5	14,0	45	28 000	0.67 - 0.78	38 000		1 800	2 700		570	750	77
20 000	164	154	23,0	8,5	12,7	45	18 500	0.72 - 0.79	26 000		1 400	2 000	41% laden	400	570	51
10 000	120	115	20,0	7,8	11,6	45	9 200	0.66 - 0.80	15 000		900	1 500	45% ballast	320	400	47
5 000	105	99	16,0	6,4	8,3	32	4 500	0.62 - 0.79	8 500		500	900	38% laden	250	300	43
3 000	89	82	13,0	5,5	6,5	28	2 700	0.64 - 0.84	4 500		400	600	42% ballast	230	260	43
Bulk Carriers							t									
400 000	360	353	65,0	23,0	30,4	63	384 000	0.83 - 0.84	450 000	211 000	4 400	9 700		1 450	2 400	130
325 000	333	327	60,0	22,7	29,8	63	312 000	0.82 - 0.87	380 000	188 000	4 300	8 700		1 400	2 200	130
300 000	327	318	55,0	21,6	29,3	63	288 000	0.79 - 0.87	340 000	168 000	4 000	8 500	44% laden	1 350	2 100	130
250 000	330	321	57,0	18,1	25,1	58	240 000	0.84 - 0.85	290 000	138 000	3 750	7 600	47% ballast	1 250	1 900	130
230 000	325	315	52,5	18,2	24,3	58	220 800	0.84 - 0.85	260 000	124 000	3 600	7 200		1 200	1 800	130
200 000	300	290	50,0	18,0	24,1	54	192 000	0.84 - 0.87	230 000	108 000	3 350	6 800		1 100	1 680	103
185 000	290	280	47,0	18,0	24,4	54	177 600	0.84 - 0.86	215 000	100 000	3 150	6 500		1 050	1 600	103
170 000	291	279	45,0	17,8	24,2	54	163 200	0.84 - 0.86	195 000	92 000	3 000	6 300		1 000	1 500	103
150 000	273	260	43,0	17,4	23,9	51	142 500	0.83 - 0.86	172 000	82 000	2 850	5 850		930	1 400	103
120 000	260	254	43,0	14,5	20,3	50	114 000	0.83 - 0.86	140 000	69 000	2 600	4 800		850	1 250	83
100 000	250	245	43,0	13,2	18,5	50	95 000	0.82 - 0.84	120 000	59 000	2 500	4 550	43% laden	800	1 100	83
100 000	240	236	38,0	14,5	20,0	50	95 000	0.82 - 0.86	110 000	59 000	2 400	4 550	46% ballast	700	1 000	83
85 000	229	225	38,0	13,5	19,1	49	80 750	0.81 - 0.89	95 000	48 000	2 300	4 100		750	1 050	83
80 000	229	222	32,2	14,5	20,1	49	76 000	0.87 - 0.89	95 000	46 000	2 150	4 000		730	1 000	75
70 000	225	215	32,2	13,3	18,5	48	65 800	0.83 - 0.85	80 000	41 000	2 100	3 800		700	950	75
60 000	200	195	32,2	13,0	18,6	48	56 400	0.84 - 0.86	72 000	36 000	2000**	3500**		650**		70
50 000	190	182	32,2	12,0	17,0	45	47 000	0.81 - 0.91	62 000	31 000	1900**	3300**		600**	850**	70
40 000	180	177	30,0	10,7	15,0	45	37 200	0.81 - 0.86	50 000	26 000	1850**	3000**		550**	750**	70
30 000	179	170	28,0	9,8	14,0	43	27 900	0.80 - 0.88	39 000	20 500	1700**	2700**		520**	650**	60
20 000	155	144	23,7	9,2	13,0	39	18 200	0.79 - 0.88	26 000	15 000	1600**	2300**	41% laden	460**	550**	60
10 000	114	107	19,4	0,0	10,4	35	0 900	0.76 - 0.04	14 000	9 000	1400**	1000**	45% ballast	400**	470**	50
5 000	96	90	16,0	6,0	7,7	32	4 450	0.62 - 0.79	7 000	4 000	600**	900**		200**	250**	50
LNG Carriers (All types)							m^3				LNG Wind Area is for "Membrane" type only. For "Moss" type refer Appendix B (data is limited)					
155 000	345	333	55,0	13,7	27,0	58	267 000	0,77	206 000	Typically about 80% of fully laden displacement	8 400	9 400		1 950	2 100	150
130 000	345	332	53,8	12,2	27,0	58	261 000	0,77	179 000		8 300	9 200		1 850	2 000	150
120 000	315	304	50,0	13,6	27,0	58	216 000	0,75	165 000		8 200	9 050		1 800	1 950	150
107 000	315	303	50,0	12,5	27,0	58	211 000	0,74	150 000		8 000	8 800		1 750	1 900	150
98 000	296	284	46,4	12,8	26,5	68	175 000	0.71 - 0.75	135 000		7 600	8 400		1 650	1 800	150
90 000	289	275	45,6	12,5	26,0	68	160 000	0.71 - 0.80	125 000		7 300	8 000		1 550	1 700	124
80 000	289	274	48,0	12,3	26,5	68	145 000	0.64 - 0.72	114 000		6 800	7 500		1 500	1 600	124
70 000	274	260	47,2	11,8	26,5	68	130 000	0.65 - 0.72	105 000		6 400	7 000		1 400	1 500	124
40 000	220	211	35,0	10,0	22,5	59	75 000	0,74	58 000		4 100	4 500		1 080	1 150	100
11 000	151	140	28,0	7,7	16,0	45	19 000	0.6 - 0.73	20 000		2 300	2 500		450	500	60
20 000	180	171	26,6	9,4	17,8	43	30 000	0,69	32 000							
10 000	137	127	19,8	8,3	11,5	38	16 500	0,70	16 500							
LPG Carriers							m^3									
64 000	228	217	36,0	13,6	22,6	55	90 000	0,74	85 000	Typically about 80% of fully laden displacement	3 550	4 100		960	1 050	
50 000	230	219	36,6	10,9	20,4	55	73 000	0.72 - 0.76	69 000		3 300	3 750		920	980	
43 000	205	195	32,2	11,9	20,8	55	59 000	0.72 - 0.75	60 000		3 100	3 550	45% to 50%	860	930	
30 000	182	172	29,4	10,4	18,0	55	37 000	0.71 - 0.76	42 000		2 650	3 000		770	820	
22 000	160	152	25,6	10,9	16,4	47	22 000	0.68 - 0.74	33 000		2 200	2 500		670	720	
10 000	120	112	19,8	8,8	11,2	41	12 000	0.68 - 0.75	16 000		1 350	1 550		450	480	
5 000	106	100	17,6	5,8	8,1	41	6 000	0.67 - 0.74	8 800		950	1 050	42% to 46%	340	360	
3 000	96	90	16,4	4,5	7,2	32	3 500	0.59 - 0.7	5 200		800	850		290	300	
1 000	65	60	11,0	4,2	5,1	24	1 500	0.57 - 0.68	2 000		600	650		230	240	

** These are ungeared areas. Add 15 to 20% of ballast wind area for wind area of

Nominal DWT (GT where noted)	Key Dimensions (Typical Ships)						Capacity & Displacement				Wind Area					Typical MBL (t) for bollard design (by WG 186)
	LOA (m)	L_{bp} (m)	B (m)	T_{max} Fully Laden (m)	Moulded Depth (m)	Air Draft (m) Ballast	Cargo Capacity Approx. (units as noted)	C_b Approx. Range	Displacem't Fully Laden (t)	Displacem't In Ballast (t)	Lateral Windage: Fully Loaded (m^2)	Lateral Windage: In Ballast (m2)	Approx. Centroid of area from stern (% LOA)	Longitudinal Windage: Fully Loaded (m^2)	Longitudinal Windage: In Ballast (m^2)	
Car Carriers	RORO only. This results significant variation in vessel parameters - GT and displacement. The values listed above are usual maximums ignore one off special vessels.						CARS	Often not fully laden								
50 000	265	249	32,26	12,9	22,0	49	limited data	0,73	75 000	Variable use only port specific data						75
40 000	245	226	32,26	11,8	32,5	49	limited data	0.68 - 0.73	70 000							75
30 000	231	219	32,26	11,3	34,7	49	8 000	0.61 - 0.68	55 000							70
25 000	230	224	32,26	10,3	35,1	48	8 000	0.57 - 0.72	48 000							73
20 000	200	189	35,40	10,0	33,0	48	7 500	limited data	42 000		Poor correlation with DWT, best estimated using GT Refer Charts in Appendix B for details					70
	200	190	32,26	10,0	33,8	48	6 500	0.54 - 0.61								65
18 000	200	192	32,26	9,6	35,8	48	6 500	0.54 - 0.68	37 000							62
15 000	180	172	30,00	9,2	33,5	46	5 000	0.55 - 0.58	35 000							60
12 000	183	170	31,50	9,0	31,8	43	4 800	0.54 - 0.65	27 000							
7 000	140	131	22,70	7,4	23,3	limited data	2 200	0.51 - 0.61	16 000							
5 000	140	131	22,40	6,4	23,0	41	2 000	0.53 - 0.65	12 000							
2 500	116	108	17,20	5,1	12,0	40	800	high variation	6 500							
RoPax								Often not fully laden								
Ferries (Passenger vessels excluding cruise ships)																
GT							**Passengers**				Ferry designs are too variable to provide reliable area and shape parameters. Designers should seek specific information on vessel characteristics from terminal operators.					
14 000	147	130	23,4	5,9	13,4	No Reliable Data	1,500 - 3,000	0.56 - 0.60	11 000	Not Applicable						
6 000	100	91	18,0	4,2	9,4		1,000 - 1,900	0.53 - 0.67	5 000							
3 000	97	88	13,8	5,2	8,8		400 - 6,000	Values variable . Designers should seek specific data. If none available use Cb = 0.55 min								
1 000	66	58	10,0	3,0	4,1		400 - 2,000									
700	67	54	10,5	4,2	6,5		200 - 1,000									
400	49	42	11,5	2,5	4,0		150 - 600									
200	43	38	8,3	2,1	3,3		50 - 500									
Cruise Liners							Passengers									
GT																
225 000	362	331	47,0	9,3	22,6	70	5,000 / 6,500	0,71	105 000	Not Applicable	17 500	Not Applicable	Approx 50 % all cases	2 800	Not Applicable	
185 000	337	325	42,0	8,8	11,8	70	5,000 / 6,500	0,71	87 000		no data			no data		154
170 000	339	312	41,0	8,8	12,1	70	5,000 / 5,700	0,71	84 000							141
140 000	311	275	38,6	8,3	11,7	68	3,200 / 5,200	0.69 - 0.79	74 000		13 500			2 100		116
120 000	317	294	36,8	8,6	11,3	66	3,000 / 4,000	0.68 - 0.76	64 000		12 100			1 870		101
100 000	272	230	35,5	8,3	11,2	66	2,500 / 3,500	0.68 - 0.74	54 000		10 800			1 650		
80 000	281	258	32,26	8,0	20,1	66	2,300/3,200	0.66 - 0.70	45 000		9 200			1 450		
60 000	238	203	32,26	8,1	11,0	66	800/1,800	0.60 - 0.70	35 000		7 700			1 230		
40 000	210	177	28,0	6,8	8,8	66	600/1,800	0.60 - 0.71	26 000		6 000			1 030		86
30 000	181	158	25,5	6,0	18,1	66	400/1,000	0.59 - 0.68	20 000		5 200			900		75
20 000	167	147	24,0	6,6	13,5	66	200/1,000	0.53 - 0.67	15 000		4 200			800		
15 000	156	134	22,0	5,9	16,3	66	200/800	0.53 - 0.62	12 000		3 700			750		
10 000	133	112	19,0	5,0	12,4	65	200/800	0.52 - 0.68	9 000		3 300			700		
5 000	100	90	16,2	4,7	7,0	65	50/350	0.51 - 0.69	5 000							
2 500	97	78	14,9	4,9	8,5	58	50/200	0.40 - 0.81	3 200		no data			no data		
1 000	84	73	11,9	4,1	5,2	58	50/200	0.3 - 0.52	1 000							
Fishing Vessels > 200 GT (includes fish carriers but not specialist vessels such as factory ships, fishery patrol, research, seal catchers and the like)																
GT											Fishing Vessel designs are too variable to provide reliable area parameters. Designers should seek specific information on vessel characteristics from terminal operators.					
13 000	153	142	22,3	9,0	13,6	No Reliable Data	Not Applicable	0.57 - 0.68	21 000	Not Applicable						
9 000	108	100	21,0	7,3	8,4			limited data	16 000							
6 000	114	107	17,0	6,9	10,2			0.5 - 0.72	11 000							
3 000	92	80	15,2	6,5	9,4			0.48 - 0.7	6 000							
2 000	75	70	13,5	6,2	6,5			Values too variable. Designers should seek specific data								
1 500	65	60	13,0	6,4	8,3											
1 000	53	46	10,6	6,1	7,0											
600	54	46	10,4	5,1	7,1											
400	55	50	9,0	3,4	4,0											
300	47	43	7,8	3,3	3,6											
250	44	35	7,5	3,2	4,0											
200	38	32	8,3	3,7	3,9						Indicates data not available or in preparation					

2. Vind

Vind påvirker skipet både under anløp og det fortøyde skipet. Form og størrelse på overbygning påvirker igjen hvor store laster som påføres skipet.

Under anløp påfører vindlaster på skipets overbygning som igjen kan påvirke skipets anløpshastighet og retning. Spesielt nær kaien hvor skipets hastighet er lavere enn rorets responshastighet, kan vind påvirke anløpet betydelig. Normalt kreves det en viss varighet av et vindkast før skipet påvirkes. De minste skipene vil kunne påvirkes av et 10s vindkast mens de største skipene må opp i minst 30s varighet for å påvirkes i nevneverdig grad. Grenseverdier for vind under anløp avklares og påvirkning på anløpshastighet vurderes som en del av designkriteriene.

Det fortøyde skipet vil også påvirkes av vind. Her videreføres vindlaster til fendere og/eller trosser. Pålandsvind vil presse skipet inn mot fendere, mens fralandsvind vil gi strekk i tversgående trosser. Langsgående vind på skipet vil gi en kombinasjon av strekk i langsgående trosser og friksjon mot fendere, samt reaksjonstrykk mot fendere grunnet retningsforskjell på langsgående trosser og vindretning.

Utgangspunkt for bestemmelse av vindlast er NS-EN1991-4 Laster på konstruksjoner, Del 1-4: Allmenne laster. Vindlaster. Basisvind for den gjeldende kommunen danner mulig grunnlag for design med mulighet for reduksjon ved vurdering av nedetid for kaien.

Den aktuelle stedvindhastigheten beregnes og benyttes til design. Data for aktuelle skip med tilhørende arealer av overbygning finnes i tabeller basert på Loyds skipsregister. Størrelse og form på designskipet gir igjen en Gust-faktor som ivaretar vindkast av en viss varighet og som igjen gir design vindlast q_b.

Ofte benyttes en formfaktor C_w på 0,9 for vindlast mot skipets front og 1,3 for vindlast mot skipets side. For mellomliggende retninger interpoleres. Vindlast for det aktuelle skipet beregnes mot front og skuteside for lastet skip og skip i ballast.

Vindlast på skipet kan i utgangspunktet beregnes ut fra formelen:
$P_w = C_w \cdot [A_w \cdot \sin^2(\alpha) + B_w \cdot \sin^2(\alpha)] \cdot q_b$
α er vinkel mellom vindretning og skipets lengdeakse, mens A_w og B_w er projisert side og frontareal av skipet over vann.

Vindlaster kombineres med strøm og bølger som angitt i standarder og regelverk som danner grunnlag for design.

3. Strøm

Strøm påvirker skipet både under anløp og det fortøyde skipet. Form og størrelse på skroget, samt strøningshastighet påvirker igjen hvor store laster som påføres skipet. Under anløp påfører strøm laster på skroget som igjen kan påvirke skipets anløpshastighet og retning. Spesielt nær kaien hvor skipets hastighet er lavere enn rorets responshastighet, kan strøm påvirke anløpet betydelig.

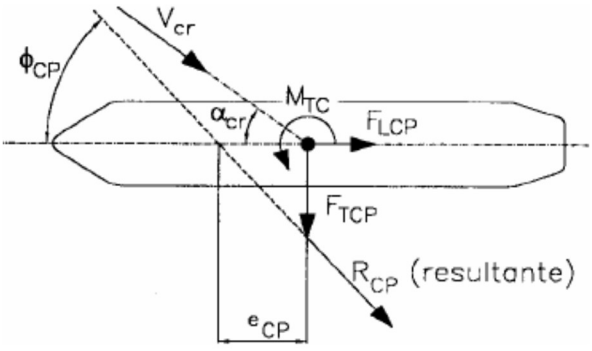
Strøm kan redusere eller øke hastigheten ved retning langs skipets lengdeakse eller påvirke skipets retning ved sideveis strømning. Mellomliggende strømretning gir i tillegg en rotasjon. Den største strømhastigheten som kan forventes under anløp avklares og designhastighet for strøm fastsettes. Eventuelle avvik mellom designkriterier og forventet intensitet avklares og settes inn i havnereglementet. Ved avvikende øvre forventede strømningshastigheter og tillatt øvre strømningshastighet under anløp bør det installeres strømningsmåler som gir advarsel når øvre grense nærmer seg.

Det fortøyde skipet vil også påvirkes av strøm. Her videreføres laster fra strøm til fendere og/eller trosser. Sideveis strøm vil presse skipet inn mot fendere eller gi strekk i tversgående trosser. Strøm i skipets lengderetning vil gi en kombinasjon av strekk i langsgående trosser og friksjon mot fendere, samt reaksjonstrykk mot fendere grunnet retningsforskjell på langsgående trosser og strømretning.

I utgangspunktet finnes ikke generelle data for strøm tilgjengelig og disse varierer fra sted til sted. I planleggingsfasen kan man imidlertid gjøre en del grep for å reduseres/kartlegge effekten av strøm. Typisk vil innløpet til fjorder med være mer utsatt for saltvannsstrømninger enn innerst i fjorden. Intensitet av strøm varierer også med tidevannsforskjell og lokal geografi som nes og/eller bukter som påvirker strømningsretningen og som kan gi turbulens. Ved elvemunninger må man være oppmerksom på ferskvannsstrømmen fra elva som vanligvis går langs overflaten med inngående strømningsretning i dypere lag.

I den grad det er mulig, anbefales det å være forsiktig med bygging av kaier i elvemunninger og fortrinnsvis legge kaifronten parallelt med strømningsretning der kaien bygges i selve elvestrømmen. Bistand fra personer med lokal kjennskap til strømning under ulike forhold og årstider kan med fordel benyttes. Kaiens layout og byggemetode kan også tilpasses for å gi optimale strømningsforhold for det ferdige prosjektet.

Det finnes flere typer formelverk som kan benyttes for beregning av laster fra strøm på skip.



Formelverket kan gi til dels svært avvikende resultat og det er spesielt viktig at begrensinger innenfor formelverket er kjent før dette benyttes.

Begrensninger kan knyttes til:
- ✓ Skrogform
- ✓ Vanndybde
- ✓ Gyldighetsområde for strømningshastigheter
- ✓ Retninger

4. Bølger

Bølger gir belastninger på skip og kan redusere havnens driftstid. Det er vanlig å legge kaier på skjermede steder der bølgehøyden er redusert til et minimum. Bølger gir normalt mindre belastninger enn vind og strøm, men bevegelse på skipet vanskeliggjør håndtering og kan gi til dels store støt direkte mot fender.

Det skilles mellom kortperiodiske bølger som vanligvis er bølger fra vind og langperiodiske bølger som kan beskrives som havdønninger. Disse gir til dels svært forskjellig innvirkning på skipet.

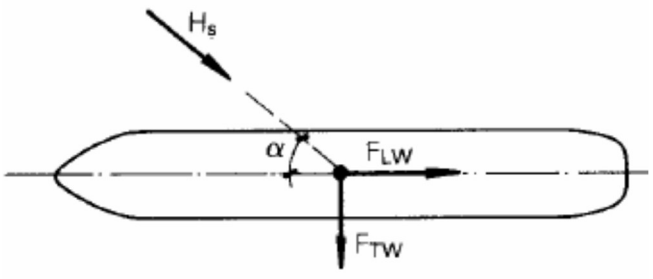
Korte bølger mot baug eller akter gir normalt laster på skipet uten at skipet settes i vesentlig bevegelse, mens korte bølger som treffer skipet sideveis kan gi betydelig rulling i kombinasjon med vertikal bevegelse uten nødvendigvis å gi så store laster. Mellomliggende bølgeretninger gir respons som ligger mellom angitt respons over.

Lange bølger i retning mot baug eller akter kan gi rulling i skipets lengderetning eller gi tilnærmet vertikale bevegelser dersom bølgelengden er betydelig større enn skipets lengde. Lange bølger som treffet sideveis vil vanligvis gi vertikal bevegelse av skipet uten vesentlig rulling. Lange bølger gir normalt mindre laster på skipet enn korte bølger og mellomliggende bølgeretninger gir respons som ligger mellom angitt respons over.

Det er vert å merke seg at bølger kan være sammensatte av både korte og lange bølger i varierende retninger som kan gi et uryddig bølgebilde som igjen gir uforutsette bevegelser på skipet.

Spesielt i områder med langperiodiske bølger bør man kartlegge potensielle skader på fendring i planleggingsfasen. Vertikal bevegelse av skipet i kombinasjon med trykk mot fender kan påføre større laster enn kapasitet til fender innfesling slik at fenderen løsrives fra kaien og fendringen ødelegges.

Som en generell regel anbefales det å legge havner og kaier i et beskyttet område og anlegge bølgebryter dersom påkrevet.



Formel for beregning av bølgelaster

$$F_T = C_f \cdot C_d \cdot \gamma_w \cdot H_s^2 \cdot D' \cdot \sin\alpha$$

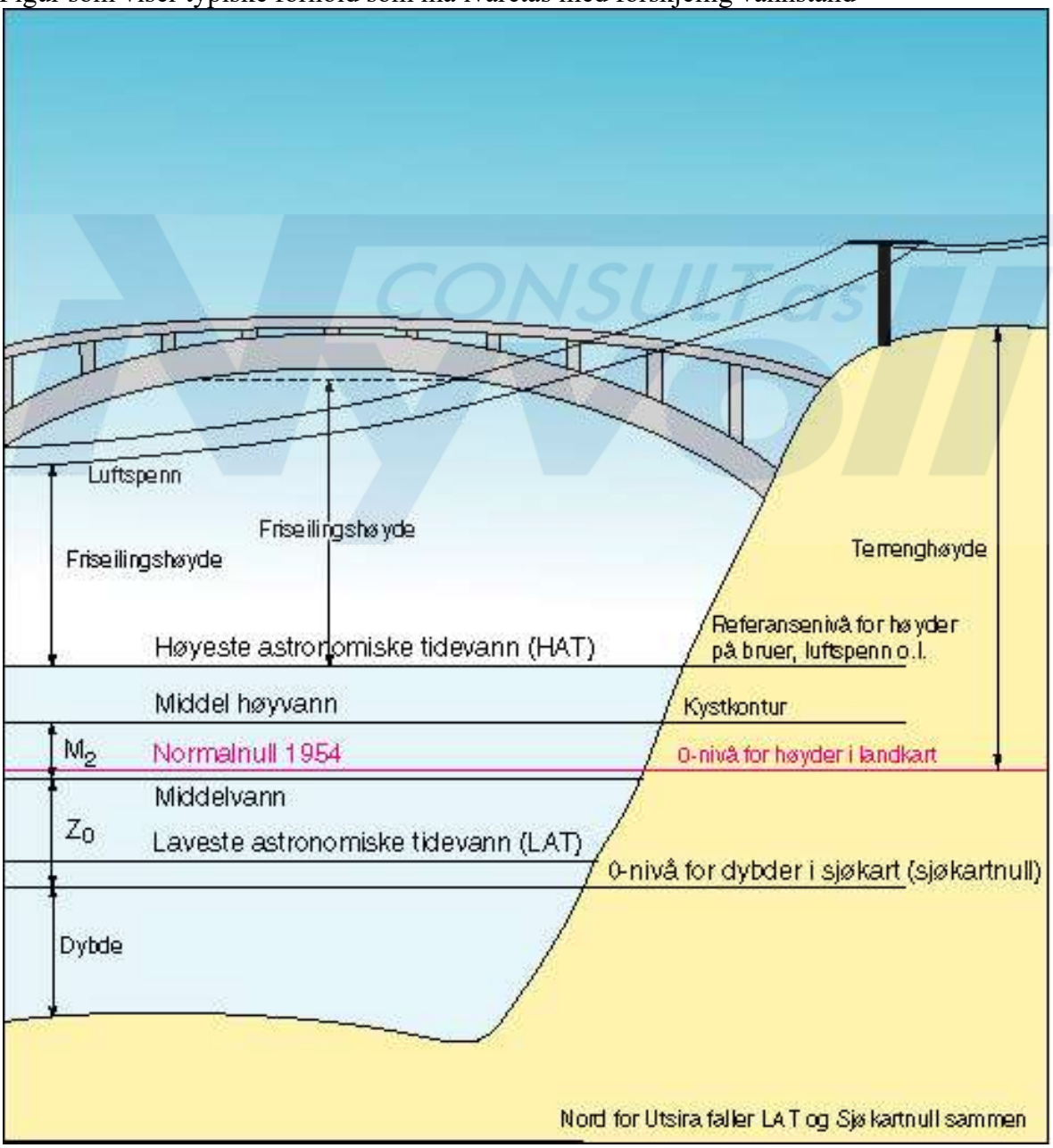
$$F_L = C_f \cdot C_d \cdot \gamma_w \cdot H_s^2 \cdot D' \cdot \cos\alpha$$

5. Vannstand

Sjøkart og kart på land har forskjellige høydereferanse. Mens kartverk på land opptrer med kotehøyder som referer til NN2000 som er Norges offisielle høydesystem med 0-kote nær middelvann har sjøkartet en 0-kote som referer til lavvann.

Det er også verdt å merke seg at det rundt omkring i Norge også finnes lokale referansesystem for høydenivåer. Mens forholdet mellom sjøkartnull og NN2000 finnes kartlagt på https://www.kartverket.no/til-sjos/se-havniva for en rekke vannstandmålere rundt omkring i Norge der man velger nærmeste vannstandmåler, må lokale høydesystemer avklares i hvert enkelt tilfelle.

Figur som viser typiske forhold som må ivaretas med forskjellig vannstand



Et annet viktig punkt er klaring mellom sjøbunn og skipet. Krav til fri klaring kan variere ut fra hvilket regelverk som benyttes og i tillegg finnes det en god del anbefalinger i litteraturen. Eksempelvis kan 5 % av dypgående for skipet addert med et tillegg for hardhet av sjøbunn danne grunnlag for minimum dybde ved lavvann (LAT). Eksempelvis kan 0,4m for sand/ leire og 0,6m for hardere materialer som stein/fjell benyttes.

Et skip med dypgående 10,0m vil da kreve en dybde ved kai på $10{,}0 \cdot 1{,}05 + 0{,}4 = 10{,}9$m ved LAT i et område med sandbunn. Det er verdt å merke seg at disse verdiene bør fastsettes i designfasen og inngå som en del av havnereglementet slik at skip som anløper får eksakt og riktig informasjon forut for anløp.

Utstrekning av eventuelt mudret området foran kai må også være større enn skipet. En utstrekning på 1,25 ganger skipets lengde og 1,50 ganger skipets bredde anses som tilstrekkelig. Skipet kan da selvsagt kun anløpe og navigere når det er tilstrekkelig dybde i anløpskanalen og mudret område dekker kun nødvendig kaisone for skipet. Ved bruk av taubåter og lignende må dybde for disse kontrolleres separat.

6. Støt fra skip

NS-EN1991-1-7:2006+NA:2008 kan benyttes til å kartlegge ulykkesstøt fra skip.

4.6 Ulykkeslaster forårsaket av skipstrafikk

4.6.1 Generelt

(1) Ulykkeslaster forårsaket av skipskollisjon bestemmes bl.a. ut fra følgende:

- type farvann;
- vannstandforholdene;
- fartøyenes type og dypgang og deres egenskaper ved støt;
- typen konstruksjoner og deres energiabsorpsjonsegenskaper.

(2) Typen skip på innlands vannveger som det skal tas hensyn til i tilfelle skipsstøt på konstruksjoner, bør klassifiseres etter CEMT-klassifiseringssystemet.

MERKNAD CEMT-klassifiseringssystemet er gitt i tabell C.3 i tillegg C.

(3) Egenskaper ved havgående fartøyer som det skal tas hensyn til ved støt fra skip på konstruksjoner, bør fastsettes.

MERKNAD 1 Det nasjonale tillegget kan angi et klassifiseringssystem for havgående fartøyer. Tabell C.4 i tillegg C gir en veiledende klassifisering av slike skip.

MERKNAD 2 Informasjon om sannsynlighetsteoretisk modell for behandling av skipskollisjon finnes i tillegg B.

(4) Der dimensjonerende verdier for laster forårsaket av støt fra skip bestemmes med hjelp av nøyaktigere metoder, bør det tas hensyn til virkningene av hydrodynamisk tilleggsmasse.

(5) Påvirkningen forårsaket av støt bør gis ved hjelp av to krefter som gjensidig utelukker hverandre:

- en frontalstøtkraft F_{dx} ;
- en tverrstøtkraft med en komponent F_{dy} som virker vinkelrett på den frontale støtkraften og med en friksjonskomponent F_R som er parallell med F_{dx}.

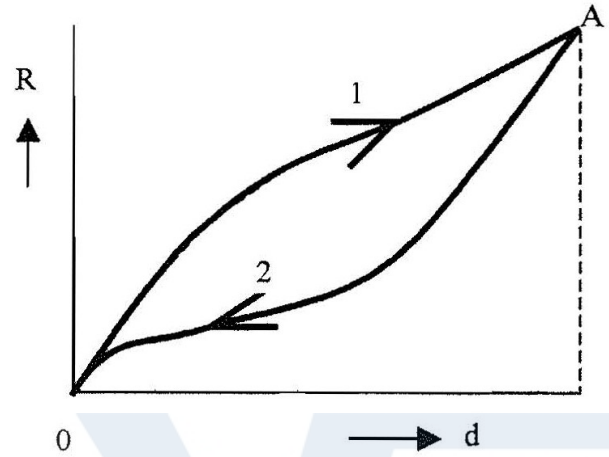
(6) Konstruksjoner som dimensjoneres for å tåle støt fra skip under normale driftsforhold (f.eks. kaivegger og fenderverk) omfattes ikke av denne delen av NS-EN 1991.

Dersom fenderverk designes for å ta opp støt fra skip under normale driftsforhold behøver man ikke ta hensyn til denne delen av NS-EN 1991. I praksis betyr dette at en kaikonstruksjon med dokumentert opptak av anløpsenergi fra designskipet i fenderverk og bakenforliggende konstruksjon ikke må, men kan designes for opptak av øvrige støtlaster fra skip.

Støtlaster utover normale støt under anløp fastsettes i samarbeid mellom rådgivende ingeniør og byggherren og håndteres i ulykkesgrensetilstand som dominerende ulykkeslast.

7. Anløpsenergi, anløpshastighet og reaksjonslast

Ved anløp har skipet en viss hastighet [v] når skipet treffer fenderen og denne hastigheten må reduseres mot 0 før fenderen har nådd sitt maksimale energiopptak. Etter hvert som fenderen deformeres innover, transformeres kinetisk energi til potensiell energi og til dels varme. Den potensielle energien genererer en reaksjonskraft innover som må tas opp av bakenforliggende kaikonstruksjon, mens varmeenergien ventileres ut av fenderen før neste anløp.



Figur som viser prinsipp for kraft og deformasjons forløp for en fender under anløp. Kurve 1 viser reaksjon under anløp og kurve 2 viser reaksjon fra fenderen når denne retter seg ut igjen. Mellomliggende areal viser opptak av varmeenergi.

Formel for karakteristisk energiopptak under anløp (modifisert Newton):
$E_c = ½ \cdot c \cdot m \cdot \delta v^2$
c er anløpskoeffesient og v er skipets relative hastighet vinkelrett mot kaifront ved berøring av fender.
m = skipets displacement (totalvekt) som kan finnes i kapittel 1 i dette dokumentet.

Anløpskoeffesient **C** er en sammensatt konstant som består av medvirkende hydrodynamisk masse, eksentrisitet (rotasjon) mellom skipets massesenter og punkt på skroget som treffer fenderen, dempeeffekt i vannet, samt stivhet av skipets skrog og kaikonstruksjonen.

$C = C_H \cdot C_E$

Tillegg for hydrodynamisk masse **C_H** består av vann som skipet har satt i bevegelse. I likhet med skipet må også denne massen av vann stoppes helt. Formelen for å beregne virtuell deltakende masse kan finnes i PIANC WG211 PIANC Fender Guidelines 2024.

Anbefalte verdier i PIANC WG211 *PIANC Fender Guidelines 2024*:
- ✓ C_H = 1,5 ved større gjennomsnittlig klaring under kjølen enn 50 % av skipets dypgående.
- ✓ C_H = 1,8 ved mindre gjennomsnittlig klaring inder kjølen enn 10 % av skipets dypgående.
- ✓ Overliggende verdier gjelder for sideveis anløp og mellomliggende verdier interpoleres.
- ✓ C_H = 1,1 for langsgående anløp.

Eksentrisitetsfaktor **C_E** = $(K^2+R^2 \cdot \cos(\phi)^2)/(K^2+R^2)$ der R = avstand massesenter skip til kontaktpunkt med fender og K = $(0{,}19 \cdot C_b+0{,}11) \cdot L$ er skipets treghetsradius. ϕ er vinkel som angitt på skisse under. Eksentrisitetsfaktoren ivaretar overføring av skipets anløpshastighet til rotasjon etter første berøring av fenderen. Det bemerkes at rotasjon av skipet også vil gi en andreberøring som ved feltmålinger har gitt til dels større anløpsenergi enn førsteberøring.

$C_b = M_{disp}/ (\rho \cdot L \cdot B \cdot D)$. (blokk koeffisient som angir form på skroget som kan variere fra til dels rektangulær som et moderne cargoskip eller strømlinjeformet som på eldre cruiseliner). Valg av riktig dimensjonerende anløpshastighet er den mest usikre delen av anløpet. Et skip som anløper uten bistand fra taubåt og/eller thustere vil gjerne ha en fremadrettet hastighet i tillegg til anløpshastighet mot kaifront, mens fremadrettet hastighet for skip som legger til kai

med bruk av taubåt stoppes helt før første berøring av fender. Da det er kvadratet av anløpshastigheten som påvirker energibildet ser man at en liten økning i anløpshastighet gir en betydelig økning i anløpsenergi.

Tabell som viser økning i anløpsenergi ved økende eller redusert design anløpshastighet.

V_0	0,10 m/s	0,12 m/s	0,15 m/s	0,20 m/s	0,25 m/s
0,10 m/s	100 %	144 %	225 %	400 %	625 %
0,12 m/s	69 %	100 %	156 %	278 %	434 %
0,15 m/s	44 %	64 %	100 %	178 %	278 %
0,20 m/s	25 %	36 %	56 %	100 %	156 %
0,25 m/s	16 %	23 %	36 %	64 %	100 %

Det finnes flere tabeller og anbefalinger for valg av design anløpshastighet og disse kan til dels variere mye ut fra type skip og hvem som ar utgitt anbefalingen.

PIANC WG211: *PIANC Fender Guidelines 2024* angir følgende anbefaling:

Navigation Condition:	Favourable	Moderate	Unfavourable
Type of Vessel[a]	$V_{B,c}$ (m/s)		
Coaster	0.180[f]	0.300[e]	0.400[e]
Feeder, Handysize	0.150[b]	0.225[c]	0.300[d]
Handymax, Panamax	0.120[b]	0.200[e,g]	0.275[d]
Vehicle Carriers	0.120[e]	0.200[e]	0.275[e]
Post Panamax, Capesize (small), Aframax	0.100[b,e]	0.175[c]	0.275[d]
New Panamax, Capesize (large), Suezmax, ULCV, VLBC, VLCC, ULCC	0.100[b,e]	0.150[c,f]	0.250[d]
Cruise & Passenger Vessels	0.100[e]	0.150[e,f]	0.250[e]

a. Typical vessel dimensions: Coaster (5,000-15,000 DWT), Feeder, Handysize (15,000-42,000 DWT); Panamax, Handymax (42,000-85,000 DWT); Post Panamax, Capesize, Aframax (85,000-115,000 DWT); New Panamax, Capesize, Suezmax (115,000-170,000 DWT); ULCV, VLBC, VLCC, ULCC (>170,000 DWT). For vessels not listed in the table (e.g. LNG) use equivalent size. Although most gas tanker owners have their own global data set.
b. These recommended berthing velocities are largely based on field measurements in Rotterdam and Wilhelmshaven, (PIANC WG145, 2022), (Roubos, Gaal, Hein, Iversen, & Williams, 2022).
c. These recommended berthing velocities are largely based on the normal navigation conditions distinguished by PIANC WG 145 (PIANC WG145, 2022) and verified by WG 211 against new data sets from Poland, Korea, US and India.
d. These recommended berthing velocities are largely based on the measurements conducted in Bremerhaven, (PIANC WG145, 2022), (Roubos, Gaal, Hein, Iversen, & Williams, 2022).
e. These recommended berthing velocities are based on interviews with masters, pilots, harbour masters and experienced port engineers. The values are based on comparison with similar vessel sizes.
f. These recommended berthing velocities are based on EAU 2012 and ROM 2.0-11 (2012).
g. Some unpublished berthing records, of berths claiming to be moderate, include slightly higher velocities. BS6349 and WG 211 consider this value to be sufficient for the majority of berths.

Endelig valg av design anløpshastighet baseres på en vurdering av faktorer som påvirker anløpet og gjøres i samarbeid mellom rådgivende ingeniør og havnemyndighet.

Design energi finnes ved å multiplisere karakteristisk energi med en sikkerhetsfaktor.

$\gamma_E = \gamma_{E,ref} \cdot \gamma_n \cdot \gamma_p \cdot \gamma_c$

$\gamma_{E,ref}$ er en referanse faktor basert på stedlige anløpsforhold, variasjon i anløpende skips og konsekvensklasser.

γ_n tar hensyn til antall årlige anløp. Større antall gir økes sannsynligheten for overskridelse av referanseverdier.

γ_p tar hensyn til bruk av los eller om kapteinen er kjent med stedlige forhold.

γ_c tar hensyn til om det er kjente forhold som tilsier at sikkerhetsfaktor kan reduseres.

CONSULT as Nyvoll

8. Fendring (PIANC WG211)

Cell Fender



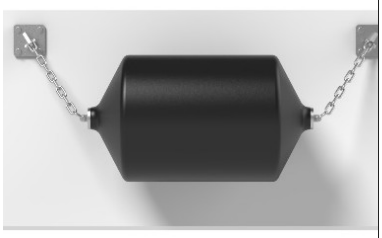
Arch Fender



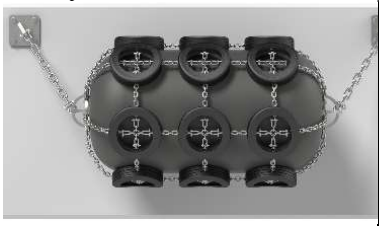
Torsjonsfender



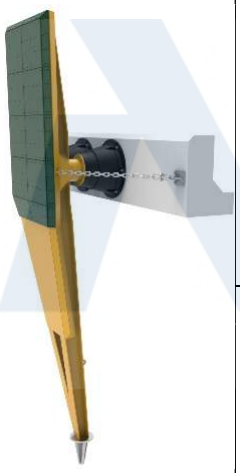
Skum Fender



Luftfylt Fender



Pile/Pivot Fender



Element/Leg fender



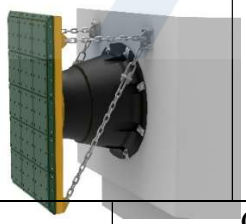
Spesial Element fender



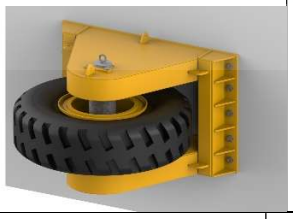
Sylinder Fender



Konisk Fender



Rulle Fender



Konisk Fender



Size: H 300 – 2500mm
E: ~ 10 – 9500 kNm
R: ~ 55 – 7200 kN

Cell Fender



Size: H 400 – 3000mm
E: ~ 10 – 9800 kNm
R: ~ 50 – 8850 kN

Ele[illegible]der



Size: H[illegible]00mm
E: ~ 10 – 1300 kNm
R: ~ 80 – 1750 kN

Arch Fender



Size: H 150 – 1000 mm
E/A: ~ 5 – 450 kNm/m
R/F: ~ 90 – 1050 kN/m

Skumfender



Size: Ø 700 – 3300 mm
L 1500 – 6500 mm
E/A: ~ 30 – 2450 kNm
R/F: ~ 130 – 2750 kN

Luftfylt Fender



Size: Ø 500 – 4500 mm
L 1000 – 12000 mm
E/A: ~ 10 – 9050 kNm
R/F: ~ 90 – 10500 kN

Tilpasning av fendersystem til forskjellige skipstyper (WG211):

Vessel Types \ Fender System Types	Arch	Cell	Cone	Cylindrical	Donut	Element	Extruded	Foam	Hydropneumatic	Parallel Motion	Pile	Pneumatic	Roller	Wheel
Bulk Carriers	O	●	●	●		O				O	●			
Car Carriers		●	●	O		●				O	O			
Container Vessels	●	●	●	●		O					●			
Cruise Vessels		●	●	O		●		●	●		O	●		
Fast Ferries		●	●			●				O	O			
Fishing Vessels	●			O							●			
Gas Carriers		●	●	O		O		O	O	●	●	O		
General Cargo	●	●	●	●		●		O	O		O	O		
Navy Surface Ships	O	●	●	O		●	O	●	●		O	●		
RoRo Ferries		●	●	O	O	●	O			●	●			
Submarines	O				O				●		O			
Tankers	O	●	●	●		O		O	O	●	●	O		

● Generally considered suitable for this vessel type.

O Suitable for some vessels. Potential limits to be considered.

Generally not considered suitable for this vessel type except in special applications.

Valg av fendere varierer ut fra størrelse på skip, anløpshastighet, vannstand, fenderlist etc. Valg av riktige fendere på kaien er en viktig oppgave. I utgangspunktet er det to forskjellige typer fendring, anløpsfendring og dekningsfendring. Anløpsfendring har til oppgave å oppta anløpsenergi fra skipet og overføre reaksjonslast til kaikonstruksjonen, mens dekningsfendring har som formål å forhindre direktekontakt mellom skrog og kai.

Da skipet kan anløpe på et utall forskjellige måter, er det vanlig å benytte anløpsfendring langs hele kaiens lengde, mens hjørner, fortøyningsdykdalber og lignende som skipet i utgangspunktet ikke skal legge an mot beskyttes med dekningsfendring. En riktig utformet anløpsfendring vil stort sett også fungere som dekningsfendring. Normalt designes ikke dekningsfendring for å oppta anløpsenergien til designskipet.

Det må velges anløpsfendere som ivaretar forskjellige designskip med forskjellig lastnivå som anløper ved varierende vannstand. Fenderpanelet eller fenderfront må ha tilstrekkelig flateareal til at skutesidens kapasitet på flatetrykk ikke overskrides. En del skip har fenderlist slik at det er viktig å sikre en vertikal fenderfront, spesielt ved hyppige anløp. Her kan en torsjonsfender være løsningen, men denne fendertypen er igjen av de mest kostbare.

En annen problemstilling som må ivaretas er at fenderlisten kan legge seg oppå eller hekte seg under fenderpanelet og skade fenderen. Tilstrekkelig høyde på fenderfront og/eller strå topp og bunn kan løse dette.

Hyppige anløpsfrekvenser krever mer robust fendring.

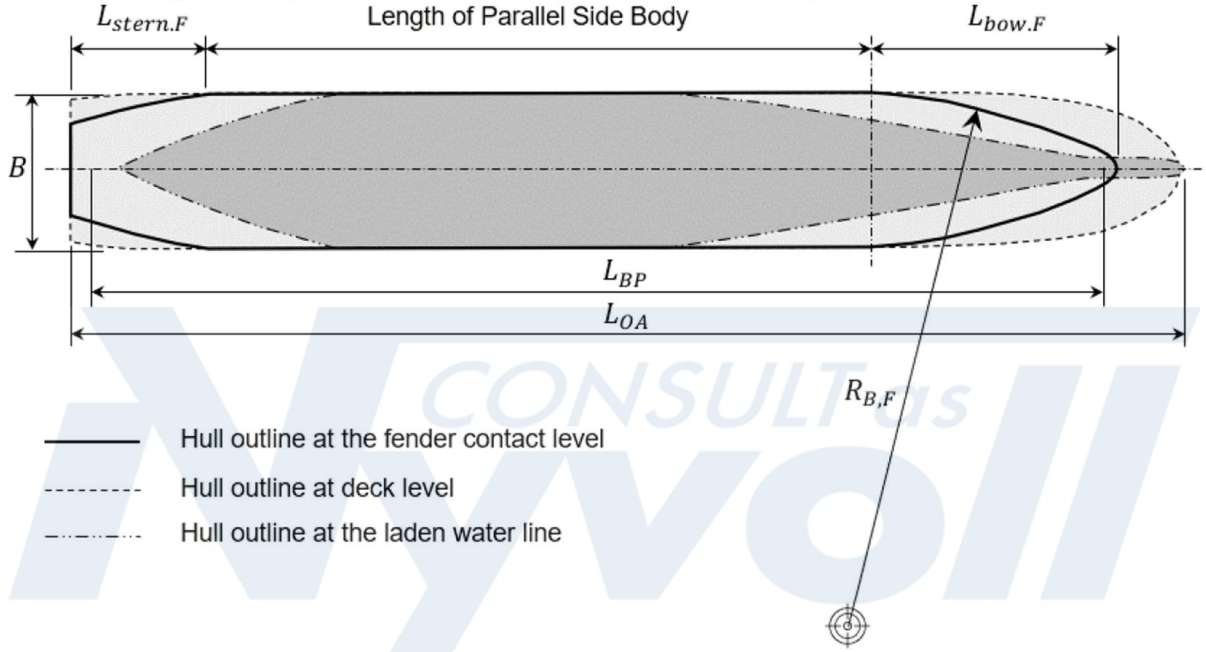
Maksimal avstand mellom anløpsfendere er også må også beregnes. Denne varierer med fenderens byggehøyde forbi kaifront og form på skipets skrog.

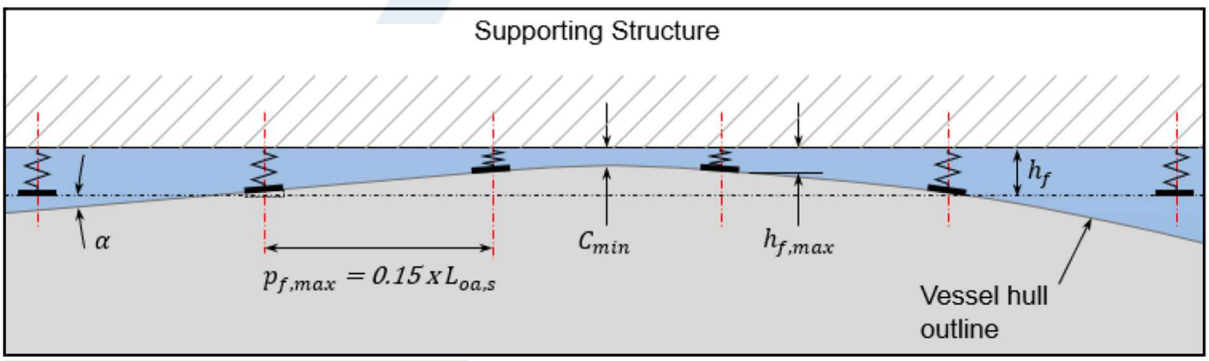
PIANC WG211 *PIANC Fender Guidelines 2024* gir følgende beskrivelse:

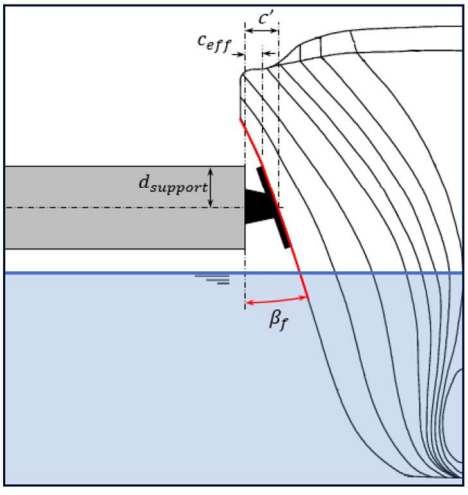
$$p_{f,max} \leq 2\sqrt{R_B^2 - (R_B - h_{f,act} + c_{min} + (d_{support}\ tan\ \beta_f))^2}$$

$$R_{B,F} \approx \left(\frac{B}{4} + \frac{L_{bow,F}^2}{B}\right)$$

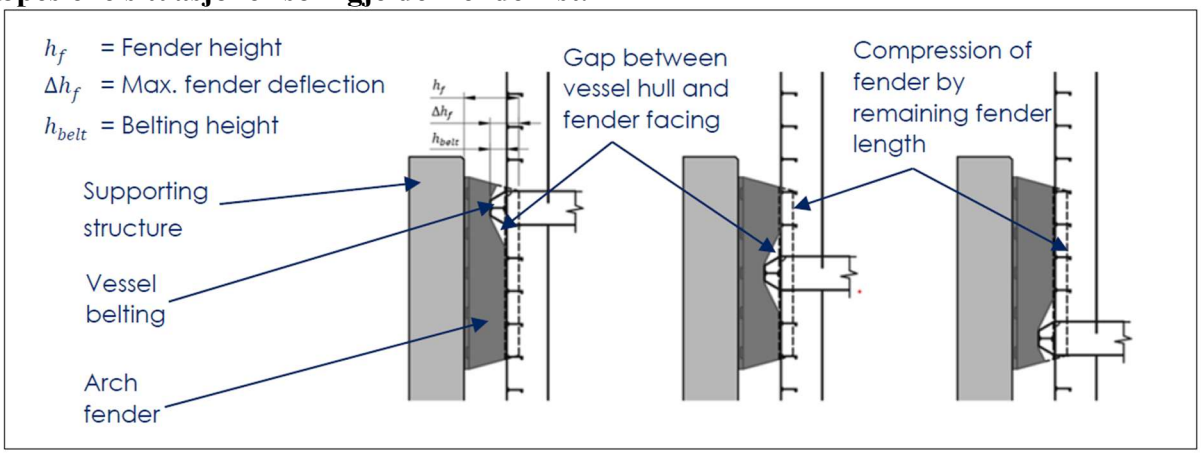
Radius på skipets skrog er ofte ikke kjent og kan være vanskelig å fremskaffe.







Spesielle situasjoner som gjelder fenderlist.



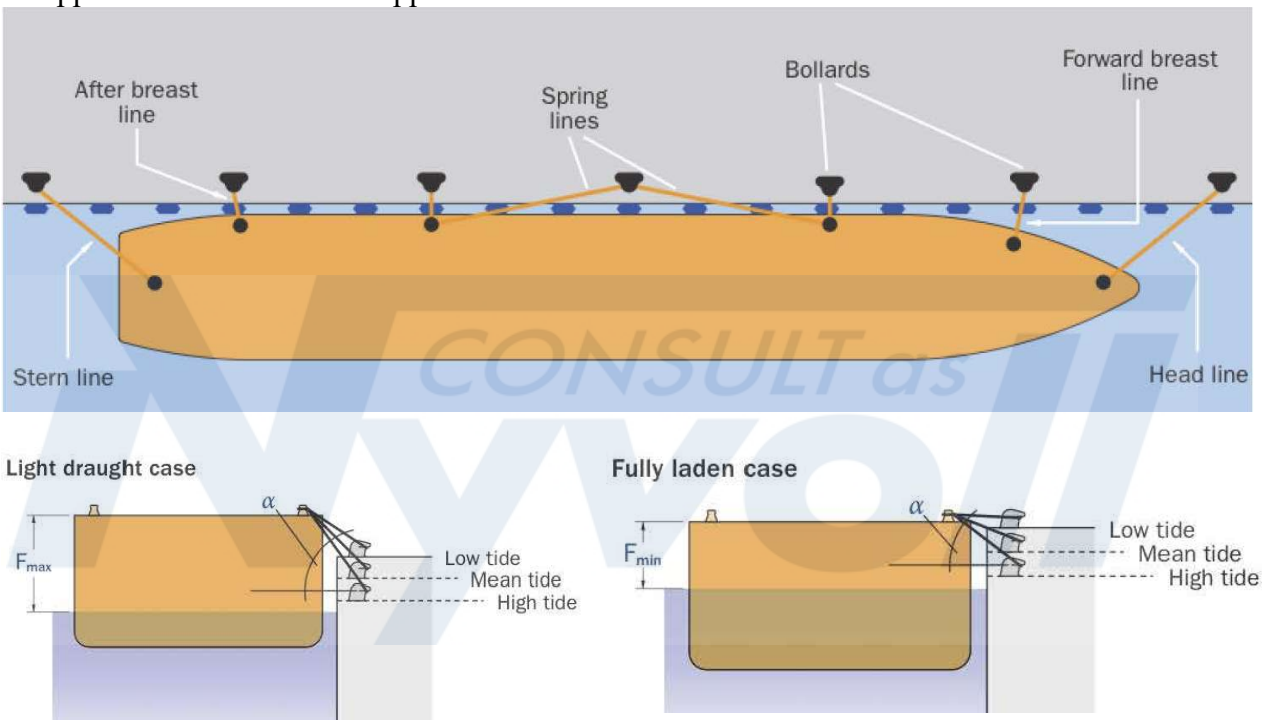
NB!
Dette dokumentet beskriver en svært forenklet tilnærming til design av fender system og hvilke faktorer som må hensyntas. Dette grunnlaget er ikke tilstrekkelig til å designe fendersystem og gir ikke en komplett oversikt over hvilke faktorer som må hensyntas.

På generelt grunnlag anbefales det å overlate design av fendersystem til eksperter med inngående kjennskap til alle faktorer som påvirker fendringen.

9. Fortøyning

Fortøyning av skip designes ut fra belastning som angitt tidligere i dette notatet. Man må spesielt være oppmerksom på fortøyningsliners vinkler både horisontalt og vertikalt i forhold til retning av påført last. Vertikal helning på trosser kan variere både ut fra lastsituasjon for skipet, vannstand og høydeforskjell mellom pollerter på kai og trossefester på skipet. For tversgående trosser vil avstand fra skipet til pollerten være svært avgjørende for effekten av kraftretningen. Stor avstand fra skipet til poller reduserer retningstap i trosse.

Bildet viser typisk forankring av skipet. Bruk av head line og stren line kan variere og anses ikke som nødvendig i den grad at vertikal vinkel for brest liner begrenses slik at sideveis lastopptak kan dokumenteres opptatt i disse.



Det finnes også flere varianter av pollere



Bildet viser 3 varianter av pollere som leveres av Trelleborg. Størrelsen varierer fra 15T til 200T med mulig størrelse opptil 300T for pollerten til venstre. Andre leverandører har tilsvarende størrelser på pollerter.

Størrelse på pollere i forhold til designskip og påførte laster kan også variere. For cargoskip og tankere kan underliggende tabell være et utgangspunkt, mens skip med stort vindfang gjerne krever større pollere i forhold til skipets vekt. Dersom flere trosser tillates brukt på pollere, kreves også større pollere enn det som tabellen viser.

Displacement	Bruddlast
20,000	60
50,000	80
100,000	100
200,000	150

Fortøyningstrosser kan bestå av tauverk, vire i forskjellige dimensjoner Normal kapasitet er opp mot 80T og det kan legges flere trosser på hver pollert. I den senere tid har også trosser i dynema blitt tilgjengelig med høg styrke og lav vekt. Det er opp til skipets kaptein å fortøye skipet slik at dette håndteres ikke nærmere her.

CONSULT as Nyvoll

10. Ramper og persontrafikk

Dersom det er behov for å kjøre gods eller kjøretøy direkte mellom landanlegg og skip kan man bygge en rampe. Det er viktig at denne rampen er tilpasset de kjøretøy eller transportmiddel som forventes å benytte denne.

Overgangsoner må ikke være for knappe slik at det ikke er tilstrekkelig klaring mellom kjøretøy og underlag. Lastebiler kan vanligvis håndtere en overgang på 1:10 mens mange personbiler får problemer med å håndtere en knappere overgang enn 1:12. Ved bruk av brattere ramper kan man bygge utjevningssoner. Lengden av rampen må være tilpasset både tidevannvariasjon i området og lastsituasjonen til skipet. Spesielt skip i skytteltrafikk som ferger med hyppige avganger må kunne håndteres under alle vannstands og lastnivåer.

Ramper for tunggods med lav cargofrekvens er ikke underlagt spesielle krav utover at de transportmiddel som benyttes må kunne bruke rampen. Et utgangspunkt med helning 1:12 er brukbart i de fleste tilfeller, men dette må spesifiseres i designfasen. For enkelttilfeller og eksisterende ramper er det også mulig å ballastere skipet slik at høyden av cargodekket tilpasses rampen best mulig.

Persontuber må designes etter krav til universell utforming. Spesielt i tilfeller med stor tidevannforskjell og/eller stor variasjon i skipets draft kan det være behov for lange ramper. Gjeldende krav i Plan og Bygningsloven må identifiseres og etterleves i designfasen.