



Technische Hogeschool Delft

Afdeling der Civiele Techniek

VERKEERSWATERBOUWKUNDE B.O. f 13 C

(BEKNOPT DIKTAAT)

Ir. C. Kooman



VERKEERSWATERBOUWKUNDE B.O. f 13 C

=====

(BEKNOPT DIKTAAT)

Ir. C. Kooman

Technische Hogeschool Delft
Afdeling der Civiele Techniek

voorl. uitg. april '77									f 6,--
---------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--------

L.S.

Bij de samenstelling van elk diktaat wordt er uiteraard naar gestreefd om fouten te voorkomen en de inhoud zo overzichtelijk mogelijk aan te bieden.

Niettegenstaande dat kunnen toch onduidelijkheden voorkomen en kunnen fouten zijn ingeslopen.

Indien U dan ook bij de bestudering van dit diktaat:

- onjuistheden ontdekt
- op onduidelijkheden stuit
- of gedeelten ontmoet, die naar Uw mening nadere uitwerking behoeven, verzoeken de samenstellers U dringend hen daarvan mededeling te doen.

Bij de volgende drukken kunnen dan op- en aanmerkingen worden verwerkt ten gerieve van toekomstige gebruikers.

Zonodig kan ook nog in de lopende cursus voor verduidelijking worden gezorgd.

INHOUD

blz.

1. INLEIDING	
1.1. Doelstelling en taak van de scheepvaartverkeerskunde	1-1
1.2. Probleembenadering in algemene zin	1-1
1.3. Te behandelen onderwerpen	1-2
1.4. Inleidende literatuur	1-2
2. VAARTUIGEN, VAARWEGEN EN VAARWEGGEBRUIKERS	
2.1. Vaartuigen	2-1
2.2. Vaarwegen	2-25
2.3. Vaarweggebruikers	2-32
3. PROGNOSES EN SCHEEPVAARTAFWIKKELINGSKARAKTERISTIEKEN	
3.1. Inleiding	3-1
3.2. Ontwikkeling van het goederenvervoer	3-1
3.3. Prognose van de verkeersomvang op basis van het voorspelde goederenvervoer	3-3
3.4. Samenstelling van het verkeer	3-5
3.5. Prognose verkeersomvang resterende beroepsvaart	3-6
3.6. Prognose van de pleziervaart	3-6
3.7. Maatgevende verkeersintensiteit	3-7
3.8. Basisintensiteitspatroon	3-8
3.9. Literatuur over goederenvervoer en scheepvaartverkeer (inclusief prognoses)	3-9
4. BEGRIPPEN KAPACITEIT EN WEERSTAND	
4.1. Inleiding	4-1
4.2. Kapaciteitsbegrip	4-1
4.3. Het begrip weerstand	4-2
4.4. Verkeersbelasting	4-3
4.5. Aanvullende opmerkingen	4-3
4.6. Literatuur	4-4

INHOUD (VERVOLG)

blz.

5. INLEIDING TOT DE VORMGEVING EN DIMENSIONERING VAN SCHUTSLUIZEN	
5.1. Algemeen	5-1
5.2. Vormgeving en indeling van het sluiscomplex	5-1
5.3. Geleidewerken en wachtplaatsen	5-9
5.4. Verschijnselen tijdens de sluisinvaart	5-16
5.5. De hoofdafmetingen van de sluis	5-24
5.6. Literatuur	5-25
6. KAPACITEIT EN WEERSTAND VAN SCHUTSLUIZEN	
6.1. Inleiding	6-1
6.2. Notatie	6-1
6.3. Schutproces	6-4
6.4. Duur van de onderdelen van het schutproces	6-9
6.5. Het maximum aantal schepen in de sluiscolk	6-25
6.6. Berekening van de schutcapaciteit	6-32
6.7. Wachtijd en schuttijd als onderdelen van de passeertijd	6-36
6.8. De overligtijd als onderdeel van de passeertijd	6-39
6.9. De toelaatbare jaarbelasting	6-47
6.10 Praktische toepassingen	6-49
6.11 Literatuur	6-55

1. INLEIDING1.1. DOELSTELLING EN TAAK VAN DE SCHEEPVAARTVERKEERSKUNDE

DOELSTELLING: De bevordering van een veilige, vlotte, ordelijke en efficiënte scheepvaartafwikkeling.

REALISATIE : Opstellen van programma's van eisen m.b.t. de AANLEG, de INRICHTING en het GEBRUIK van de scheepvaartwegen en havens op basis van kennis op het gebied van:

- A. SCHEEPVAARTVERKEERSGENERATIE of -PRODUKTIE
- B. SYSTEEM MENS - SCHIP - VAARWEG
- C. SCHEEPVAARTAFWIKKELING en -AFHANDELING.

SCHEEPVAARTVERKEERSKUNDIGE: ONDERZOEKER en ADVISEUR; activiteiten gericht op:

- . VAARWEGENBELEID
- . AANLEG OF VERBETERING VAN VAARWEGEN
- . VAARWEGENBEHEER

SCHEEPVAARTVERKEERSKUNDE: MULTI DISCIPLINAIR

- . Waterbouwkunde
- . Scheepsbouwkunde
- . Vloeistofmechanica
- . Zintuigfysiologie
- . Navigatie en navigatiehulpmiddelen
- . Vervoerseconomie en -techniek
- . Enz. enz.

1.2. PROBLEEMBENADERING IN ALGEMENE ZIN

Drie maatgevende factoren dienen in beschouwing te worden genomen:

- A. HET MAATGEVENDE ENKELE SCHIP
- B. DE MAATGEVENDE KOMBINATIE VAN SCHEPEN
- C. DE MAATGEVENDE SCHEEPVAARTINTENSITEIT e.q. -DICHTHEID

De maatgevende faktor volgt uit de BESTAANDE SITUATIES, een PROGNOSE of een BELEIDSBESLISSING.

Het onderzoek dient gericht te zijn op het systeem:

MENS - SCHIP - VAARWEG

De volgende punten zijn hierbij van belang:

- FAKTOR A:
- DE FYSIEKE MOGELIJKHEID VAN PASSAGE VAN VAARWEGONDERDEEL
 - DE INTERAKTIE SCHIP - VAARWEG (DEELSYSTEEM)
 - . Weerstand en voortstuwing
 - . De vaarbaanbreedte
 - . De vereiste waterdiepte
 - DE INVLOED VAN DE MENS OP HET VAARGEDRAG.

- FAKTOR B : als bij A, bovendien
- DE INTERAKTIE SCHIP - SCHIP
 - HET MENSELIJK STUURGEDRAG
- FAKTOR C : als bij B, bovendien
- DE VAARWEGKAPACITEIT EN DE VERKEERSWEERSTAND

1.3. TE BEHANDELEN ONDERWERPEN

- . VAARTUIGEN - VAARWEGEN - VAARWEGGEBRUIKERS
- . PROGNOSES
- . BEGRIPPEN KAPACITEIT EN WEERSTAND
- . INLEIDING TOT DE VORMGEVING EN DIMENSIONERING VAN SCHUTSLUIZEN
- . KAPACITEIT EN WEERSTAND VAN SCHUTSLUIZEN
- . HOOGTE VAN VASTE EN BEWEEGBARE BRUGGEN
- . VERKEERSTOEDELINGSBERKENINGEN

1.4. INLEIDENDE LITERATUUR

- [1] Diktaat verkeerswaterbouwkunde deel A
Voorlopige uitgave 1969.
- [2] Kooman, C.
Verkeerskunde t.b.v. de inrichting en het gebruik van vaarwegen.
Tijdschrift voor Vervoerswetenschap, 1976, nr. 2.
- [3] Ontwerp Vaarwegennota
Werkgroep Vaarwegennota, Hoofddirectie van de Waterstaat,
's-Gravenhage, 1975.
- [4] Silverleaf, A.
Marine Traffic Engineering: an Introduction.
Proceedings of a Conference organised jointly by the Royal Institution
of Naval Architects and the Royal Institute of Navigation;
London 1973.

2. VAARTUIGEN, VAARWEGEN EN VAARWEGGEBRUIKERS2.1. VAARTUIGEN2.1.1. INLEIDING

DEFINITIE VAARTUIG [1]: "Elk drijvend voorwerp, anders dan een watervliegtuig op het water, gebruikt of in staat om te worden gebruikt als een middel van vervoer te water".

OVERZICHT SCHEEPSTYPES: TABEL 2.1.1.1.

KATEGORIEËN : . Op basis van FUNKTIES EN EIGENSCHAPPEN
 . Indeling is PROBLEEMAFHANKELIJK

SCHEEPSBOUWKUNDIGE ASPEKTEN:

- HOOFDAFMETINGEN
- VORMCOËFFICIENTEN (zie verder [1] en [2]).

2.1.2. INDELING NAAR GEBRUIK

TOTALE VLOOT = BEROEPSVAART + PLEZIERVAART

Aspekten : . Doel
 . Intensiteitspatroon
 . Afmetingen
 . Kwetsbaarheid
 . Vaargedrag

BEROEPSVAART = VAARTUIGEN VOOR "BETALENDE" LADING + OVERIGE BEROEPSVAARTUIGEN

Aspekten : . Voorkomen
 . Maatgevend karakter

"LADINGSCHEPEN": indeling naar

- . Ladingsoorten
- . Verpakkingswijzen

2.1.3. INDELING NAAR VAARWATER

TOTALE VAART = ZEEVAART + BINNENVAART.

Verschillen op het gebied:

- . vaarwaterbegrenzing
- . afstanden
- . golven

FAKTOR	ZEEVAARTUIGEN	BINNENVAARTUIGEN
ZEEWAARDIGHEID	1/h = 14 à 16 hoog vrijboord	1/h = 20 à 30 gering vrijboord
LAADVERMOGEN	stukgoed 30 à 40.000 t containers 50.000 t gestorte lading 250.000 t olie 500.000 t	Afhankelijk van vaarweg- afmetingen
MANOEUVREERBAARHEID	koershouden sleepboothulp	grote wendbaarheid groot stopvermogen
NAVIGATIE	zeekaarten geavanceerde instrumenten beloodsing	bekendheid met vaarwater visueel zicht eenv. nav. hulpmiddelen

ZEEVAART = GROTE HANDELSVAART + KLEINE HANDELSVAART

2.1.4. INDELING NAAR WIJZE VAN VOORTBEWEGEN

BINNENVAART = MOTORVAART + SLEEPVAART + DUWVAART

Voordelen motorschepen en duweenheden t.o.v. sleepschepen:

- . BETERE MANOEUVREEREIGENSCHAPPEN
- . HOGERE VAARSNELHEID
- . GROTERE ZELFSTANDIGHEID

Ontwikkeling categorieën zie fig. 2.1.4.1.

Duwboten kunnen worden onderverdeeld naar motorvermogen.

ZESCHEPEN = MOTORSCHEPEN + TURBINE SCHEPEN

PLEZIERVAARTUIGEN = ZEILJACHTEN + MOTORJACHTEN

2.1.5. INDELING NAAR VLAG

BINNENVAART : IN NEDERLAND BEPERKT AANTAL NATIONALITEITEN

ZEEVAART : GROOT AANTAL NATIONALITEITEN (GOEDKOPE VLAGGEN)

2.1.6. BEGRIPPEN EN SYMBOLEN m.b.t. DE HOOFDAFMETINGEN, DE GROOTTE EN DE VORM VAN DE SCHEPEN

DEFINITIES UIT [3] en [4].

TER TOELICHTING FIGUUR 2.1.6.1.

ALGEMEEN

CARÈNE: de vorm van het ondergedompelde deel van het schip als meetkundige figuur.

DEPLACEMENT: volume van het verplaatste water, dus de inhoud van de carène.

GROOTSPANT: dwarsdoorsnede van de scheepsrump met de grootste oppervlakte.

LASTLIJN OF WATERLIJN: snijlijn tussen het vlak van de waterspiegel en de romp (bovenbegrenzing van de carène). Geladen lastlijn is lastlijn bij geladen schip.

VRIJBOORD: verticale afstand tussen de bovenkant van het dek en de waterlijn.

HOOFDAFMETINGEN

l_{11} = LENGTE TUSSEN DE LOODLIJNEN

Afstand tussen voor- en achterloodlijn. De voorloodlijn is een verticale lijn door het snijpunt van de voorzijde van de voorsteven met de geladen lastlijn. De achterloodlijn valt samen met de achterkant van de roersteven of in gevel van een balansroer met de roerkoning.

$l_{o.a.}$ = LENGTE OVER ALLES

De afstand tussen de voorste punt van de voorsteven en de achterste punt van het hek.

b = SCHEEPSBREEDTE

Maximum breedte van het schip.

d = DIEPGANG

De hoogte van de waterlijn tot de onderkant van de kiel

h = HOLTE

Vertikale afstand tussen onderkant vrijboorddek en bovenkant kiel.

f = OPPERVLAKE VAN HET ONDERGEDOMPELDE DEEL VAN HET GROOTSPANT

SCHEEPSGROOTTE

BRT - BRUTO INHOUD VAN HET SCHIP IN REGISTERTONNEN

De inhoud van het schip benedendeks vermeerderd met alle permanent ingesloten ruimten (zonder openingen) bovendeks uitgedrukt in registertonnen - 1 registerton = 2,83 m³.

NRT - NETTO INHOUD VAN HET SCHIP IN REGISTERTONNEN

De bruto inhoud minus de dienstruimten zoals machineruimten, bemanningsverblijven, brandstoftanks enz. dus i.h.a. ruimten die niet bestemd zijn voor vracht of passagiers.

DWT - DRAAGVERMOGEN VAN HET SCHIP

Gewicht van de lading, brandstof, water, proviand en losse inventaris; in feite verschil in gewicht tussen het geladen en geheel lege schip. DWT zijn tonnen van 1000 kg of ook wel van 1016 kg (long ton).

LAADVERMOGEN (T in tonnen van 1000 kg)

Gewicht van de lading alleen.

WATERVERPLAATSING (Δ in tonnen van 1000 kg; soms in long tons).

Gewicht van de door het schip verplaatste watermassa. In feite dus displacement (m^3) maal soortelijk gewicht van het water.

OPMERKINGEN:

- BRT, NRT en DWT zijn in de zeevaart gebruikte eenheden.
DWT wordt veel gebruikt voor bulkarriers en tankers.
- Waterverplaatsing is een maat die bij oorlogsschepen wordt toegepast.
- Laadvermogen is de groottemaat in de binnenvaart.
- Voor omrekening van BRT in DWT (v.v.) zie figuur 2.1.6.2.

VORMCOEFFICIENTEN

De vorm van het onderwaterschip wordt gekarakteriseerd met behulp van een aantal coëfficiënten waarvan er twee hier genoemd worden.

GROOTSPANTSCOEFFICIENT (β)

$$\beta = \frac{f}{b \times d}$$

BLOKCOEFFICIENT (δ)

$$\delta = \frac{\text{deplacement}}{l_{11} \times b \times d}$$

STAND VAN HET STILLIGGEND SCHIP

STUURLAST:

Een stuurlastig schip heeft achter een grotere diepgang dan voor.

KOPLAST:

Een koplendig schip heeft voor een grotere diepgang dan achter.

SLAGZIJ:

Een helling van het schip over stuurboord of bakboord.

2.1.7. SCHEEPSAFMETINGEN

BINNENVAART

BEPALENDE FAKTOREN : . AFMETINGEN VAARWEGEN EN KUNSTWERKEN
. PARTIJGROOTTEN

BINNENVLOOT kent zekere mate van STANDAARDISATIE (fig. 2.1.7.1 en 2.1.7.2) (Terug te vinden in klassifikatie vaarwegen - zie par 2.2.2).

ONTWIKKELING : SCHAALVERGROTING

BELANGRIJKE GEGEVENSBRON : RIJNSCHEPENREGISTER [7].

ZEEVAART

BEPERKENDE FAKTOREN: . WETTELIJKE BEPALINGEN (kleine handelsvaart)
(m.b.t. schaalvergr) . HAVENTOEGANGEN
. PARTIJGROOTTEN
. WALINSTALLATIES
. ENKELE BELANGRIJKE VAARWEGEN
. KONSTRUKTIEVE PROBLEMEN

GEEN STANDAARDISATIE

OVERZICHT SCHEEPSAFMETINGEN : TABELLEN 2.1.7.1 t/m 2.1.7.6

FIGUREN 2.1.7.3 t/m 2.1.7.8

(gegevens gebaseerd op steekproef uit Lloyds Register of Ships [8])

2.1.8. LITERATUUROVERZICHT

- [1] Maritieme Encyclopedie
Onder redactie van J. van Beylen e.a.; Bussum 1973.
- [2] Kollegediktaat Verkeerswaterbouwkunde deel A
Voorlopige uitgave, december 1969
- [3] Scheepvaart, Oosthoeks Lexicons, Utrecht 1966
- [4] Kruisinga J.J. en van Weele A.M.
Scheepsbouw, droogdokken en het onderhoud van schepen,
8^e druk, Amsterdam 1961
- [5] Statistiek van de binnenvloot
Tweejaarlijkse publikatie C.B.S.
- [6] Statistiek van de koopvaardijvloot C.B.S.
- [7] Rijnschepenregister
- [8] Lloyds Register of Ships

Tijdschriften met technische informatie over schepen:

Voornamelijk ZEEVAART:

- Schip en Werf, Nederlands (2 x per maand)
- Schiff und Hafen, Duits (1 x per maand)
- Hansa, Duits (1 x per maand)
- Shipping World and Shipbuilding, Engels (1 x per maand)
- Navires, Ports et Chantiers, Frans (1 x per maand)

Voornamelijk BINNENVAART:

- Zeitschrift für Binnenschiffahrt und Wasserstrassen,
Duits, (1 x per maand)
- Revue de la Navigation fluviale Européenne,
Frans, (2 x per maand)

BINNENVAART

0 sloopstypen niet te bepalen

motorschepen:

1 motorvrachtschip
2 motortankschip
3 slepend motorvrachtschip
4 slepend motortankschip

sleepschepen:

5 sleepvrachtschip
6 sleeptankschip
7 gekoppelde sleepvrachtschepen
8 als 7 waaronder tenminste 1 tankschip

duweenheden:

9 motorvrachtschip met één of meer vrachtvaartuigen langs zij
10 als 9 waaronder tenminste één tankschip
11 motorvrachtschip één of meer vrachtvaartuigen duwend
12 als 11 waaronder tenminste één tankschip
21 duwstel, 1 vrachtbak
22 duwstel, 2 vrachtbakken
23 duwstel, 3 vrachtbakken
24 duwstel, 4 vrachtbakken
25 duwstel, meer dan 4 vrachtbakken
31 duwstel, 1 tankbak
32 duwstel, 2 bakken, waaronder tenminste 1 tankbak
33 duwstel, 3 bakken, waaronder tenminste 1 tankbak
34 duwstel, 4 bakken, waaronder tenminste 1 tankbak
35 duwstel, meer dan 4 bakken waaronder tenminste 1 tankbak

overige binnenvaart:

40 sleepboot, losvarend
41 sleepboot, één of meer sleepschepen slepend
42 sleepboot bij duwstel, zeeschip of ander drijvend objekt
43 duwboot, losvarend
44 passagiersschip
45 dienstvaartuig
46 werkvaartuig
47 gesleept objekt
49 overige binnenvaartschepen en drijvende objecten

ZEEVAART

50 vrachtschip, stukgoed
51 container-schip, ro-ro-vrachtschip, lash-schip
52 bulk-carrier
53 tanker voor olie en andere vloeibare lading
54 tanker voor samengeperste gassen
55 veerboot, ro-ro-schip niet uitsluitend vracht-vervoerend
56 passagiersschip
57 zeesleepboot, bevoorradingsschip, losvarend
58 zeesleepboot, bevoorradingsschip, slepend
59 gesleept zeegaand objekt
60 zeegaand werkvaartuig, losvarend
61 vissersvaartuig (ook binnenvisser)
62 marinevaartuig
79 overig zeegaand vaartuig en drijvend objekt

REKREATIEVAART

80 motorjacht
81 speedboot
82 zeiljacht varend op hulpmotor
83 zeilend jacht
99 overige rekreatievaartuigen

Naam	Type schip	Bouwjaar	DWT	BRT	NRT	l _{oa} (m)	l _{ll} (m)	b (m)	h (m)	d (m)	type aan-drijv.	P (PK)	aantal schroeven	v (kn)
A. King III	G.C.	1965	378	200	136	41,58	39,63	7,73	2,65	2,26	M	200	1	8,0
Bokanjac	T	1953	390	345	148	44,18	40,90	-	4,20	2,52	M	300	1	6,5
Beton	G.C.	1962	459	287	164	42,98	38,99	7,52	3,10	2,79	M	300	1	9,0
Anita Schutt	G.C.	1954	487	365	158	49,20	45,90	8,03	3,20	2,91	M	300	1	9,0
Bradford	T	1961	732	512	255	52,20	49,38	10,39	3,20	2,82	M	660	1	-
Burgundia	G.C.	1964	742	413	209	59,97	54,01	9,53	5,59	3,32	M	1.000	1	11,5
Akatsuki Maru	G.C.	1958	828	486	317	55,61	51,90	8,54	3,94	3,58	M	680	1	9,0
Bea	G.C.	1964	960	498	319	60,13	55,00	9,25	4,04	3,60	M	675	1	11,0
Atlantic Canet	G.C.	1965	1.040	499	285	69,35	63,35	10,44	6,10	3,72	M	1.200	1	12,0
Canis	G.C.	1969	1.128	497	347	78,64	72,01	12,53	8,36	3,62	M	2.200	1	14,0
Baltic Concord	G.C.	1969	1.247	500	338	74,02	68,28	-	6,08	3,96	M	1.400	1	12,5
Asperity	T	1967	1.326	698	402	71,86	65,49	9,91	4,25	3,84	M	1.500	1	12,0
Bell Chieftain	G.C.	1970	1.456	500	335	76,41	69,02	11,92	6,05	3,50	M	1.400	1	12,5
Arctic	G.C.	1962	1.577	1.074	728	74,12	67,01	10,44	-	4,73	M	1.500	1	13,0
Cherchell	Ro	1972	1.700	1.066	468	79,33	73,87	14,36	8,41	4,75	M	3.150	1	14,0
Caracas Bay	G.C.S.	1966	1.763	1.252	788	72,80	66,25	11,03	7,22	5,01	M	1.650	1	14,0
Indira	G.C.S.	1959	1.859	1.225	700	66,53	61,09	10,37	6,48	-	M	1.040	1	11,8
Fuei Maru	T	1969	2.065	979	564	70,72	65,00	11,03	5,34	5,03	M	1.500	1	12,0
Fagertind	G.C.	1965	2.134	1.142	735	75,55	68,46	11,49	5,92	5,11	M	1.300	1	11,5
Andalusia	L.G.	1968	2.256	1.777	980	75,65	71,94	12,04	6,71	5,50	M	1.795	1	14,0
Aida	G.C.S.	1956	2.485	1.401	989	70,99	67,49	11,08	6,96	5,97	M	1.000	1	11,0
Irafoss	G.C.S.	1967	2.624	1.023	988	80,29	68,99	11,87	6,61	5,67	M	1.000	1	12,0
Conti Misr.	G.C.	1966	2.860	1.599	1.079	74,76	70,21	12,45	7,07	6,00	M	2.000	1	13,5
Global Trader	G.C.	1971	3.022	1.574	995	65,49	62,82	15,32	6,61	4,95	M	1.500	2	10,3

Tabel 2.1.7.1.

Gegevens kustvaartuigen. Bron [8].

Naam	Type schip	Bouwjaar	DWT	BRT	NRT	l _{oa} (m)	l _{ll} (m)	b (m)	h (m)	d (m)	type aan-drijv.	P (PK)	aantal schroeven	v (kn)
Annemarie Schulte	G.C.	1971	3.170	1.980	1.301	84,51	76,51	12,86	7,73	6,43	M	2.670	1	13,5
Amanda I	C.S.D.	1970	4.370	3.250	1.898	100,49	90,33	15,22	8,31	6,78	M	4.000	1	15,5
Arabritt	G.C.	1957	5.385	3.766	2.130	112,27	105,16	14,38	8,08	6,34	M	1.850	1	12,0
Alfred Rehder	G.C.	1971	6.270	3.999	2.652	117,13	106,61	16,64	8,39	6,60	M	4.000	1	15,0
Argonaut	G.C.	1964	8.230	8.247	4.389	149,23	137,45	18,98	11,89	8,54	M	10.000	1	19,0
Alabama	G.C.	1962	9.520	8.501	4.616	143,77	131,48	19,87	11,89	8,54	M	7.500	1	17,5
Aifanourios	G.C.	1965	10.702	8.576	3.505	129,24	117,99	18,32	13,01	8,37	M	6.600	1	14,3
Aktis	G.C.	1955	11.298	8.746	5.165	147,48	137,17	18,95	12,04	8,86	M	4.800	1	13,5
Aghioa Nicolaos	C.S.D.	1959	12.142	8.067	4.490	141,76	132,87	18,22	11,74	8,70	M	4.400	1	13,0
Anton Chekhov	G.C.	1968	14.390	10.204	5.223	159,44	148,39	21,32	12,65	9,70	M	12.000	1	18,5
Adamas	G.C.	1969	15.173	10.008	6.263	142,27	134,12	19,84	12,35	9,03	M	5.130	1	14,0
Aristoteles	G.C.	1974	18.881	11.513	7.051	147,71	140,01	23,02	13,01	9,63	M	9.400	1	18,0
Ocean Energy	C.S.D.	1974	20.242	13.687	8.026	163,71	151,39	22,92	14,41	10,75	M	12.000	1	17,5
Golden Pacific	G.C.	1958	21.300	16.172	11.230	177,65	167,01	22,10	12,30	9,52	M	8.750	1	14,8
Helindas	G.C.	1962	23.583	15.522	8.742	176,36	167,01	23,02	13,90	9,68	M	9.000	1	15,5
Common Venture	G.C.	1971	26.000	16.182	10.577	178,52	168,03	22,92	14,41	10,31	M	11.200	1	17,8
Pacific	G.C.	1971	30.000	23.588	-	184,20	173,43	28,25	15,75	10,50	M	14.880	-	17,0
Possehl	G.C.	1971	33.300	20.450	-	196,40	185,00	25,80	-	10,93	M	14.000	-	18,0
Star Ravenna	G.C.	1970	37.900	23.400	-	201,30	-	27,80	15,60	11,13	-	12.000	-	15,8
Skogstad	G.C.	1970	40.700	25.200	-	192,00	183,30	28,00	16,76	12,04	M	13.100	-	15,8
Spray Derick	G.C.	1972	50.000	-	-	208,00	197,00	32,20	-	11,70	M	14.000	-	15,1

Tabel 2.1.7.2.
Gegevens vrachtschepen. Bron [8].

Naam	Bouw- jaar	DWT	BRT	NRT	l _{oa} (m)	l _{ll} (m)	b (m)	h (m)	d (m)	type aan- drijv.	P (PK)	aantal schroeven	v (kn)
Akashia Maru	1971	2.981	2.731	973	96,53	90,00	15,55	8,01	5,89	M	7.000	2	16,0
Kathleen	1970	4.899	3.414	2.499	99,73	90,00	15,27	7,70	6,37	M	4.000	1	14,5
Tendo	1973	6.126	5.611	3.298	120,66	110,01	17,30	10,19	6,12	M	4.600	1	16,0
Oriental Exporter	1971	11.386	14.125	7.399	170,85	155,02	24,62	14,58	7,86	M	15.750	1	19,0
Harbour Bridge	1958	12.276	14.954	8.625	180,75	168,84	21,90	16,01	9,77	M	11.500	1	16,5
Export Patriot	1973	16.605	17.904	12.906	185,93	177,35	23,83	16,62	9,63	St	17.500	1	21,0
Golden Arrow	1970	19.089	16.592	9.639	188,02	175,01	25,25	15,32	10,72	M	28.000	1	21,5
Hotaka Maru	1970	20.400	21.057	11.547	196,04	183,01	27,03	16,59	9,50	M	30.400	1	22,0
American Legion	1968	22.493	18.764	13.274	213,52	204,22	27,49	15,35	9,78	St	27.300	1	21,5
Italica	1974	24.220	22.245	11.600	209,89	192,01	30,56	18,19	10,39	St	38.000	1	23,5
Hawaiian Enterprise	1970	27.508	23.785	16.472	219,62	206,36	29,04	16,46	10,40	St	32.000	1	23,0
Tohbei Maru	1972	28.760	35.491	18.846	245,96	230,03	32,03	19,00	10,53	St	45.000	1	24,8
Botany Bay	1969	29.262	26.876	14.597	227,31	213,77	30,56	16,46	10,70	St	32.000	1	21,5
Kurobe Maru	1972	32.343	37.845	22.336	260,46	242,02	32,26	19,61	11,51	M	79.600	2	25,5
New Jersey Maru	1973	33.024	37.799	21.892	263,28	247,00	32,21	19,82	11,51	M	69.600	2	26,0
Elbe Maru	1972	35.228	51.623	30.423	269,04	252,03	32,26	24,39	11,99	M	84.600	3	27,5
Hamburg Express	1972	42.800	58.088	38.425	287,61	273,01	32,26	25,02	12,00	St	81.132	2	26,0
Nedlloyd Dejima	1973	43.211	58.716	35.512	287,03	273,01	32,31	20,45	12,73	St	81.100	2	27,0
Kangourou	1970	44.060	26.437	14.263	227,95	213,09	30,48	16,46	10,69	St	32.450	1	21,5
Nedlloyd Delft	1973	48.148	58.716	35.512	287,03	273,01	32,31	20,45	12,73	St	81.100	2	-
Liverpool Bay	1972	48.544	58.889	35.191	289,57	273,97	32,34	24,59	13,03	St	81.132	2	26,0
Benalder	1972	49.593	58.440	35.062	289,57	273,97	32,34	21,16	12,98	St	88.000	2	26,5

Tabel 2.1.7.3.

Gegevens containerschepen. Bron [8].

Naam	Bouw- jaar	DWT	BRT	NRT	l _{oa} (m)	l _{ll} (m)	b (m)	h (m)	d (m)	type aan- drijv.	P (PK)	aantal schroeven	v (kn)
Blue Jupiter	1975	12.047	6.951	4.123	128,78	120,00	19,61	10,49	8,23	M	6.150	1	15,0
Atlas Challenger	1962	19.680	12.186	7.550	169,17	158,50	21,39	12,58	9,70	M	8.750	1	15,8
Betis	1973	26.958	15.683	10.740	182,84	171,69	22,46	14,20	10,55	M	11.550	1	16,0
Arad	1963	30.607	20.311	12.835	200,18	188,98	25,05	14,94	11,16	M	10.350	1	15,5
Belita	1968	37.238	21.836	12.985	193,58	181,54	26,27	15,35	11,48	M	10.700	1	15,0
Jana Vijay	1966	43.928	25.368	16.219	205,75	195,54	27,44	16,31	12,14	M	14.500	1	15,5
Aida	1973	51.644	33.905	20.908	221,19	206,59	32,21	17,02	12,41	M	17.400	1	15,8
Apollo	1968	58.579	27.989	20.622	226,42	216,42	31,15	17,53	12,40	M	17.600	1	16,0
Hoan Maru	1975	61.059	34.912	23.347	224,52	214,99	32,24	17,81	12,42	M	16.000	1	15,0
Caspian Trader	1969	76.882	45.236	30.853	239,02	226,02	36,07	19,11	13,34	M	18.400	1	15,5
Phillips Louisiana	1964	85.177	44.491	29.358	258,99	250,02	32,26	20,50	15,81	St	24.000	1	16,5
Jarmina	1969	97.693	62.329	38.929	264,32	253,40	38,05	22,43	14,63	M	23.200	1	15,8
London Team	1974	104.856	56.273	42.623	256,04	244,43	39,02	20,60	15,08	M	19.860	1	15,8
Olav Ringdal	1971	110.342	60.457	43.286	265,62	252,56	38,46	21,47	15,78	M	23.200	1	15,0
Kohwa Maru	1973	115.198	62.311	43.167	260,00	252,99	38,03	23,70	16,74	M	20.000	1	14,8
Bjorgholm	1975	122.124	66.594	47.719	256,50	247,99	38,99	23,42	17,07	M	24.800	1	15,3
Trentwood	1972	129.479	59.193	45.340	261,02	247,00	40,64	24,01	17,62	M	23.200	1	14,8
Ernesto Fassio	1973	138.588	72.688	63.726	297,29	279,94	40,82	22,26	16,40	St	28.000	1	16,5
Ohtsuhawa Maru	1972	157.617	87.146	62.731	289,01	275,01	44,05	24,21	17,96	M	32.000	1	15,5
Cetra Centaurus	1972	170.412	88.089	68.755	299,27	283,45	43,82	23,75	18,32	M	30.400	1	15,0
Berge Vanga	1973	227.912	115.426	100.015	314,00	300,36	50,07	26,01	20,42	M	35.000	2	16,5
La Lana	1972	249.223	129.961	93.857	326,04	313,47	52,02	27,31	20,50	St	33.000	1	15,5

Tabel 2.1.7.4.

Gegevens bulkcarriers. Bron [8].

Naam	Bouw- jaar	DWT	BRT	NRT	l _{oa} (m)	l _{ll} (m)	b (m)	h (m)	d (m)	type aan- drijv.	P (PK)	aantal schroeven	v (kn)
Eloiseid	1969	2.510	1.596	734	91,45	85,35	12,22	5,82	4,93	M	2.520	1	13,0
Eiyu Maru I	1968	3.595	1.977	1.014	88,91	82,00	13,03	6,61	5,74	M	2.400	1	12,5
Aspindra	1972	4.943	3.468	1.607	106,08	97,01	15,45	7,93	6,72	M	2.900	1	14,0
Ashurst	1964	5.416	3.451	2.207	102,49	102,47	15,60	7,35	6,29	M	2.700	1	12,5
Ashkhabad	1954	11.395	7.653	3.931	145,50	138,00	19,23	10,39	8,50	M	4.000	1	12,0
British Curlew	1960	16.241	10.922	5.854	159,92	151,19	21,11	11,28	9,18	M	8.750	1	14,5
Border Chieftain	1962	19.939	13.017	7.468	173,46	163,38	22,15	12,50	9,91	M	8.000	1	13,5
Allisan Star	1960	20.980	12.458	7.488	170,62	163,10	21,92	12,35	9,75	M	8.500	1	15,0
Cuu Long I	1964	21.174	12.872	7.336	170,67	161,80	21,92	12,27	9,74	M	8.750	1	15,0
Aracaju	1975	26.400	18.318	-	175,55	168,03	25,66	13,39	9,45	M	11.200	1	-
Delaware Getty	1954	27.861	17.054	10.587	191,42	183,24	25,20	12,96	10,25	St	13.750	1	16,0
Amapa	1973	30.653	18.318	11.170	175,55	168,03	25,66	13,39	10,07	M	11.200	1	15,0
Bilbao	1962	33.635	21.592	9.830	202,67	192,01	26,67	14,23	11,15	St	15.500	1	-
Bordighera	1959	37.991	22.963	13.784	212,02	201,51	27,51	14,33	11,22	St	16.500	1	17,0
Atalante	1961	44.649	25.423	15.437	213,21	202,85	29,65	15,02	11,69	M	16.200	1	16,0
Galileo Galilei	1964	48.933	30.269	15.260	227,01	215,09	31,12	15,52	11,82	M	19.000	1	17,5
Alliance	1959	50.834	28.175	20.051	239,50	228,66	26,29	17,07	12,47	M	12.500	1	15,5
Farah Pahlavi	1961	55.264	33.700	21.669	239,53	228,00	31,25	16,21	12,12	St	19.250	1	16,0
Gherania	1963	56.326	30.650	20.857	225,03	222,99	32,31	16,01	12,24	St	12.500	1	15,5
Al-Sabbayah	1965	61.154	35.751	21.019	231,50	220,00	32,29	16,31	12,55	St	18.000	1	-
Amanda Miller	1971	66.803	39.059	22.789	239,28	228,05	32,26	17,56	13,17	M	20.300	1	16,5
British Commodore	1967	68.985	38.288	24.994	249,79	238,16	33,00	17,00	12,89	M	18.000	1	16,0

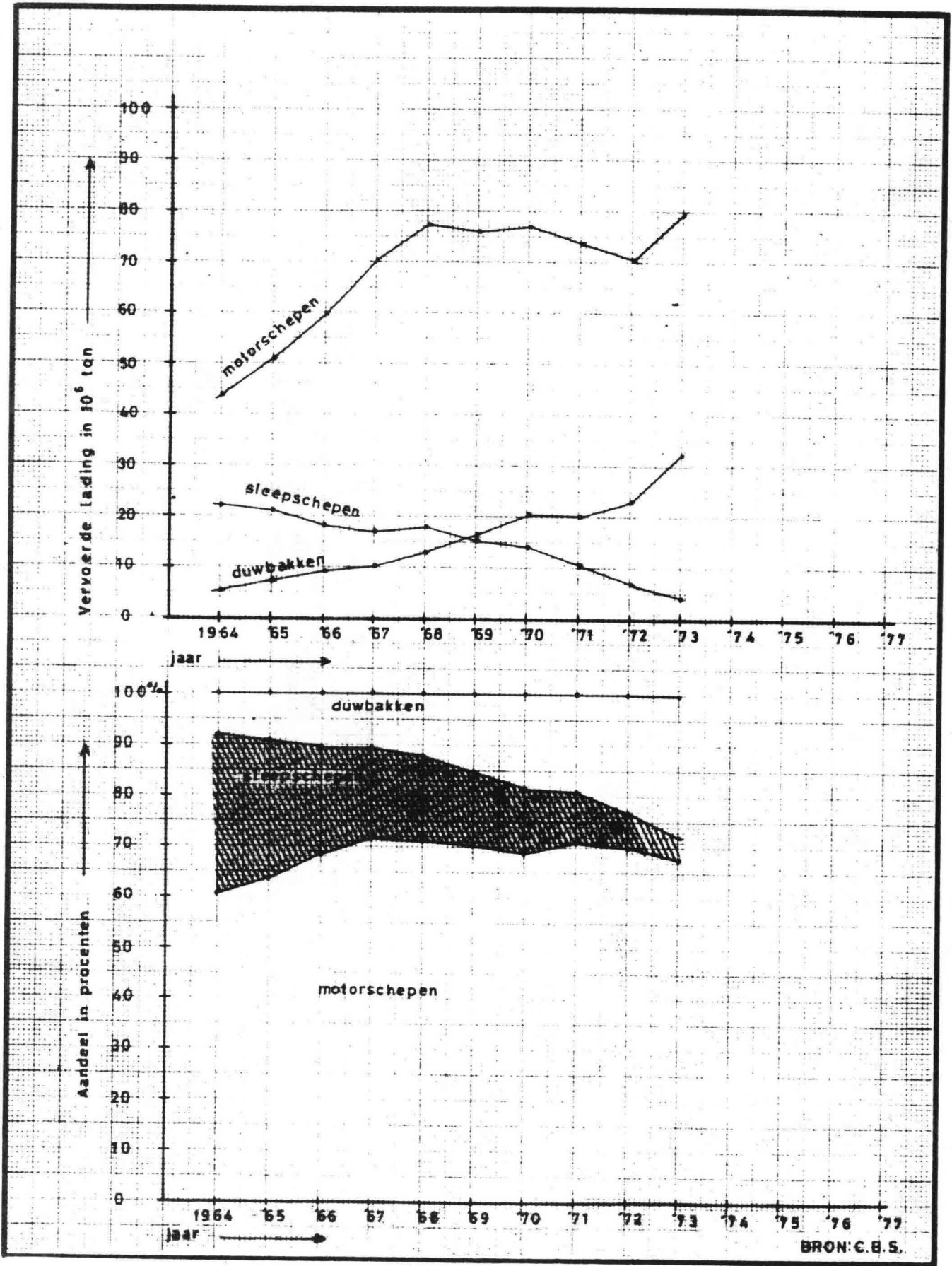
Tabel 2.1.7.5.

Gegevens tankers (draagvermogen < 70.000 DWT). Bron [8].

Naam	Bouw- jaar	DWT	BRT	NRT	l _{oa} (m)	l _{ll} (m)	b (m)	h (m)	d (m)	type aan- drijv.	P (PK)	aantal schroeven	v (kn)
Alcantara	1967	71.818	38.663	24.776	245,32	230,46	35,56	16,69	12,85	M	20.700	1	17,5
Evanthia	1966	79.781	38.339	28.603	239,12	232,01	38,05	17,81	13,49	M	20.700	1	-
Claudio R	1968	85.271	48.687	26.305	253,58	238,01	39,07	17,00	13,29	M	22.000	1	-
La Nina	1972	96.716	53.865	40.699	268,46	252,00	39,07	18,50	14,17	M	20.700	1	16,0
Golar Liz	1966	108.740	53.907	41.863	258,99	245,02	40,04	20,60	15,63	St	24.000	1	-
Cassiapee	1968	121.449	61.766	41.286	281,64	268,97	38,97	20,35	15,90	M	23.100	1	16,0
Fagenfjell	1974	128.255	65.062	49.496	263,71	252,38	40,85	22,20	16,75	M	23.900	1	16,3
Sea Breeze	1975	138.080	68.442	52.046	280,04	268,00	41,20	21,98	16,71	M	25.000	1	16,0
Alcarai	1971	150.761	80.824	57.305	288,04	272,02	45,57	22,51	17,20	M	26.600	1	16,0
Susuku Maru	1969	155.454	85.523	54.966	284,03	270,01	44,05	25,00	17,81	M	27.600	1	14,5
Nikko Maru	1969	164.627	93.547	63.749	305,70	302,01	44,25	24,49	16,99	M	30.900	1	15,8
Castillo de Lorca	1975	174.759	92.289	67.976	293,68	275,01	46,06	24,01	18,62	St	32.000	1	-
Honam Pearl	1974	186.512	83.815	66.117	314,99	301,99	44,25	24,49	18,91	M	30.900	1	15,5
Bergelius	1967	205.807	103.194	68.286	324,72	310,55	48,49	23,60	18,64	M	25.200	1	15,8
Murex	1968	212.150	104.806	76.748	325,33	310,55	47,22	24,52	18,98	St	28.000	1	15,0
Elisabeth. Kundsens	1970	219.655	107.426	82.795	327,01	313,70	48,27	25,23	19,59	St	28.000	1	15,5
Brooklyn	1973	229.727	103.907	90.858	333,66	322,03	43,82	27,74	21,44	St	50.000	1	17,5
Hoko Maru	1972	237.799	120.528	91.916	324,01	310,02	53,04	25,00	19,46	St	36.000	1	15,5
Esso Bonn	1974	256.692	126.192	99.621	347,81	329,22	51,87	25,61	20,05	St	31.550	1	15,5
Grand Brilliance	1975	268.254	118.215	100.268	338,62	320,00	53,65	26,40	20,40	St	32.000	1	15,0
Radny	1973	290.751	140.394	120.804	347,84	331,45	51,85	28,40	22,14	St	34.472	1	15,5
Universe Iran	1969	332.178	149.622	128.266	345,30	330,01	53,40	32,01	24,82	St	37.400	2	15,0
Jamada	1975	379.999	188.098	145.230	373,52	355,00	64,04	29,01	22,89	St	45.000	1	16,0
Globtik Tokyo	1973	483.684	238.232	184.190	378,88	359,98	62,06	36,00	28,20	St	45.000	1	15,0

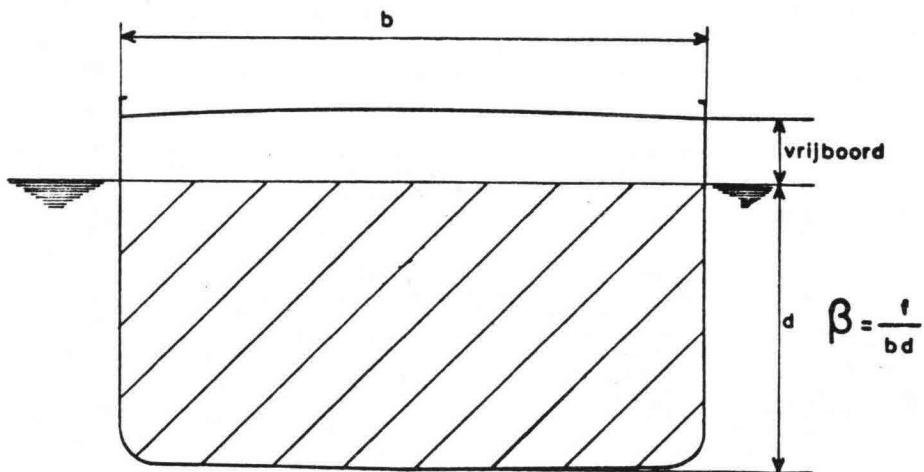
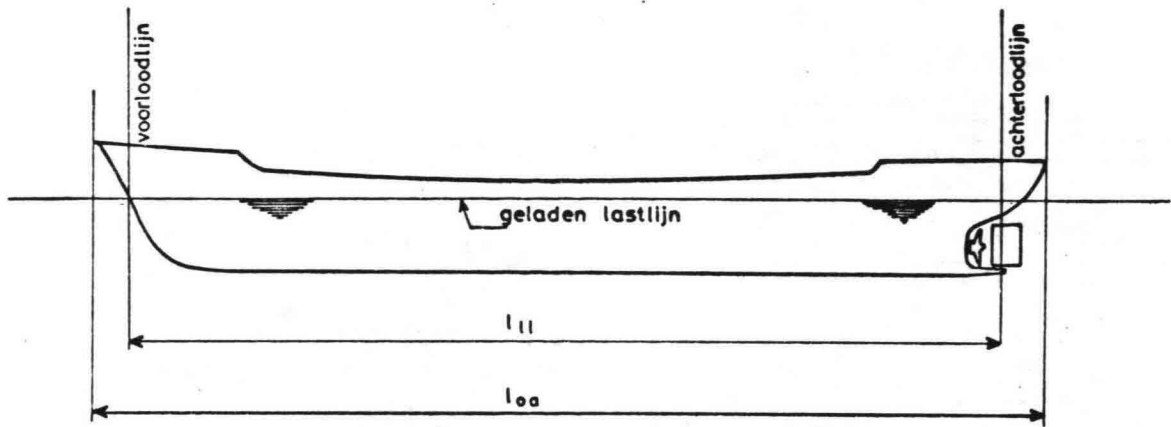
Tabel 2.1.7.6.

Gegevens tankers (draagvermogen > 70.000 DWT). Bron [8].

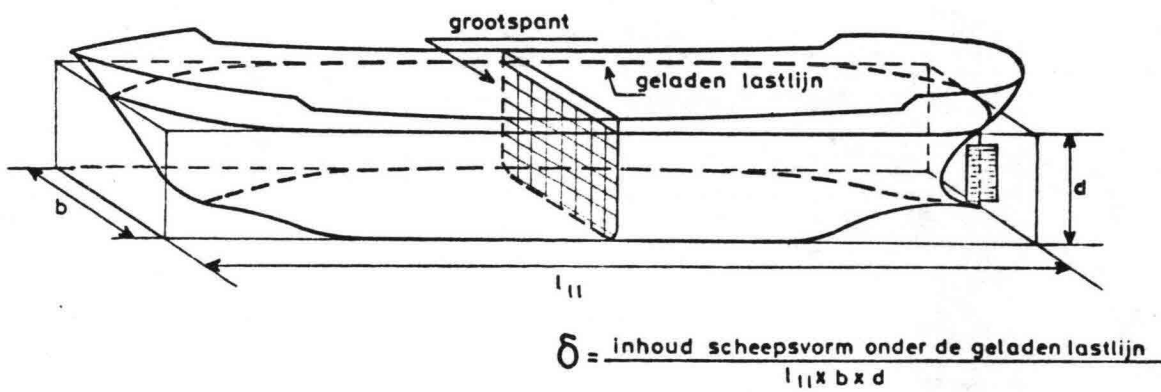


LADING VERVOERD MET MOTORSCHEPEN, DUWBAKKEN EN SLEEPSCHEPEN GEPASSEERD BIJ LOBITH IN DE PERIODE 1964-1973

Fig. 2.1.4.1.

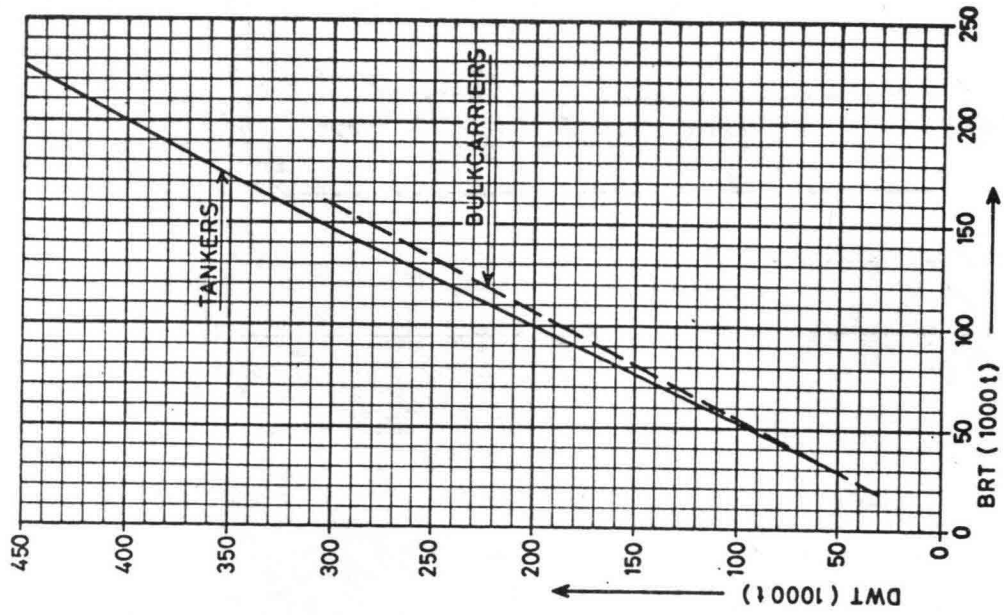


Grootspant (f : gearceerde oppervlak)

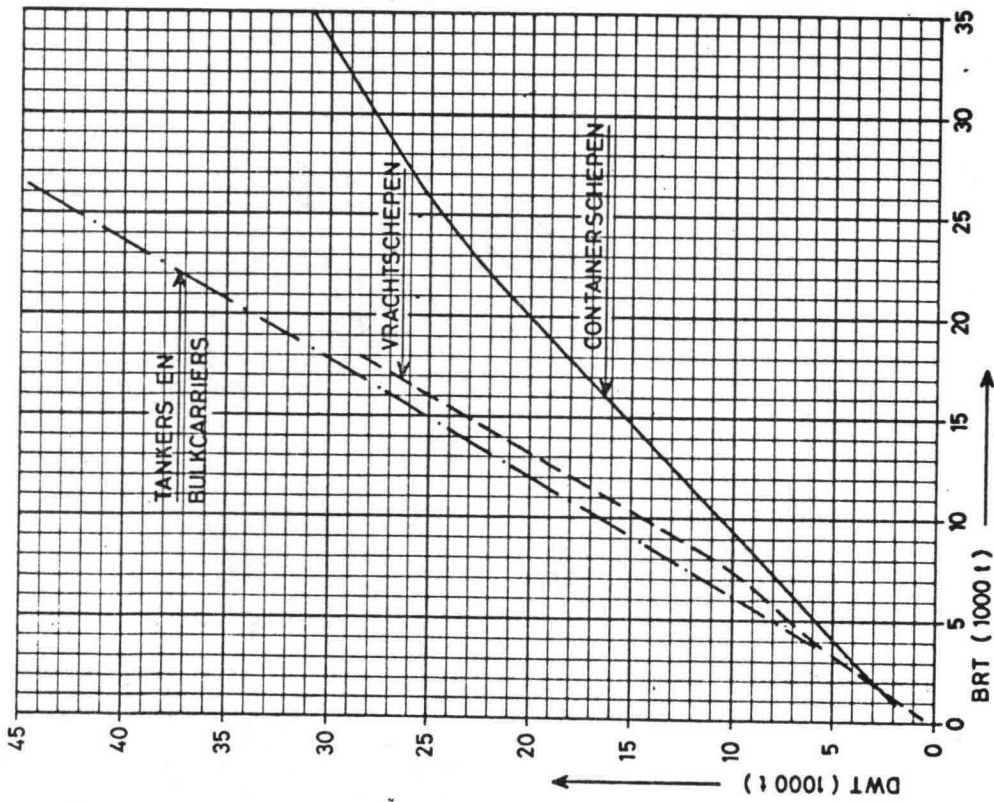


HOOFDAFMETINGEN VAN HET SCHIP

Figuur 2.1.6.1.



de Vries, 1978
Fig. 2.1.5.2.



BRT. versus DWT.

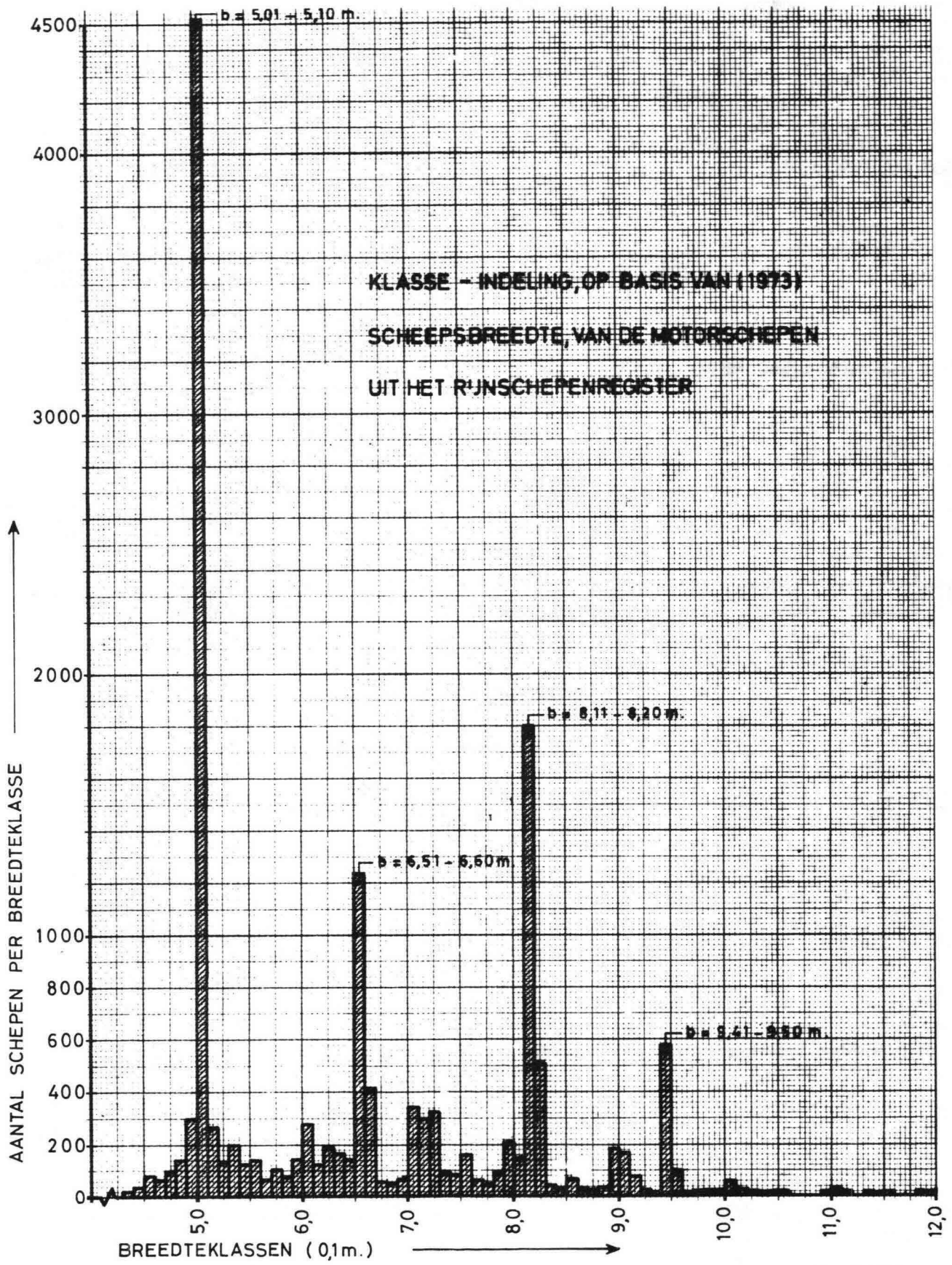
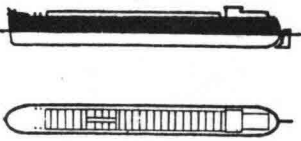

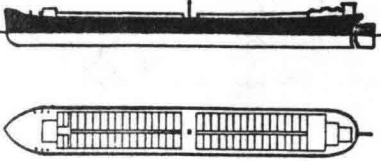

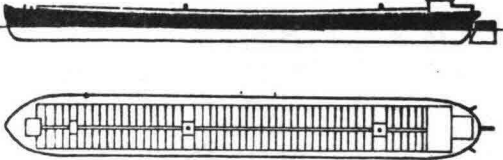

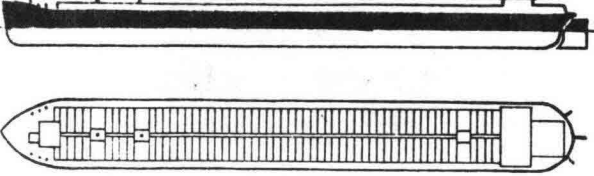

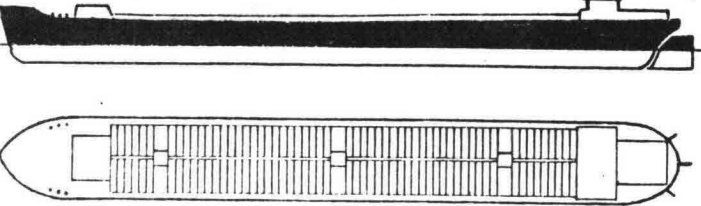

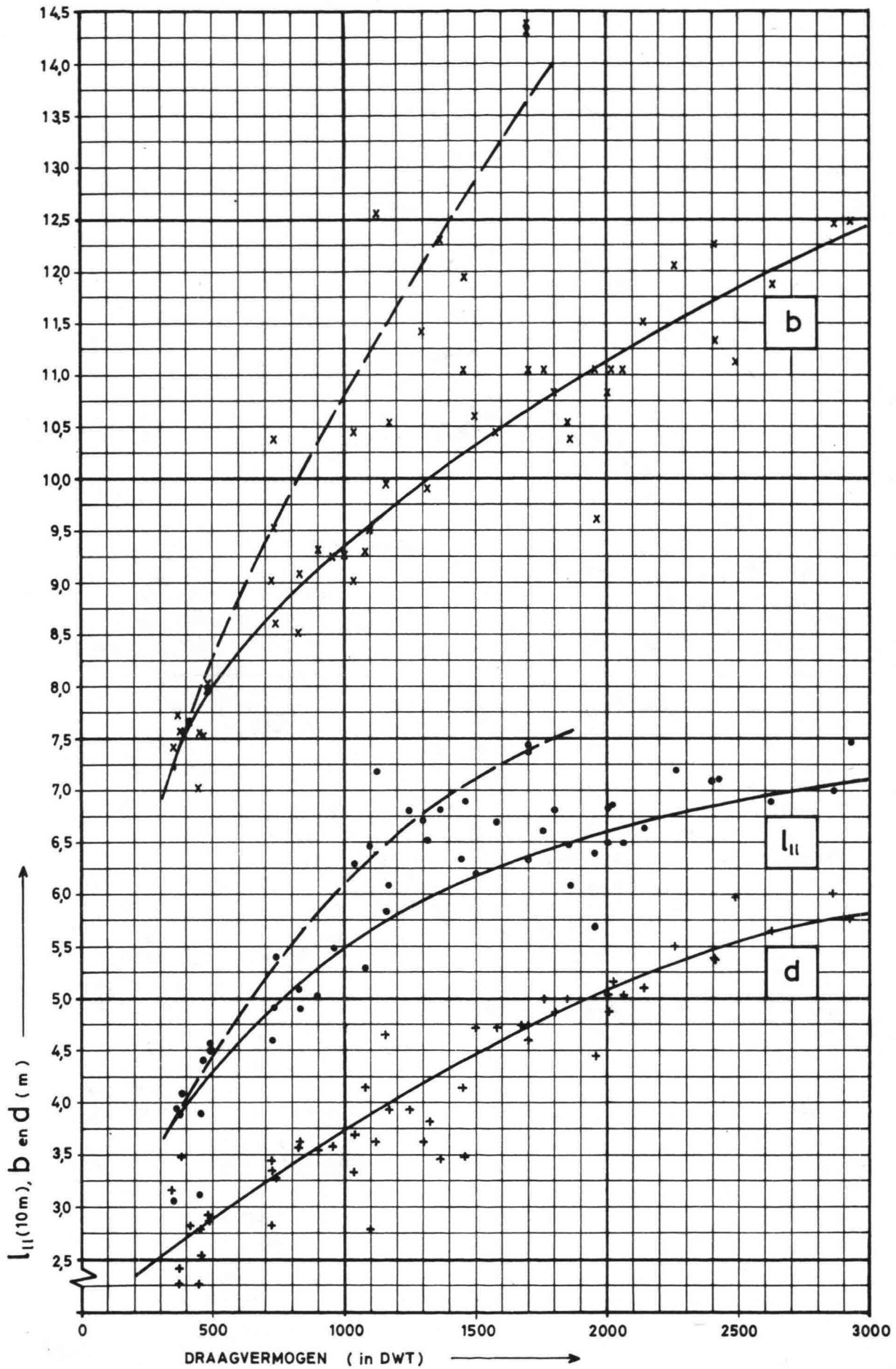


Fig. 2.1.7.1

MAATSCHEPEN EN HUN KARAKTERISTIEKE AFMETINGEN

		Afmetingen in meters			
		Lengte	Breedte	Diepgang (geladen)	Hoogte (ledig)
<p>Spits (300 ton)</p> 		38.50	5.00	2.20	3.55
<p>Kempenaar (600 ton)</p> 		50.00	6.60	2.50	4.20
<p>Dortmund-Eemskanaalschip (1000 ton)</p> 		67.00	8.20	2.50	3.95
<p>Rijn-Hernekanaalschip (1350 ton)</p> 		80.00	9.50	2.50	4.40
<p>Groot Rijn-schip (2000 ton en meer)</p> 		95.00	11.50	2.70	6.70



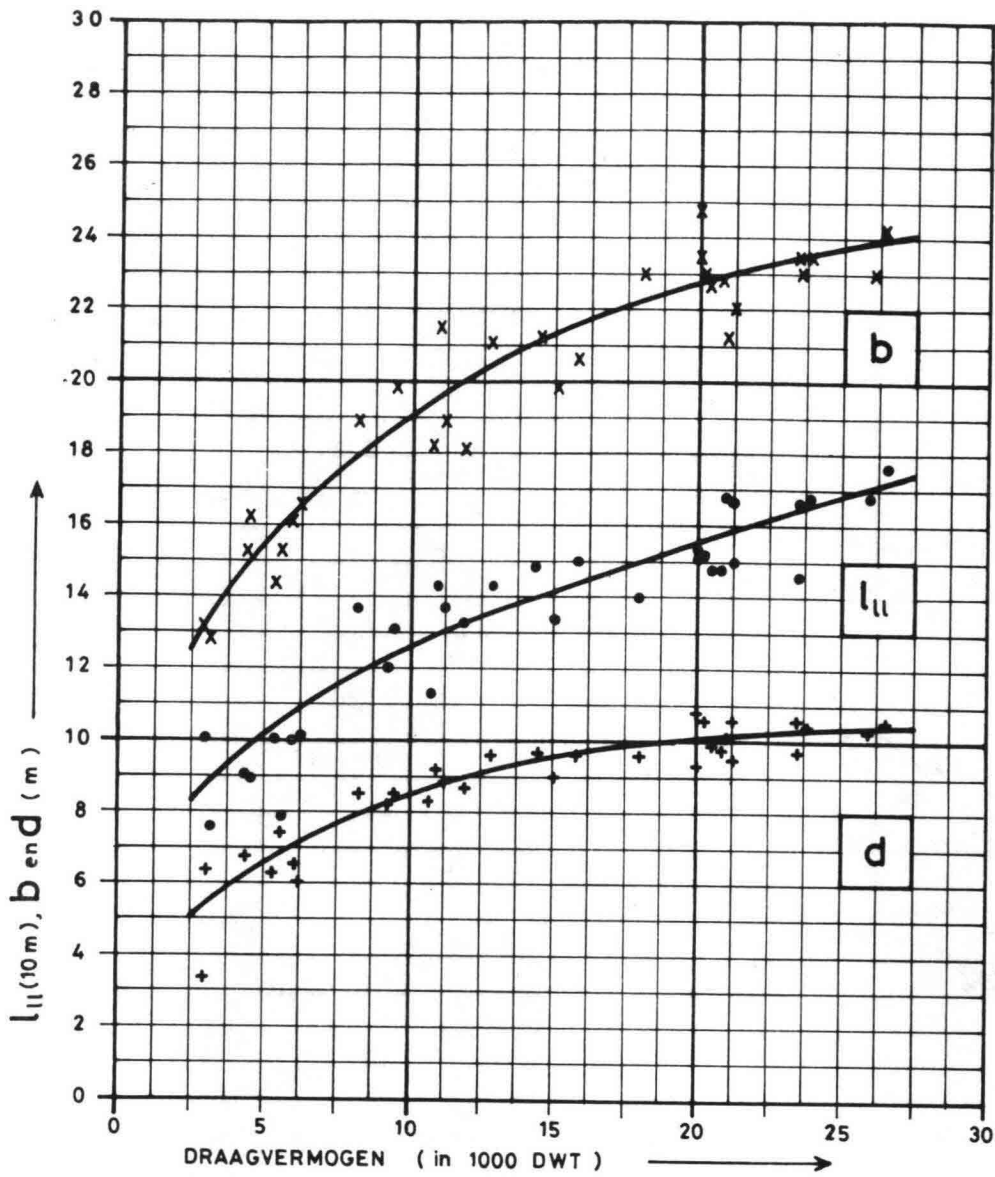
hoofdafmetingen:

KUSTVAARTUIGEN

(max. $l_{II} = 75 \text{ m.}$)

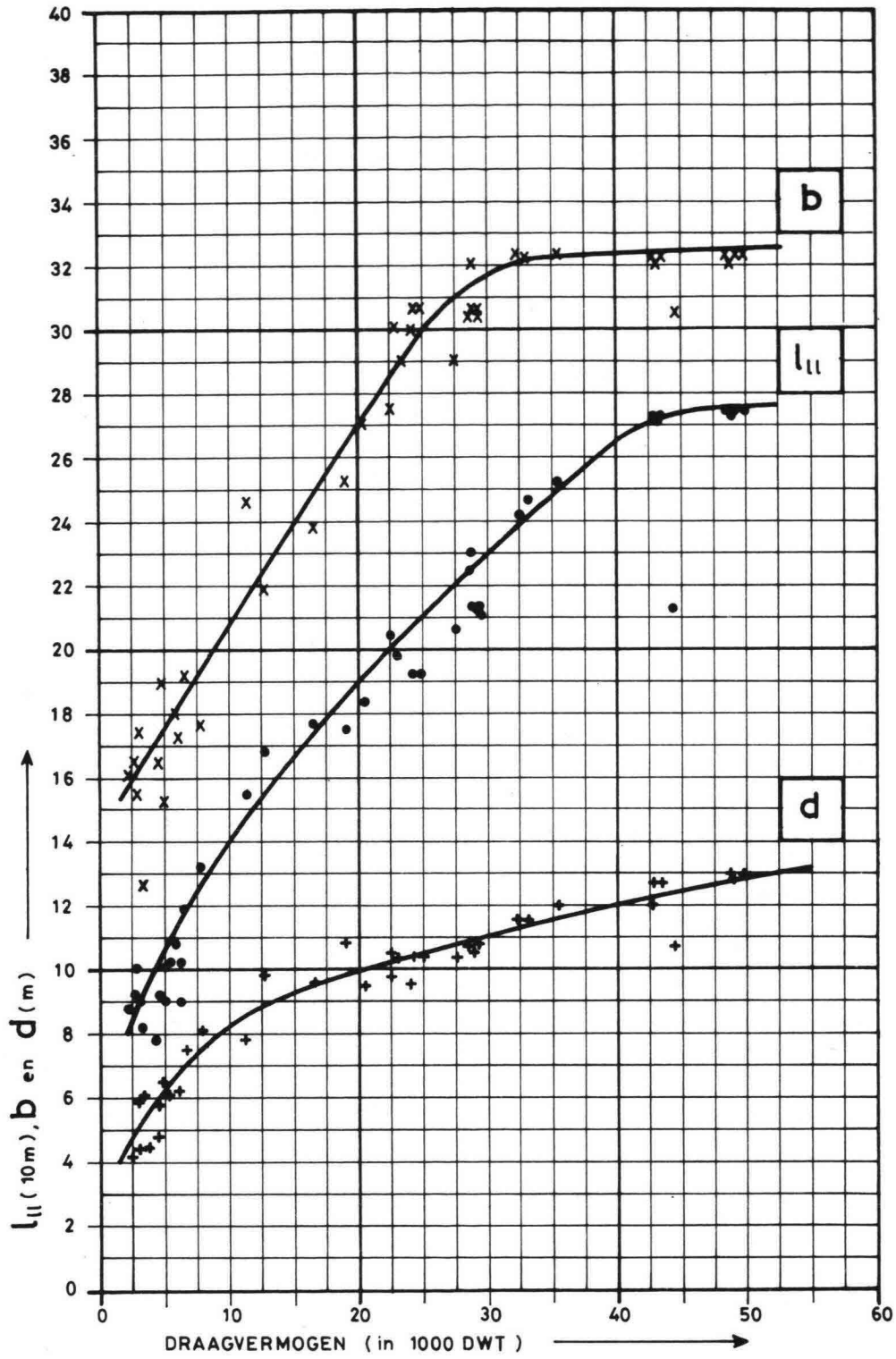
december 1976

Fig. 2.173.



hoofdafmetingen:
VRACHTSCHEPEN

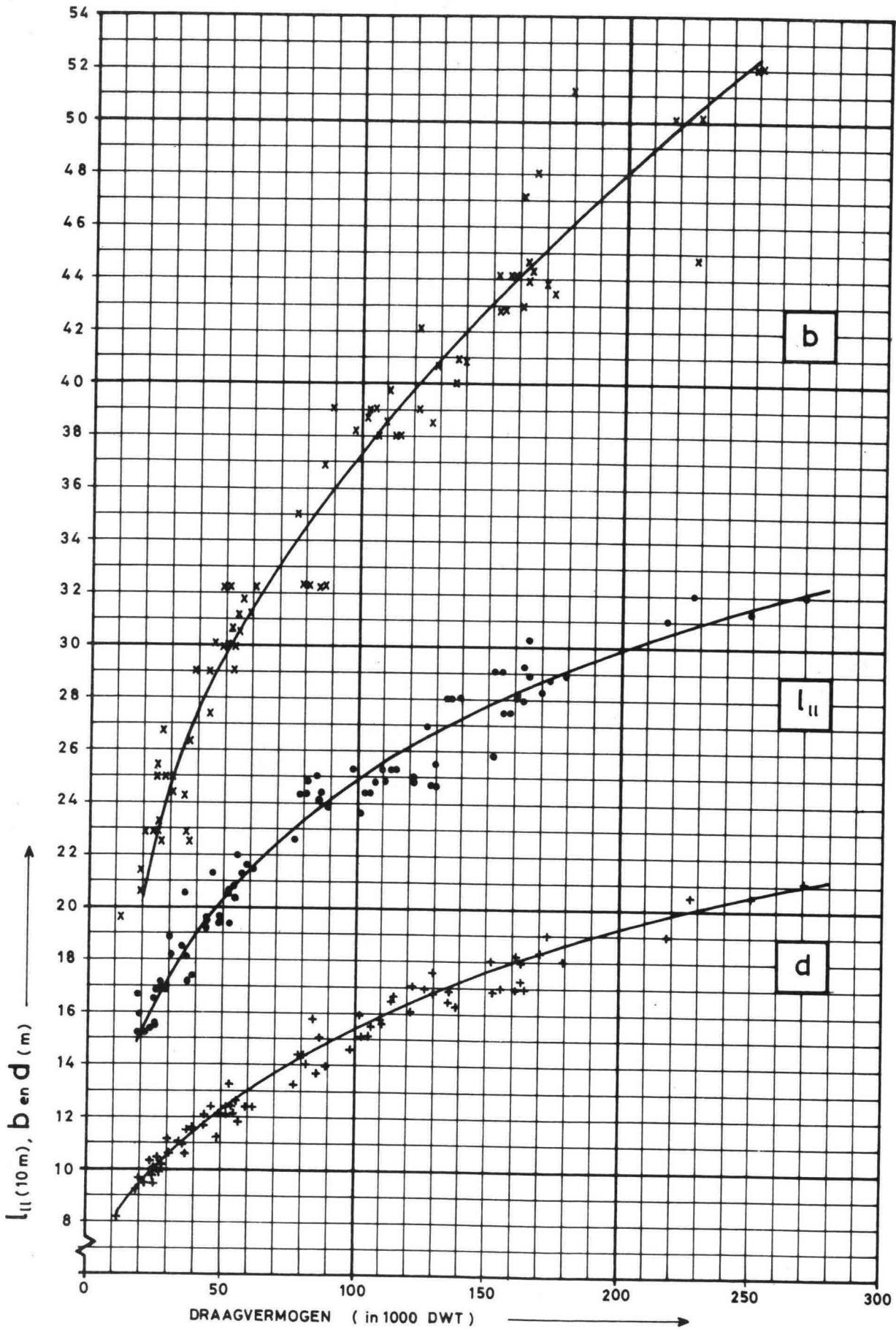
december 1976
 Fig. 2.1.74.



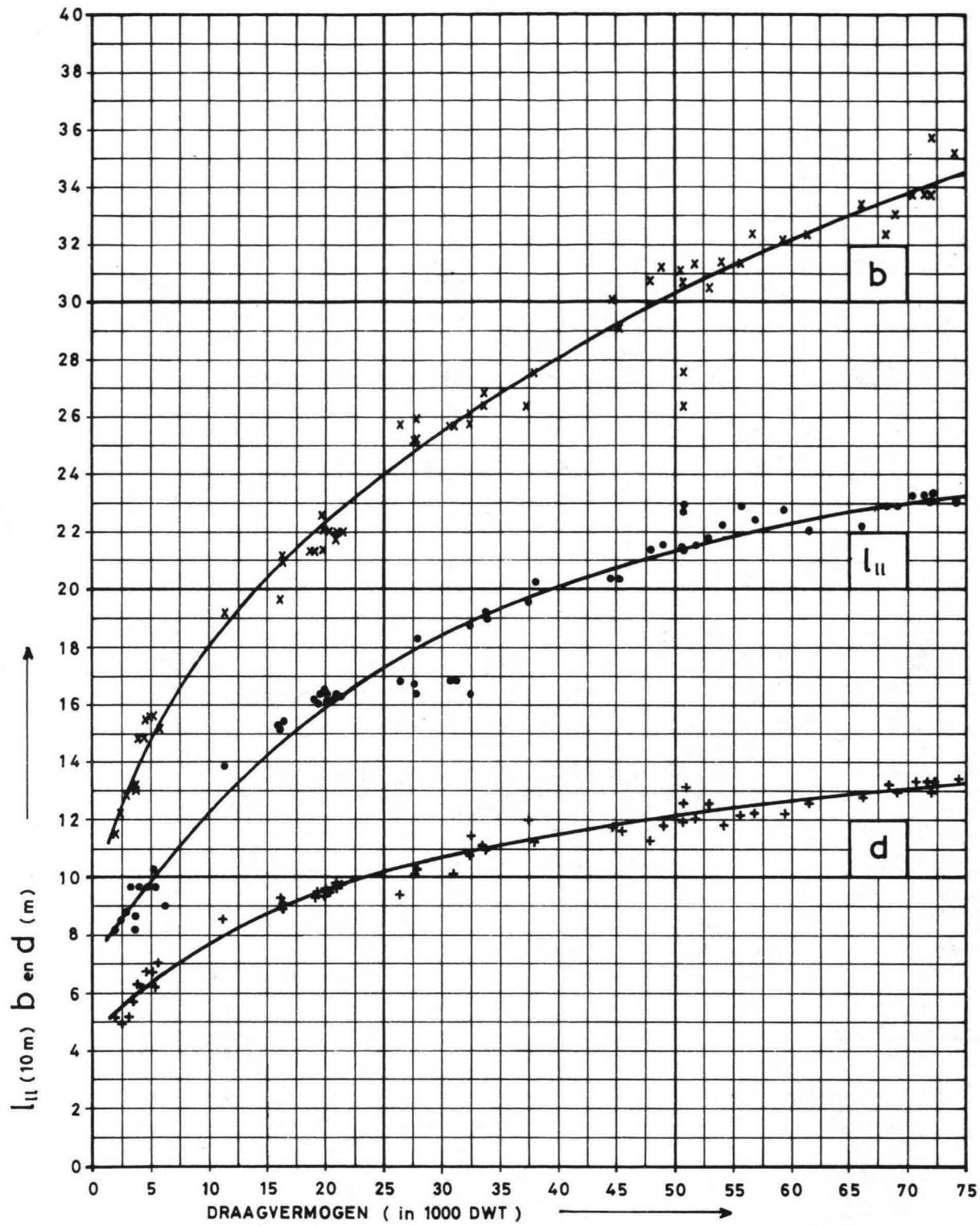
hoofdafmetingen:
CONTAINERSCHEPEN

december 1976

Fig. 2.1.7.5.



hoofdafmetingen:
BULKCARRIERS

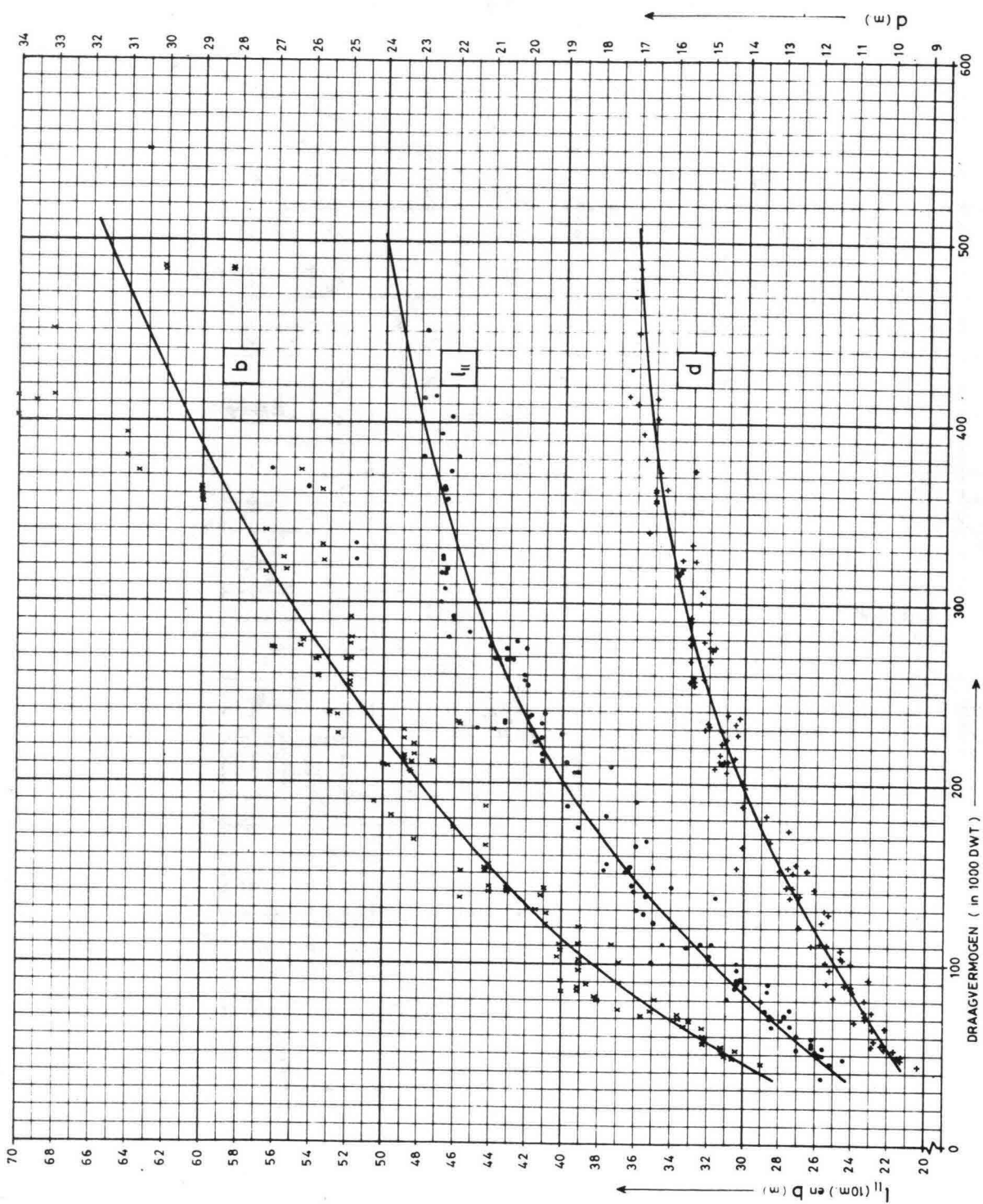


hoofdafmetingen:

TANKERS

december 1976

Fig. 2.1.7.7.



hoofdafmetingen: **TANKERS** (draagvermogen: > 40 000 DWT)

december 1976
Fig. 2.17.8

2.2. VAARWEGEN2.2.1. VAARWEGTYPEN

DE ZEE:

ver van de kust: onbeperkte breedte en diepte, deining en zeegang
 dicht bij de kust : beperkte breedte en diepte, deining en zeegang,
 horizontaal en vertikaal getij.

RIVIEREN:

vrije en geregulariseerde bovenrivieren, gekanaliseerde rivieren,
 benedenrivieren; zie o.a. [1].

KANALEN:

groot aantal soorten.

MEREN:

kunstmatige en natuurlijke meren.

Gegevens over Nederlandse vaarwegen: [3] en [8].

2.2.2. KLASSIFIKATIE VAN VAARWEGEN

ZEEVAARTWEGEN : GEEN KLASSIFIKATIE - DIEPGANGSAANDUIDING

BINNENVAARTWEGEN : CEMT-KLASSIFIKATIE (West-Europa)

gebaseerd op: LENGTE EN BREEDTE VAN GROOTSTE VAARTUIG DAT TOE-
 GELATEN WORDT.

DIEPGANG EN HOOGTE NIET BEPALEND

Internationaal : KLASSEN I t/m V

Nederland : EXTRA KLASSEN 0 EN VI

Gegevens klasse-indeling TABEL 2.2.2.1

Overzicht klasse-indeling in Nederland FIGUUR 2.2.2.1.

BINNENVAARTWEGEN : ECE-KLASSIFIKATIE (geheel Europa)

Gebaseerd op : LAADVERMOGENKLASSEN

Aantal : I t/m VI

Gegevens klasse-
 indeling : TABEL 2.2.2.2.

Toepassing : CBS-statistieken

2.2.3. "OPEN" EN "GESLOTEN" VAARWEGEN

- GESLOTEN : BEPERKTE DOORVAARTHOOGTE
- OPEN : in principe ONBEPERKTE DOORVAARTHOOGTE
in de praktijk OBSTAKELS 24 m OF HOGER (hefbruggen,
hoogspanningslijnen enz.)
Opmerking: 24 m ONVOLDOENDE in geval van ZEEVAARTUIGEN,
HOGE WERKVAARTUIGEN ENZ.
- SITUATIE : Open in kustprovincies (in het algemeen), gesloten - landinwaarts
gelegen vaarwegen.

2.2.4. VAARWEGENBEHEER

BEHEERDERS:

- VAARWEGEN : RIJK, PROVINCIES, GEMEENTEN, POLDERBESTUREN, HAVENSCHAPPEN
PARTICULIEREN.
- BRUGGEN : WEGBEHEERDER (inclusief NS)
- SCHEEPVAART-
RECHTEN : Op enkele niet Rijksvaarwegen
- REGLEMENTEN : . BINNENAANVARINGSREGLEMENT (tot 1965)
. VAARREGLEMENT (sinds 1965) [4]
. RIJNVAARTPOLITIETREGLEMENT 1970 [5]
. ALGEMEEN REGLEMENT VAN POLITIE [7]
. BIJZONDERE REGLEMENTEN VAN POLITIE [7]
. OVERIGE VERORDENINGEN [7]
. INTERNATIONALE BEPALINGEN TER VOORKOMING
VAN AANVARING OP ZEE [6]

Opmerking: uniformeringsactiviteiten door ECE-modelreglement: CEVNI

- BETONNING etc. : VAARWEGBEHEERDER of LOODSWEZEN
- TOEZICHT : . VAARWEGBEHEERDER (Havendiensten, sluispersoneel,
riviermeesters, enz.)
. RIJKSPOLITIE TE WATER - RIVIERPOLITIE
. RIJKS- EN GEMEENTEPOLITIE
. KORPS KONTROLEURS GEVAARLIJKE STOFFEN

2.2.5. NORMALISATIE VAN BINNENVAARTWEGEN IN EUROPEES VERBAND

Aspekten CEMT-ECE normen:

- . Alleen voor KLASSE IV (Europaschip: 80 x 9,5 x 2,5 m³)
- . Zowel WEST- ALS OOSTEUROPESE vaarwegen
- . MINIMUM MATEN (in de praktijk wordt naar boven afgeweken)

NORMEN voor KLASSE IV vaarwegenA. VAARWEG

- DIEPTE : 3,50 m
- BODEMBREEDTE : 28 m (op 3,50 m diepte)
- DWARSPROFIEL : Verhouding oppervlakten nat dwarsprofiel, ondergedompeld
grootspantoppervlak minimaal 5 ($F/f > 5$). Voor nieuwbouw
wordt aanbevolen $F/f > 7$.
- BOCHTSTRAAL (R): 800 m (= 10 x scheepslengte)
- OVERBREEDTE IN
BOCHT : $l^2/2R$ (l = scheepslengte)
- AANLEGPLAATSEN: Buiten de bodembreedte van 28 m.

B. SLUIZEN

- VOOR EUROPA-
SCHIP : (80 x 9,5 x 2,5 m³)
- SCHUTLENGTE : 85 m
- WIJDTE : 12 m
- DREMPELDIEPTE : 3,50 m

Voor slepen en duweenheden gelden afwijkende maten.

C. BRUGGEN

- DOORVAART-
WIJDTE : Tenminste 28 m; pijlers mogen geen merkbare vernauwing
van het dwarsprofiel veroorzaken.
- VRIJE DOOR-
VAARTHOOGTE : Tenminste 5,25 m boven de hoogste waterstand waarbij nog
gevaren wordt.

D. KABELS OVER DE WEG

Vrije hoogte boven de hoogste waterstand waarbij nog gevaren kan worden:

- LAAGSPANNINGSKABELS : 16,50 m
- HOOGSPANNINGSKABELS TOT 110 kV : 19,00 m
- BOVEN 110 kV : 19,00 m + 1 cm per meerder kV

OPMERKING:

1. In veel gevallen wordt naar boven toe van de normen afgeweken.
2. Bij groot aantal bestaande klasse-IV vaarwegen wordt aan de normen niet voldaan.

2.2.6. LITERATUUR

- [1] Kollegediktaat Verkeerswaterbouwkunde, deel B
Voorlopige uitgave, december 1969.

- [2] Ontwerp-vaarwegennota
Werkgroep Vaarwegennota
Hoofddirectie van de Waterstaat; 's-Gravenhage 1975.

- [3] Wegwijzer voor de binnenscheepvaart, verbeterde 5^e druk
Rijkswaterstraat, Dienst Verkeerskunde, Bureau Binnenscheepvaart,
's-Gravenhage

- [4] Stadhouders P.A.I., Vaarreglement
Born N.V. Amsterdam, Assen 1971

- [5] Rijnvaartpolitierglement 1970

- [6] Internationale bepalingen ter voorkoming van aanvaring op zee
Staatsblad 48, 1972.

- [7] Salomons, K. Reglementen Binnenvaart (4 delen)
Born N.V., Amsterdam, Assen, 1969.

- [8] Kley, J. v.d.
Vaarwegen in Nederland, Assen 1967

- [9] Der Rhein und die Mosel. Edition de la Navigation du Rhin.
Straatsburg 1973.

Tijdschriften met veel informatie over de aanleg en inrichting van vaarwegen:

- [10] Zeitschrift für Binnenschiffahrt und Wasserstrassen,
Duits (1 x per maand)

- [11] Revue de la Navigation fluviale Européenne,
Frans (2 x per maand)

- [12] Proceedings American Soc. of Civil Engineers
Journal of Waterways and Harbors Division
(Amerikaans 1 x per maand)

- [13] Spectator van Waterstaatswerken
(Ned. 1 x per maand)

Vaarweg- klasse	Standaardschepen, waarop de klasse-indeling is gebaseerd						
	Type	Lengte (m)	Breedte (m)	Diep- gang (gel.) (m)	Hoogte ledig schip (kruip- hoogte) (m)	Laad- ver- mogen (tonnen van 1000 kg)	Vaarweg- lengte (km)
0	Kleinere vaartuigen		variërend			ca. 80-300	989,5
I	Spits	38,50	5,00	2,20	3,55	300	450,4
II	Kempenaar	50,00	6,60	2,50	4,20	600	821,1
III	Dortmund- Eemskanaal- schip	67,00	8,20	2,50	3,95	1000	158,3
IV	Rijn-Herne- kanaalschip (Europaschip)	80,00	9,50	2,50	4,40	1350	597,6
V	Groot Rijn- schip	95,00	11,50	2,70	6,70	2000	867,4
VI	Duwstel	185,00	22,80	3,30	8,75	9000	476,2

Tabel 2.2.2.1.

KLASSE-INDELING en LENGTE Nederlandse vaarwegen naar de toestand op 30 sept. 1975
ontleend aan [2].

Laadvermogen in tonnen van 1000 kg	250- <400	400- <650	650- <1000	1000- <1500	1500- <3000	3000 en meer
Klasse	I	II	III	IV	V	VI

Tabel 2.2.2.2.

ECE-KLASSIFIKATIE
ontleend aan [2].

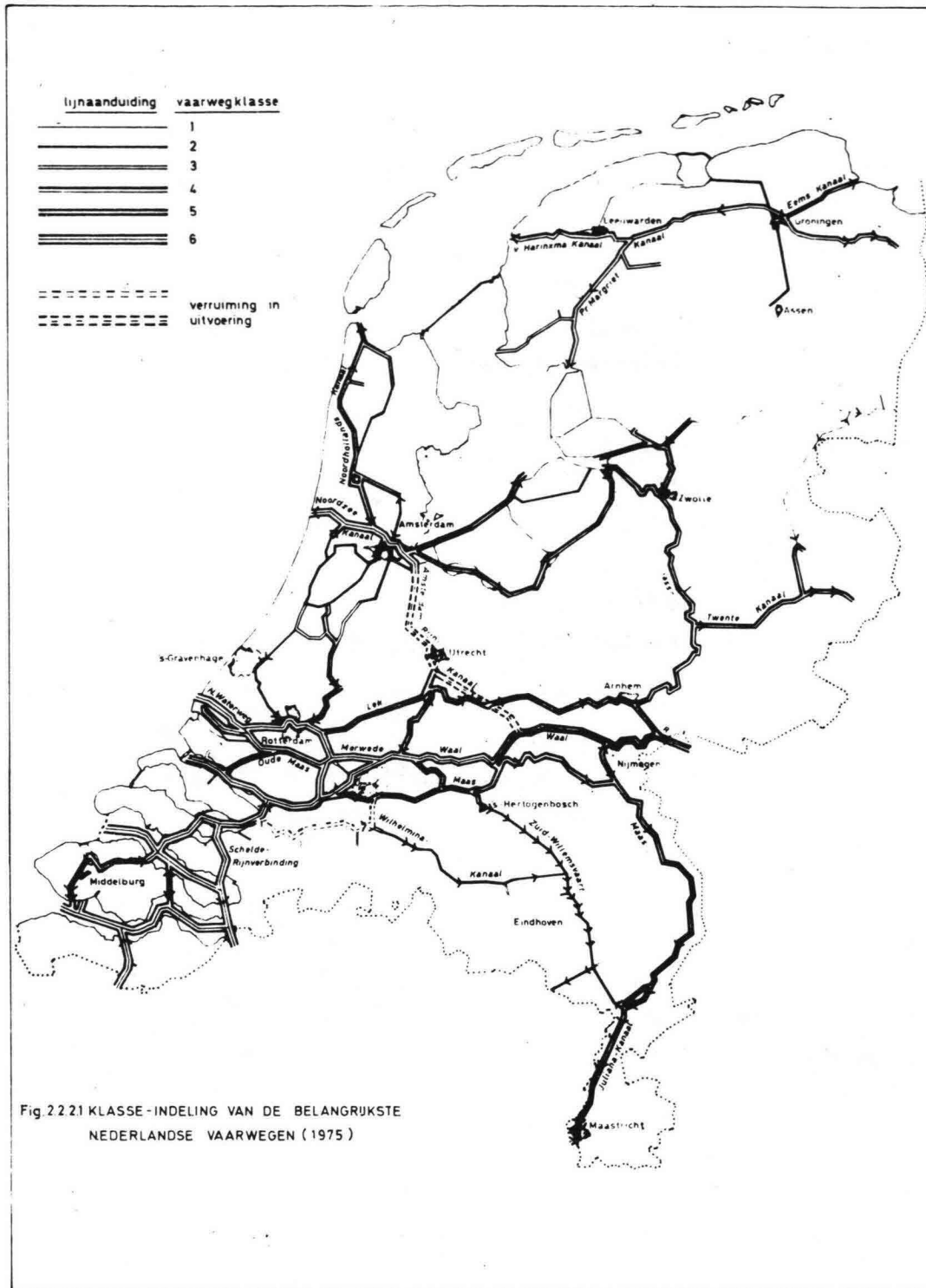


Fig. 2221 KLASSE-INDELING VAN DE BELANGRIJKSTE NEDERLANDSE VAARWEGEN (1975)

2.3. VAARWEGGEBRUIKERS

BINNENVAART:

BEROEPSSCHIPPER - VRIJE-TIJDSSCHIPPER

PARTIKULIERE SCHIPPER - REDERIJSCHIPPER

VERVOERDER - VERLADER

OPLEIDING: VAARBEWIJS niet vereist (in discussie)

RIJNSCHIPPERSPATENT

RADARDIPLOMA

SCHIPPERSDIPLOMA'S

ZEEVAART:

voornamelijk REDERIJVAART

VERVOERDER - VERLADER

NAVIGATIE - MACHINEKAMER

OPLEIDING: DIPLOMA'S G.H.V. en K.H.V.

MARCONISTEN DIPLOMA'S

DIPLOMA'S WERKTUIGKUNDIGEN

Opmerking: 1. Op beperkt water BELOODSING

(LOODS = ADVISEUR)

2. BINNENSCHIPPERS en LOODSEN worden dikwijls ingeschakeld
bij scheepvaartverkeerskundig onderzoek

3. PROGNOSES EN SCHEEPVAARTAFWIKKELINGSKARAKTERISTIEKEN

3.1. INLEIDING

Prognoses worden opgesteld ter bepaling van:

- A. BETEKENIS VAN VAARWEG (ONDERDEEL) IN DE TOEKOMST
- B. TOEKOMSTIGE KNELPUNTEN
- C. DE MAATGEVENDE (ONTWERP) FAKTOREN VOOR VAARWEG OF VAARWEGONDERDEEL

Een volledige prognose omvat het onderzoek naar:

- . ONTWIKKELING VAN HET GOEDERENVERVOER TE WATER
- . DE OMVANG VAN HET SCHEEPVAARTVERKEER
- . DE SAMENSTELLING VAN HET VERKEER
- . DE MAATGEVENDE SCHEEPVAARTINTENSITEIT
- . HET BASISINTENSITEITSPATROON

De van belang zijnde verkeerssoorten zijn:

1. GOEDEREN VERVOERENDE SCHEEPVAART (betalende lading)
2. OVERIGE BEROEPSVAART (inclusief betalende passagiers)
3. DE PLEZIERVAART

Voor prognoses is ontwikkeling in het verleden van belang; zie hiervoor de statistische literatuur [1] t/m [21].

In principe 3 prognosemethoden:

1. TRENDEXTRAPOLATIES (in zuivere vorm onbevredigend)
2. STRATEGISCHE MODELLEN (moeilijk en tijdrovend)
3. MENGVORMEN VAN 1 EN 2.

3.2. ONTWIKKELING VAN HET GOEDERENVERVOER

Meest geavanceerde methode: Toepassing STRATEGISCHE MODELLEN.

Door NVI (in opdracht van RWS) is strategisch model ontwikkeld voor de binnenvaart.

Uitgangspunten:

1. OMVANG EN AARD ECONOMISCHE AKTIVITEITEN (PRODUKTIE EN CONSUMPTIE)
2. GEOGRAFISCHE SPREIDING VAN PRODUKTIE- EN CONSUMPTIEHUISHOUDINGEN

Ad 1.

- a. Toepassing van demografische en economische basisgrootheden (z.g. exogene variabelen):

- DEMOGRAFISCHE variabelen
- MACRO-ECONOMISCHE variabelen
- Variabelen betreffende de BOUWSEKTOR, LANDBOUWSEKTOR EN ENERGIESEKTOR
- STAALPRODUKTIE IN DUITSLAND.

Exogene variabelen NVI-prognose: tabel 3.2.1.

- b. Onderscheid tussen 4 categorieën goederenvervoer.
- | | |
|--|---------------------|
| A. ZUIVER BINNENLANDS VERVOER | - 1 prognosemodel |
| B. IN- EN UITVOER (over zee en landinwaarts) | - } |
| C. DOORVOER MET OVERLADING (van of naar zee) | - } 1 prognosemodel |
| D. DOORVOER ZONDER OVERLADING | - 1 prognosemodel |

Ad 2.

- . Nederland onderverdeeld in POOLGEBIEDEN (herkomst en bestemmingsgebieden).
- . Relaties met het buitenland m.b.v. grenspostpolen.

Het strategisch model bestaat uit een serie modellen:

- . PRODUKTIE- EN ATTRAKTIEMODEL (raming per poolgebied)
- . DISTRIEBUTIEMODEL (relaties per goederengroep)
- . MODALSPLITMODEL (verdeling over vervoerstechnieken)
- . VERKEERSPRODUKTIEMODEL (vertaling van goederen naar schepen)
- . VERKEERSTOEDELINGSMODEL (belasting vaarwegennet)

Samenvatting prognoseresultaten modalsplitmodel voor 1985 per goederengroep en per vervoerscategorie A in tabel 3.2.2., B + C in de tabellen 3.2.3 en 3.2.4 en D in tabel 3.2.5.

Voor verdere prognoseresultaten zie [22] of [23].

De VERKEERSPRODUKTIE wordt behandeld in de paragrafen 3.3. en 3.4.
De VERKEERSTOEDELING wordt aan het eind van dit kollege behandeld.

Voor prognoses uit andere studies zie b.v. [24], vooral van belang voor de zeevaart.

TRENDEXTRAPOLATIES PLUS STRATEGISCHE ELEMENTEN

Toepassing bij prognose voor een vaarweg (onderdeel)
Uitgaan van BESTAANDE PROGNOSES VOOR HET VERVOER TE WATER,
Ingewikkeldheid wordt bepaald door de mate van uitsplitsing in
VERVOERSKATEGORIEËN, VERVOERSRELATIES EN GOEDERENGROEPEN.

Voorbeelden:

I TOTALE GOEDERENVERVOER

1. Ontwikkeling vervoerd gewicht in verleden
2. Relateren 1 aan landelijke ontwikkeling (verhoudingsgetal)
3. Prognose opstellen m.b.v. 2 op basis landelijke prognose.

II UITSPLITSING IN VERVOERSKATEGORIEËN

1. Ontwikkeling vervoerd gewicht per categorie (A, B, C of D)
2. Relateren 1 aan landelijke ontwikkeling per categorie
3. Als I-3.

III UITBREIDING VAN II MET GOEDERENSOORTEN

1. Als II-1
2. Uitsplitsing naar goederengroepen
3. Relateren 2 aan landelijke ontwikkeling
4. Prognose per goederengroep per categorie op basis landelijke prognose.

IV TOTALE GOEDERENVERVOER PER VERVOERSRELATIE

1. Herkomst en bestemming goederen
2. Ontwikkeling vervoerd gewicht per relatie
3. Relateren belangrijkste vervoersrelaties aan landelijke ontwikkeling per vervoerscategorie
4. Prognose per relatie m.b.v. 3 op basis van landelijke ontwikkeling.

V UITBREIDING IV MET GOEDERENSOORTEN

Alleen belangrijkste relaties en goederensoorten in beschouwing nemen

Toepassing hiervoor genoemde methoden afhankelijk van:

- . BESCHIKBAARHEID GEGEVENS
- . BESCHIKBARE TIJD

Opmerking: Indien op een vervoersrelatie meer routes beschikbaar zijn, is een bepaling (schatting of berekening) van de routekeuze noodzakelijk.

3.3. PROGNOSE VAN DE VERKEERSOMVANG OP BASIS VAN HET VOORSPELDE

GOEDERENVERVOER

Bij de vertaling van goederen naar schepen zijn, afhankelijk van gegevens over de goederensoorten, vervoersrelaties, vaarwegen enz., de volgende elementen van belang.

1. ONDERVERDELING VAN GOEDEREN NAAR SCHEEPSKATEGORIEËN

- Zeevaart : tankvaart, bulk, stukgoed, containers enz.
 Binnenvaart : massaliteit per relatie i.v.m. duwvaart.

2. BELADINGSGRAAD VAN DE GELADEN SCHEPEN (β)

$$\beta = \frac{\text{gewicht lading per schip (eventueel per categorie)}}{\text{laadvermogen van het schip}}$$

Invloedsfactoren:

- A. DIEPGANG VERSUS WATERDIEPTE
 B. DE PARTIJ- OF VERZENDGROOTTE
 C. GEDEELTELIJKE LADING EN LOSSING (voornamelijk zeevaart)

Ad A. zie figuur 3.3.1.

3. AANDEEL VAN DE LEEGVAART (beladingstoestand van de vloot)

Er is veelal sprake van EENRICHTINGSVERVOER. RETOURVAART LEEG (binnenvaart) of IN BALLAST (zeevaart).

Binnenvaart in Nederland:

- . gemiddeld 60% van de schepen en 50% van het laadvermogen geladen
- . dikwijls vaart in de ene richting overwegend geladen in de andere ongeladen
- . komplicerende faktor: driehoeksverkeer.

Uit 2 en 3 volgt totaal benodigd laadvermogen om het voorspelde te vervoeren gewicht te kunnen verwerken.

4. GEMIDDELD LAAD- OF DRAAGVERMOGEN PER SCHIP

Aantal scheepvaartbewegingen per tijdseenheid = totale laadvermogen (of draagvermogen) gedeeld door het gemiddelde per schip.

De huidige gemiddelden kunnen worden ontleend aan de verkeersstatistieken. Voor prognose rekening houden met toekomstige ontwikkeling.

Schaalvergroting wordt in de hand gewerkt door:

- . BEHOEFTE AAN GROTERE PARTIJEN
- . DRUKKEN VAN DE VERVOERSKOSTEN
- . MAATREGELEN OVERHEID
- . TOEGANKELIJKHEID VAN HAVENS EN VAARWEGEN
- . BESCHIKBARE LOS- EN LAADINSTALLATIES EN OPSLAGRUIMTEN

SAMENVATTING

- . Een GLOBALE INDELING VAN GOEDEREN NAAR SCHEEPSKATEGORIEËN is nodig om enig idee te krijgen van de verkeerssamenstelling, de invloed van de waterdiepte op de beladingsgraad, de leegvaart enz.
- . M.b.v. de BELADINGSGRAAD VAN DE GELADEN SCHEPEN, eventueel per (globale) categorie, kan het benodigde laadvermogen worden bepaald
- . De BELADINGSTOESTAND VAN DE VLOOT levert het totaal benodigde laadvermogen (te berekenen per richting)
- . M.b.v. het GEMIDDELDE LAADVERMOGEN wordt vervolgens het aantal SCHEEPSBEWEGINGEN berekend.

3.4. SAMENSTELLING VAN HET VERKEER

Met het oog op berekeningen kan de vloot op twee manieren in categorieën worden onderverdeeld:

A. INDELING IN VOOR DE PROBLEMATIEK RELEVANTE VAARTUIGTYPEN

Indeling op basis van vaartuigeigenschappen (zie ook hoofdstuk

2.1.) b.v.:

- . Vaarsnelheid
- . Vereiste (relatieve) vaarstrookbreedte
- . Windgevoeligheid
- . Manoeuvrerbaarheid

B. INDELING IN GROOTTEKLASSEN

BINNENVAART:

Indeling van de ladingvervoerende binnenvloot in LAADVERMOGENKLASSEN; per klasse een STANDAARDSCHIP. Voor gegevens zie TABEL 3.4.1 en FIGUUR 3.4.1.

Experimenteel is vastgesteld een functioneel verband tussen HET GEMIDDELD LAADVERMOGEN PER SCHIP (\bar{T}) EN DE FREKWENTIEVERDELING VAN LAADVERMOGENKLASSEN (zie FIGUUR 3.4.2.).

- . geldt voornamelijk voor doorgaande vaarwegen
- . correcties nodig afhankelijk van de vaarwegklasse

Nadere uitwerking in TABELLEN 3.4.2. en 3.4.3. uit [25].
Voor elke vlootsamenstelling geldt:

$$\bar{T} = \sum p_s T_s \quad (1)$$

T_s = laadvermogen standaardschip klasse s

p_s = aandeel van klasse s in totaal aantal schepen

In veel gevallen is de standaardindeling onvoldoende en moet een verdergaande indeling worden toegepast. Voorbeeld ontleend aan verkeersafwikkelingsstudies voor de Waal in TABEL 3.4.4. Elke categorie moet in zo'n geval worden gemotiveerd.

Voor gegevens over de verkeerssamenstelling op de grote rivieren zie [26].

Recept prognose:

- . INDELING BINNENVLOOT (b.v. op basis telgegevens) IN KATEGORIEËN.
 - . BESTUDEREN ONTWIKKELING VAN ELKE KATEGORIE
 - . NAGAAN ONTWIKKELING VAN \bar{T} (VOOR LADINGVERVOERENDE SCHEPEN)
 - . VASTSTELLEN TOEKOMSTIGE \bar{T} EN TOEKOMSTIG AANDEEL "LADINGKATEGORIEËN"
 - . NAGAAN OF (1) KLOPT - ZO NIET KORREKTIE NODIG
 - . VASTSTELLEN AANDEEL OVERIGE (NIET LADING) KATEGORIEËN
- (zie o.a. 3.5 en 3.6).

Er is geen STANDAARDINDELING van ZEESCHEPEN te geven. Deze dient van geval tot geval te worden bekeken. Voorwaarden voor goede indeling:

- . INDELING OP BASIS VAN DWT
- . PER KATEGORIE MOET REPRESENTATIEF STANDAARDSCHIP KUNNEN WORDEN GEKOZEN
- . ELKE KLASSE MOET, STATISTISCH GEZIEN, BEHOORLIJK GEVULD KUNNEN WORDEN

Voorbeeld categorieën-indeling: zie TABEL 3.4.5.

3.5. PROGNOSE VERKEERSOMVANG RESTERENDE BEROEPSVAART

RESTERENDE BEROEPSVAART = PASSAGIERSSCHEPEN + VAARTUIGEN MET BIJZONDERE TAAK.

Meestal omvat de resterende beroepsvaart niet meer dan enkele procenten van het totaal. Daarom kan volstaan worden met eenvoudige TRENDXTRAPOLATIES. Rekening houden met uitzondering i.v.m.

- . KARAKTERISTIEKEN van het vaarwegonderdeel
(Baanhoekbrug - casco, Willemsverbinding - "hoge" vaart).
- . LIGGING VAN HET vaarwegonderdeel
(Koopvaardersschutsluis, den Helder - bevoorradingsschepen, Sluis Stellendam - vissersvaartuigen).

VOOR PROGNOSES ZIJN GEEN ALGEMENE RICHTLIJNEN TE GEVEN.

3.6. PROGNOSE VAN DE PLEZIERVAART

Pleziervaart in Nederland geeft stormachtige ontwikkeling te zien.

Toeneming BOTENBEZIT : ca. 9% per jaar

Gegevens ANWB : 1967 - 70.000 vaartuigen
1974 - 125.000 vaartuigen

PROGNOSE BOTENBEZIT [27].

- . ANWB - 300.000 VAARTUIGEN (max. voor Nederland)
- . CRM - 300.000 VAARTUIGEN in 2000 (1 OP 50 INWONERS)

INTENSITEIT GROEIT SNELLER DAN HET BOTENBEZIT (jaarlijkse groei 10 tot 30 à 40%).

Er zijn typische groeigebieden en gebieden die verzadigd raken.

Statistische gegevens in [8], [20] en [21].

Prognoses pleziervaartintensiteit zijn zeer speculatief. Een (globale) methode kan zijn:

- UITGANGSPUNT 1 : BOTENBEZIT VAN 300.000 IN HET JAAR 2000.
- UITGANGSPUNT 2 : INTENSITEIT VERTOONT AFNEMENDE GROEI
- RELATEER DE ONTWIKKELING VAN DE INTENSITEIT AAN DE GROEI VAN HET BOTENBEZIT VOOR DE AFGELOPEN 5 à 10 JAAR (VERHOUDINGSGETAL)
- BEPAAL DE INTENSITEIT IN HET JAAR 2000 (OP BASIS VERHOUDINGSGETAL)
- HOUD REKENING MET PLAATSELIJKE OMSTANDIGHEDEN

Onderscheid maken tussen zeiljachten en motorjachten.

3.7. MAATGEVENDE VERKEERSINTENSITEIT

Prognoses worden opgesteld op JAARBASIS. JAARTOTALEN NIET BRUIKBAAR voor bepaling MAATGEVENDE FAKTOREN. Vaststellen MAATGEVENDE PERIODE is noodzakelijk. Lengte van deze periode is probleemafhankelijk.

Bij de bepaling van de maatgevende periode rekening houden met globale intensiteitsvariëaties gedurende het jaar

BINNENVAART

- SEIZOENFLUKTUATIES (ijsgang, campagnevaart, vakanties en feestdagen)
- WEEKCYCLI EVENTUEEL DAGCYCLI
- WATERSTANDEN OP RIVIEREN (diepgangsbepalingen)
- UITVOERING GROTE WERKEN (transport bouwmaterialen)

Gemiddeld geldt voor Nederland een

MAATGEVENDE WEEKINTENSITEIT VAN 2,15% VAN DE JAARINTENSITEIT.

ZEEVAART

- SEIZOENFLUKTUATIES VEEL KLEINER DAN IN DE BINNENVAART
- WEEKCYCLI EN EVENTUEEL DAGCYCLI

Gemiddeld kan worden uitgegaan van een MAATGEVENDE WEEKINTENSITEIT VAN 2% VAN DE JAARINTENSITEIT.

PLEZIERVAART

- STERKE SEIZOENFLUKTUATIES
- 90 à 95% in de periode mei t/m september
- 35 à 50% in de maand juli (afhankelijk van het gebied)

Gegevens over de seizoenfluctuaties zijn te vinden in [20].

3.8. BASISINTENSITEITSPATROON

DEFINITIE : HET BASISINTENSITEITSPATROON IS HET INTENSITEITSPATROON DAT
OVERBLIJFT NA ELIMINATIE VAN DE STOCHASTISCHE VARIATIES
(ALLEEN VARIATIES MET SYSTEMATISCH KARAKTER)

Het basis-intensiteitspatroon moet bepaald worden voor de maatgevende periode.

SYSTEMATISCHE VARIATIES worden o.a. bepaald door:

- . Intensiteitscycli binnen de maatgevende periode (b.v. dagcycli binnen een maatgevende week).
- . Getij
- . Sluitingstijden van sluizen en bruggen
- . Werktijden in de havens
- . Kontinuevaart (binnenvaart)

Bij de vaststelling van het toekomstige basis-intensiteitspatroon dient rekening te worden gehouden met o.a. bovengenoemde factoren (b.v. schaalvergroting in de zeevaart leidt tot grotere invloed van het getij op het basis-intensiteitspatroon)

Een nadere behandeling van dit onderwerp wordt gegeven in hoofdstuk 6.

3.9. LITERATUUR OVER GOEDERENVERVOER EN SCHEEPVAARTVERKEER (INCLUSIEF PROGNOSES

Gegevens over de omvang en ontwikkeling van het vervoer en verkeer op de Nederlandse scheepvaartwegen worden verzameld door het Centraal Bureau voor de Statistiek (C.B.S.) en gepresenteerd in statistische maand- en jaaroverzichten. De belangrijkste jaaroverzichten zijn in dit verband de volgende:

- [1] Statistiek van het binnenlandse goederenvervoer
- [2] Statistiek van de internationale binnenvaart
- [3] Statistiek van de zeevaart
- [4] Statistiek van het internationale goederenvervoer
- [5] Maandstatistiek Verkeer en Vervoer
- [6] Statistiek van het internationale zeehavenvervoer (kwartaaluitgave)
- [7] Statistiek internationaal goederenvervoer in de havens Rotterdam en Amsterdam per land volgens goederensoort
- [8] Statistiek van de scheepvaartbeweging

Voor onze buurlanden kunnen de volgende statistische overzichten worden geraadpleegd.

België

- [9] Verslag over het dienstjaar 19.., Min. van Openbare Werken, Dienst der Scheepvaart
- [10] Verdeling van de Trafiek aan de in- en uitgangspunten van het net, Min. van Openbare Werken, Dienst der Scheepvaart (1 x per jaar)
- [11] Statistiek van de Rijnvaart, Min. van Econ. Zaken, Nat. Instituut voor de Statistiek
- [12] Haven van Antwerpen, Stat. maandbericht, Antwerpen, Alg. Dir. v/h Havenbedrijf, Afd. Studie en Prospectie

Duitsland

- [13] Verkehr, Statistischer Bundesamt, Wiesbaden
- [14] Statistik der Schifffahrt (1 x per maand), Inst. für Seeverkehrswirtschaft, Bremen

Frankrijk

- [15] Statistique annuelle de la navigation interieure par courants de traffic, Ministre des Transports, Office national de la navigation.

E.E.G.

- [16] Vervoersstatistiek, Bureau voor de Statistiek der Eur. Gemeenschap (1 x per jaar)

Verder zijn er enkele tijdschriften met statistische informatie.

- [17] Zeitschrift für Binnenschifffahrt und Wasserstrassen
(1 x per maand), Duisburg
- [18] Hansa, (1 x per maand), Duits
- [19] Revue de la Navigation fluviale Européenne
(1 x per maand - Straatsburg)

Gegevens over de pleziervaart in Nederland zijn o.a. te vinden in [8] en in de volgende publikaties.

- [20] Resultaten van recreatievaarttellingen in Zuid- en Midden-Nederland.
Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde, Hoofdafdeling Scheepvaart,
Dordrecht, (jaarpublikatie)
- [21] Pleziervaarttellingen in Friesland
Provinciale Waterstaat van Friesland
(1 x per jaar - Leeuwarden)

Verder is de volgende literatuur van belang:

- [22] De Ontwerp-Vaarwegennota
Werkgroep Vaarwegennota, Hoofddirectie van de Waterstaat,
's-Gravenhage, 1975
- [23] Enige aspecten van de Ontwerp-Vaarwegennota.
Tijdschrift voor Vervoerswetenschap 1976, nr. 2.
- [24] Raming van de goederenstromen van en naar de havens van het Rijnmond-
gebied in 1980 en 1990 m.b.v. het Goederenstromenmodel II.
E.S.S.O.R. - Werkgroep goederenstromen, Rotterdam 1976.
- [25] Kooman, C and Bruijn, P.A. de
Lock Capacity and Traffic Resistance of Locks.
Rijkswaterstaat Communications nr. 22, 1975
- [26] Scheepvaarttellingen Grote Rivieren
Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde, Hoofdafdeling Scheepvaart,
Dordrecht, (1 x per jaar)
- [27] Vallenduik, R.E.P.
Waar liggen de grenzen van onze pleziervloot.
Recreatievoorzieningen (maandblad ANWB), april 1975.

	1980	1985	jaarlijkse procentuele stijging over de gehele periode 1972 - 1985
Nederland			
bevolking (x mln.)	14,2	14,7	
reël bruto nationaal produkt			
centrale variant			3,5 %
variant 2			4,5 %
reël beschikbaar inkomen gezinnen			
centrale variant			3,5 %
variant 2			4,5 %
industriële produktie			
centrale variant			4,0 %
variant 2			5,0 %
produktie van gebouwen			
centrale variant			0,4 %
variant 2			2,0 %
produktie van gebouwen en van weg- en waterbouwkundige kapitaalswerken			
centrale variant			0,3 %
variant 2			2,0 %
landbouwproduktie			
centrale variant			1,0 %
variant 2			1,0 %
Buitenland			
reël bruto nationaal produkt Duitsland			
centrale variant			3,5 %
variant 2			4,5 %
industriële produktie Duitsland			
centrale variant			4,0 %
variant 2			5,0 %
staalproduktie in Duitsland	1972 - 1980	1980 - 1985	
centrale variant	3,6 %	2,3 %	
variant 2	3,6 %	2,3 %	

Bron: Vaarwegennota [22], bijlage 7.3.1.

Tabel 3.2.1. Overzicht van de belangrijkste exogene variabelen die in de nieuwe NVI-prognose zijn gebruikt.

Goederengroep	1972		1980		1985	
	abs.	index	abs.	index	abs.	index
I Landbouwprodukten	6.630	100	10.078	152	11.793	178
II Voedingsmiddelen	1.415	100	1.699	120	1.898	134
III Meststoffen	2.942	100	3.342	114	3.609	123
IV Zand, grind	67.873	100	64.405	95	62.812	93
V Overige steen en aarde, mineralen	3.571	100	2.971	83	3.086	86
VI Ertsen	523	100	584	112	652	125
VII Cellulose, papierafval	141	100	182	129	201	143
VIII Halffabrikaten	1.921	100	1.956	102	2.077	108
IX Vaste brandstoffen	256	100				
X Ruwe aardolie	0	100				
XI Vloeibare brandstoffen	11.998	100	20.554	171	26.883	224
XII Teer, benzol	113	100	113	100	113	100
XIII Cement, kalk	2.281	100	3.429	150	3.666	161
XIV Bewerkte bouwmaterialen	128	100	131	102	131	102
XV Eindfabrikaten	378	100	479	127	553	146
Totaal	100.170	100	109.923	110	117.474	117

Bron: Vaarwegennota [22], bijlage 7.3.2.

Tabel 3.2.2. Ontwikkelingen in het binnenlands goederenvervoer te water per goederengroep voor de jaren, 1972, 1980 en 1985 (vervoerd gewicht x 1000 ton); centrale variant.

Aanvoer over de landgrenzen

Goederengroep	1972		1980		1985	
	abs.	index	abs.	index	abs.	index
I Landbouwprodukten	3.663	100	4.731	129	5.283	144
II Voedingsmiddelen	468	100	753	161	921	197
III Meststoffen	781	100	830	106	837	107
IV Zand, grind	18.376	100	22.189	121	25.156	137
V Overige steen en aarde, mineralen	3.945	100	6.612	168	6.758	171
VI Ertsen	233	100	352	151	347	149
VII Cellulose, papierafval	80	100	68	85	105	131
VIII Halffabrikaten	5.506	100	4.862	88	5.009	91
IX Vaste brandstoffen	3.283	100	3.014	92	3.014	92
X Ruwe aardolie	4	100	0	0	0	0
XI Vloeibare brandstoffen	1.693	100	2.070	122	2.070	122
XII Teer, benzol	198	100	199	101	199	101
XIII Cement, kalk	1.517	100	1.422	94	1.435	95
XIV Bewerkte bouwmaterialen	128	100	164	128	183	143
XV Eindfabrikaten	896	100	625	70	790	88
Totaal	40.771	100	47.892	117	52.107	128

Bron: Vaarwegennota [22], bijlage 7.3.2.

Tabel 3.2.3. Ontwikkelingen in het grensoverschrijdend vervoer per binnenschip voor de jaren 1972, 1980 en 1985 (in tonnen vervoerd gewicht x 1000 ton); centrale variant.

Afvoer over de landgrenzen

Goederengroep	1972		1980		1985	
	abs.	index	abs.	index	abs.	index
I Landbouwprodukten	7.389	100	7.036	95	7.162	97
II Voedingsmiddelen	412	100	722	175	834	202
III Meststoffen	2.654	100	3.583	135	3.583	135
IV Zand, grind	14.735	100	19.721	134	21.474	146
V Overige steen en aarde, mineralen	1.738	100	1.552	89	1.900	109
VI Ertsen	26.664	100	41.524	156	48.829	183
VII Cellulose, papier-afval	424	100	612	144	727	171
VIII Halffabrikaten	5.534	100	9.837	178	13.607	246
IX Vaste brandstoffen	3.873	100	3.500	90	3.500	90
X Ruwe aardolie	1.165	100	913	78	913	78
XI Vloeibare brandstoffen	12.675	100	13.409	106	19.239	152
XII Teer, benzol	97	100	97	100	97	100
XIII Cement, kalk	27	100	27	100	27	100
XIV Bewerkte bouwmaterialen	113	100	174	154	208	184
XV Eindfabrikaten	1.091	100	1.247	114	1.455	133
Totaal	78.591	100	103.954	132	123.555	157

Bron: Vaarwegennota [22], bijlage 7.3.2.

Tabel 3.2.4. Ontwikkelingen in het grensoverschrijdend vervoer per binnenschip voor de jaren 1972, 1980 en 1985 (in tonnen vervoerd gewicht x 1000 ton); centrale variant.

Goederengroep	1972		1980		1985	
	abs.	index	abs.	index	abs.	index
I Landbouwprodukten	1.263	100	1.237	98	1.237	98
II Voedingsmiddelen	192	100	298	155	298	155
III Meststoffen	2.330	100	2.330	100	2.330	100
IV Zand, grind	3.670	100	6.766	184	9.545	260
V Overige steen en aarde, mineralen	769	100	547	71	547	71
VI Ertsen	566	100	566	100	566	100
VII Cellulose, papierafval	76	100	98	129	98	129
VIII Halffabrikaten	7.770	100	13.873	178	16.947	218
IX Vaste brandstoffen	2.021	100	2.021	100	2.021	100
X Ruwe aardolie	27	100	27	100	27	100
XI Vloeibare brandstoffen	4.450	100	4.490	101	4.490	101
XII Teer, benzol	353	100	630	178	770	218
XIII Cement, kalk	53	100	53	100	53	100
XIV Bewerkte bouwmaterialen	62	100	73	118	73	118
XV Eindfabrikaten	1.447	100	1.377	95	1.819	126
Totaal	25.049	100	34.386	137	40.821	163

Bron: Vaarwegennota [22], bijlage 7.3.1.

Tabel 3.2.5. Ontwikkelingen in de doorvoer zonder overlading per binnenschip voor de jaren 1972, 1980 en 1985 (in tonnen vervoerd gewicht x 1000 ton); centrale variant.

laadverm. klasse nr.	klassegrenzen (tonnen)	standaardschip										
		laadverm. tonnen	lengte m	breedte m	diepgang		motor- verm. pk.	opp.dwaarsprofiel m ²		waterverpl. (tonnen)		
					gel.	85%		gel.	85%	gel.	leeg	
												leeg
0	50- 199	125	25,0	4,6	1,6	1,4	60	7,4	6,4	3,2	165	40
1	200- 449	325	39,0	5,1	2,3	2,1	140	11,7	10,7	3,6	425	100
2	450- 749	550	50,0	6,6	2,5	2,2	260	16,5	14,5	4,6	710	160
3	750-1149	925	67,0	8,2	2,5	2,2	520	20,5	18,0	6,8	1180	255
4	1150-1549	1350	80,0	9,5	2,6	2,3	730	24,7	21,9	9,3	1740	390
5	1550-2549	2000	95,0	11,5	2,7	2,4	1100	31,0	27,6	12,3	2600	600
6	2550-4999	4100	175,0	11,4	3,0	2,6	1200	34,2	29,5	17,0	5150	1050
7	≥ 5000	8800	185,0	22,8	3,2	2,8	2500	73,0	63,7	17,0	10600	1800

Tabel 3.4.1.1. Gegevens laadvermogenklassen en standaardschepen binnenvloot.

\bar{T} (tonnen)	Aandeel van de standaardschepen (in %)							
	0	1	2	3	4	5	6	7
125	100,0	-	-	-	-	-	-	-
160	82,5	17,5	-	-	-	-	-	-
200	62,5	37,5	-	-	-	-	-	-
240	42,5	57,5	-	-	-	-	-	-
280	22,5	77,5	-	-	-	-	-	-
300	20,0	73,0	7,0	-	-	-	-	-
350	17,5	62,5	16,0	4,0	-	-	-	-
400	15,4	54,2	20,9	9,0	0,5	-	-	-
450	13,5	48,0	24,5	11,0	3,0	-	-	-
500	12,0	43,4	26,1	13,0	4,6	0,9	-	-
600	9,3	36,7	27,0	17,0	5,6	4,4	-	-
700	7,2	33,0	25,4	20,4	7,3	5,6	1,1	-
800	6,0	30,0	24,0	22,5	9,0	6,4	2,1	-
900	5,0	26,2	24,5	23,8	10,5	6,5	2,9	0,6
1.000	4,5	23,0	24,7	24,3	12,5	6,5	2,9	1,6
1.100	4,5	19,5	25,0	25,0	14,0	6,5	3,0	2,5
1.200	4,5	16,5	24,5	26,0	15,0	7,0	3,0	3,5
1.300	4,5	14,5	25,0	25,0	16,5	7,2	2,8	4,5
1.400	4,5	12,5	25,0	24,5	18,0	7,0	3,0	5,5
1.500	4,5	10,5	25,0	23,5	20,0	7,0	3,0	6,5

Tabel 3.4.2. Samenstelling van de vloot in standaardschepen voor verschillende gemiddelde laadvermogens (\bar{T}) (standaardfrequentieverdeling).

Opm.: Als b.v. $\bar{T} = 600$ ton en de bevaarbaarheidsklasse van de vaarweg is 4 dient tabel 3.4.3 te worden toegepast.

\bar{T} (tonnen)	Aandeel van de standaardschepen (%)							
	0	1	2	3	4	5	6	7
A. Bevaarbaarheidsklasse 4.								
500	12,0	42,0	27,0	13,0	6,0	-	-	-
600	8,5	32,0	31,0	17,0	11,5	-	-	-
B. Bevaarbaarheidsklasse 5.								
700	7,0	29,0	27,0	22,0	8,0	7,0	-	-
800	5,0	24,0	25,0	25,0	10,5	10,5	-	-
900	4,0	18,5	23,0	27,0	13,5	14,0	-	-
1.000	3,0	14,0	21,0	28,0	16,0	18,0	-	-
C. Bevaarbaarheidsklasse 6.								
1.000	3,0	22,0	24,0	26,0	11,0	8,0	6,0	-
1.200	2,0	16,0	22,0	29,0	11,0	10,0	10,0	-
1.400	2,0	10,0	19,0	32,0	11,0	12,0	14,0	-

Tabel 3.4.3. Alternatieve vlootsamenstelling in standaardschepen voor verschillende "lagere" bevaarbaarheidsklassen (standaardfrequentieverdeling).

categorie	omschrijving	% van het weektotaal	
		1972	1973
1	motorvracht- of motortankschip < 450 ton	18,9	13,5
2	motorvracht- of motortankschip 450-749 ton	23,9	20,9
3	motorvracht- of motortankschip 750-1.149 ton	23,4	23,5
4	motorvracht- of motortankschip 1.150-1.549 ton	11,2	15,9
5	motorvracht- of motortankschip 1.550-2.549 ton	3,8	3,9
6	motorvracht- of motortankschip > 2.550 ton	0,1	0,5
7	duweenheid of duwend motor- vracht- of motortankschip < 5.000 ton	4,0	3,0
8	duweenheid of duwend motor- vracht- of motortankschip > 5.000 ton	3,6	4,4
9	enkel sleepvracht- of sleeptankschip of naast elkaar gekoppelde sleepscheper < 1.000 ton	0,4	0,4
10	enkel sleepvracht- of sleeptankschip of naast elkaar gekoppelde sleepscheper \geq 1.000 ton	3,6	1,9
11	motorschip met sleepschip of motorschip ernaast gekoppeld < 1.000 ton	0,2	0,6
12	motorschip met sleepschip of motorschip ernaast gekoppeld \geq 1.000 ton	0,0	1,9
13	zeeschip	1,8	1,8
14	werkvaartuigen, gesleept objekt	0,3	0,2
15	dienstvaartuig, losse sleep of duwboot of vissersvaartuig	2,1	1,6
16	passagiersvaartuig	0,9	1,2
17	recreatievaartuig	1,8	4,8

Het waargenomen weektotaal voor beide vaarrichtingen op de Waal beoosten Nijmegen bedraagt: in de periode 12 t/m 19 juni 1972: 3.598 schepen,
in de periode 19 t/m 26 juni 1973: 3.562 schepen.

Tabel 3.4.4. Vlootindeling en percentage van voorkomen van de onderscheiden categorieën schepen.

No. Kate- gorie	Type **)	Draag- verm. klasse (10 ³ dwt)	Draag- vermogen standaard- schip (10 ³ dwt)	Afmetingen standaardschip			
				lengte loodl. (m)	breedte (m)	diepgang geladen (m)	diepgang in ballast (m)
1	C	<1	1,0	57,5	10,3	3,6	2,4
2	C	1-6	2,5	87,0	14,5	5,0	3,3
3	C	6-12	9,0	127,0	20,5	7,8	5,1
4	C	12-25	12,0	142,0	23,0	8,6	5,6
5	C	25-50	43,0	270,0	32,2	12,1	7,9
6	C	50-125	85,0	300,0*)	35,3*)	14,0*)	9,2*)
7	T	<1	1,0	57,5	10,3	3,6	1,5
8	T	1-6	2,5	72,5	13,5	5,5	2,3
9	T	6-12	9,0	120,0	18,5	8,1	3,4
10	T	12-25	18,0	154,0	22,8	9,3	4,0
11	T	25-50	30,0	188,0	26,5	10,4	4,5
12	T	50-125	85,0	245,0	36,8	13,8	5,9
13	V	<1	1,0	57,5	10,3	3,6	1,7
14	V	1-6	2,5	72,5	13,5	5,5	2,6
15	V	6-12	9,0	126,0	18,6	8,3	3,9
16	V	12-25	18,0	155,0	23,2	9,8	4,6
17	V	25-50	40,0	188,0	28,6	11,6	5,4
18	V	50-125	80,0	240,0*)	36,0*)	14,0*)	6,5*)

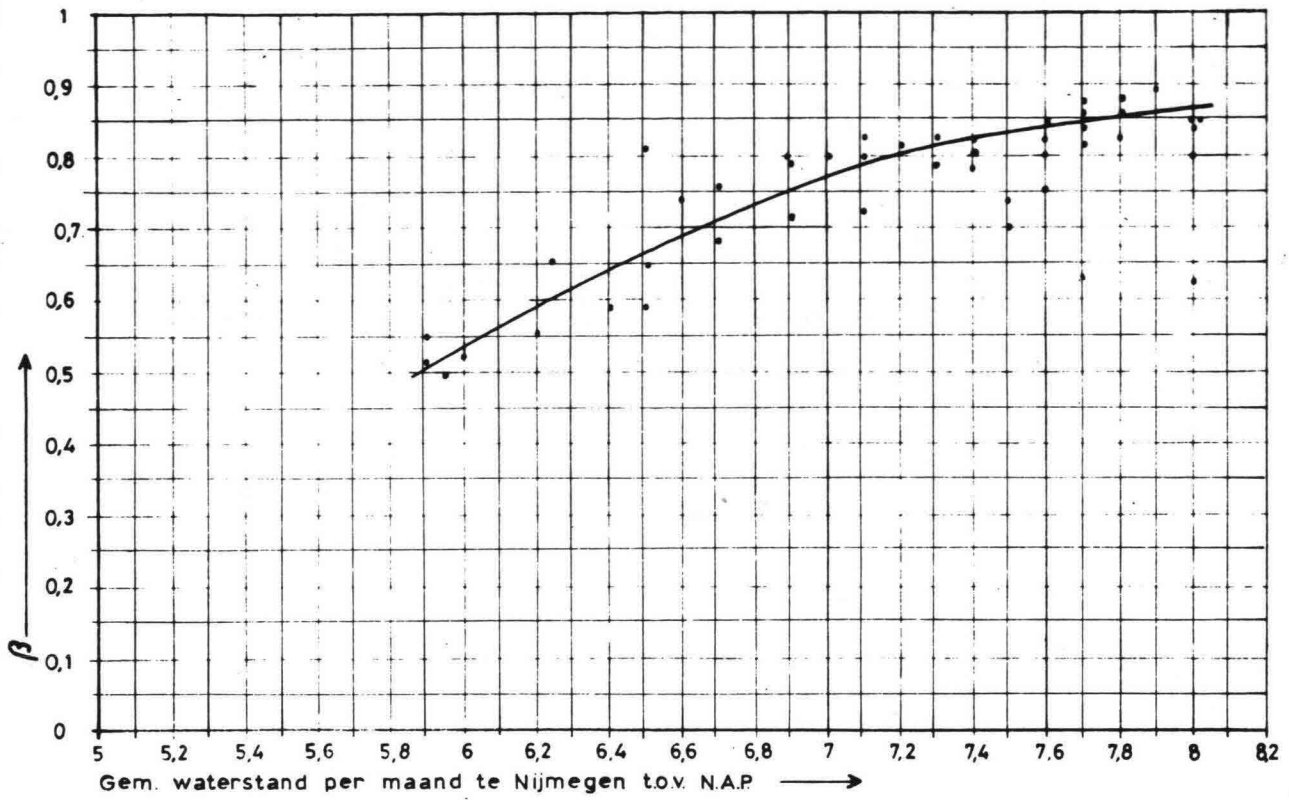
*) Geschatte afmetingen.

**) C = containerschip

T = tanker

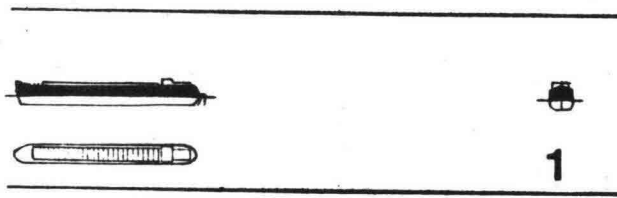
V = konventioneel vrachtschip

Tabel 3.4.5. Indeling van de zeegaande vloot in draagvermogenklassen en representatieve standaardschepen, voor de Westerschelde oostelijk van Hansweert.

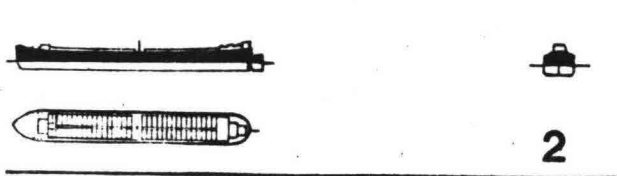


$\beta = \frac{\text{lading}}{\text{laadvermogen}}$ van de bij Lobith gepasseerde geladen schepen

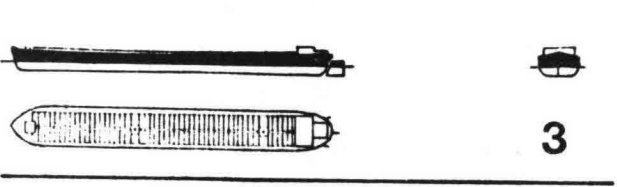
Fig. 3.3.1 Beladingsgraad (β) als functie van de waterstand te Nijmegen



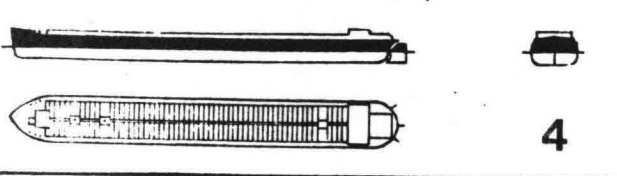
1



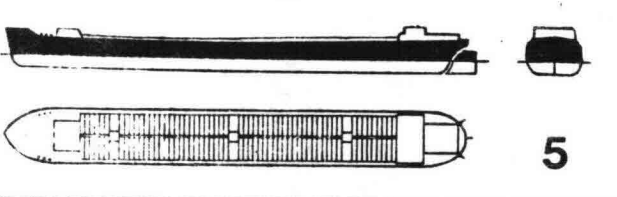
2



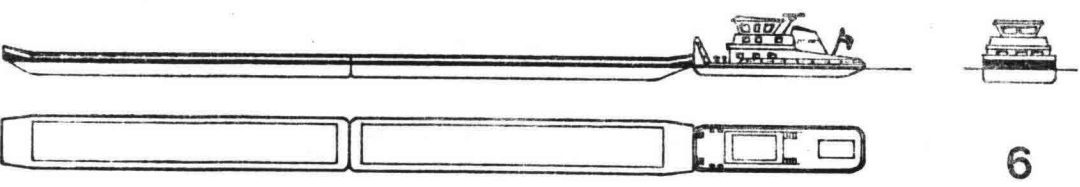
3



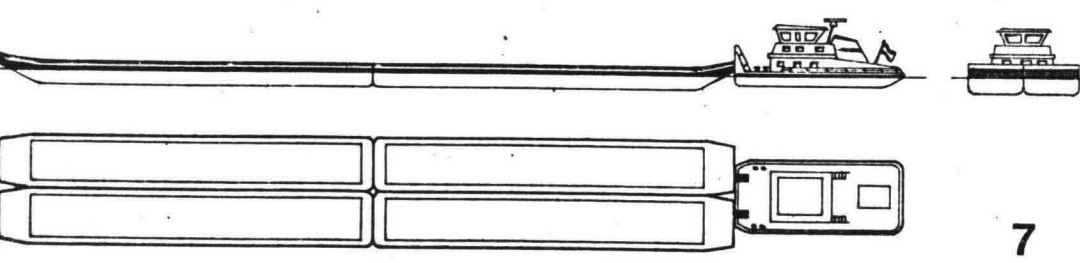
4



5



6



7

No.	laadvermogen klasse (tonnen)	standaardschip			
		laadv. (tonn.)	lengte (m)	breedte (m)	diepgang (m)
0	50- 199	125	25	4,6	1,6
1	200- 449	325	39	5,1	2,3
2	450- 749	550	50	6,6	2,5
3	750- 1.149	925	67	8,2	2,5
4	1.150- 1.549	1.350	80	9,5	2,6
5	1.550- 2.549	2.000	95	11,5	2,7
6	2.550- 4.999	4.100	175	11,4	3,0
7	≥ 5.000	8.800	185	22,8	3,2

verdeling beroepsvaart in laadvermogenklassen

Figuur 3.4.1.

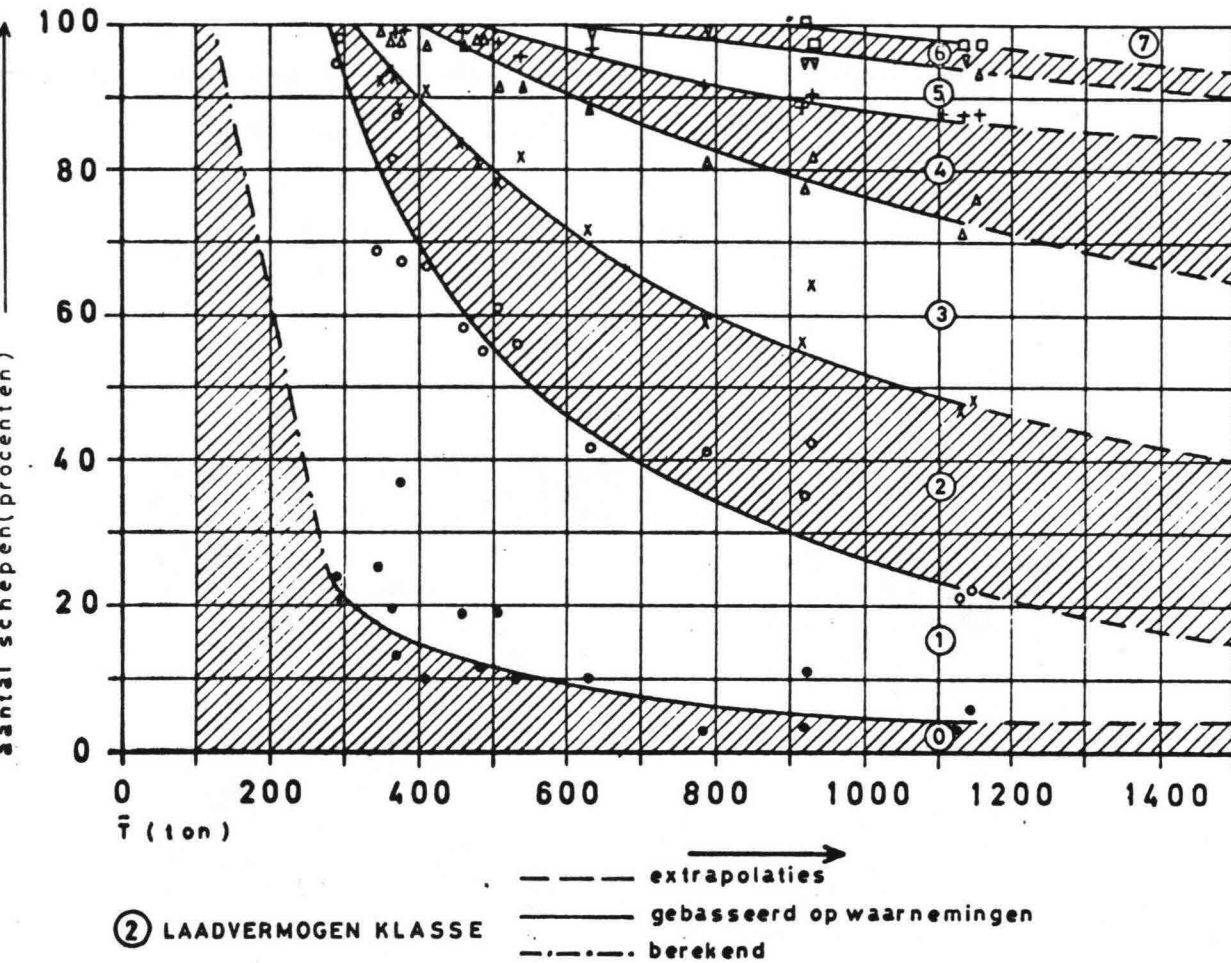


Fig.3.4.2 : Verband tussen het relatieve aandeel van de laadvermogenklassen van de gepasseerde vloot en het gemiddelde laadvermogen.

4. BEGRIPPEN KAPACITEIT EN WEERSTAND

4.1. INLEIDING

De kwaliteit van de scheepvaartafwikkeling wordt bepaald door:

- . KAPACITEIT - wat verwerkt kan worden
- . VEILIGHEID - risico

Van belang zijn de begrippen:

- (SCHEEPVAART)INTENSITEIT:

Dit is de hoeveelheid scheepvaartverkeer, uitgedrukt in aantallen schepen, tonnen laadvermogen of anderszins, die per tijdseenheid een bepaalde dwarsdoorsnede van een vaarweg passeert.

- DICHTHEID:

Dit is de hoeveelheid scheepvaart, uitgedrukt in aantallen schepen, tonnen laadvermogen of anderszins, per eenheid van oppervlakte of vaarweglengte op een bepaald tijdstip.

In het spraakgebruik heeft het begrip KAPACITEIT veel betekenissen b.v.:

KAPACITEITSKLASSE 1350 t = TOEGANKELIJKHEID voor schepen tot 1350 t.

DE KAPACITEIT VAN DE SLUIS is 5 schepen = DE KOLK kan 5 schepen BEVATTEN.

DE KAPACITEIT ALS VERKEERSTECHNISCHE GROOTHEID heeft betrekking op de MAXIMAAL MOGELIJKE INTENSITEIT.

Het onderzoek naar de capaciteit van vaarwegen kwam op gang in de tweede helft van de zestiger jaren:

- . Publikaties in het kader van het scheepvaartcongres van 1969 te Parijs [1]
- . Onderzoekingen in Duitsland [2]

De studies hadden betrekking op:

- VAARWEGTRAJKTEN (ononderbroken verkeersafwikkeling)
- SLUIZEN (onderbroken verkeersafwikkeling)

In Nederland zijn uitgebreide studies verricht t.b.v. DE VAARWEGENNOTA; een overzicht van de eerste resultaten is te vinden in [3].

4.2. KAPACITEITSBEGRIJF

Het begrip KAPACITEIT is zoveel mogelijk op dezelfde wijze benaderd als in de Highway Capacity Manual 1965 [4].

Definitie:

De capaciteit van een gegeven vaarwegonderdeel is de maximale hoeveelheid scheepvaartverkeer, die onder de voorkomende omstandigheden, per tijdseenheid, kan passeren.

Elementen:

- Hoeveelheid scheepvaartverkeer:
 - . aantal schepen
 - . tonnen laadvermogen of dwt
- Voorkomende omstandigheden:
 - . m.b.t. HET SCHEEPVAARTVERKEER: scheepstype, scheepsafmetingen (c.q. laad- of draagvermogen), beladingsgraad enz.
 - . m.b.t. HET VAARWEGONDERDEEL: waterloopkundige omstandigheden, bedrijfsomstandigheden enz.
 - . m.b.t. de UITWENDIGE OMSTANDIGHEDEN: tijd van de dag, weersomstandigheden, zicht enz.

ER ZIJN PRIMAIRE EN SECUNDAIRE KAPACITEITSAKTOREN.

PRIMAIRE FAKTOREN ZIJN VAN (INFRA-) STRUKTURELE AARD (vorm, afmetingen, waterloopkundige omstandigheden); i.h.a. alleen verbetering door waterbouwkundige werken.

SEKUNDAIRE FAKTOREN HEBBEN BETREKKING OP HET GEBRUIK VAN DE INFRASTRUKTUUR. (van zowel materiële als immateriële aard)

Van materiële aard:

- . BETONNING, BEBAKENING, VERLICHTING
- . SEINGEVING OP SLUIZEN EN BRUGGEN
- . ANKERPLAATSEN, WACHTPLAATSEN ENZ.

Van immateriële aard zijn o.a.:

- . REGLEMENTEN
- . BERICHTGEVING

DE (WERKELIJKE) KAPACITEIT WORDT BEPAALD DOOR DE PRIMAIRE EN SEKUNDAIRE FAKTOREN GEZAMENLIJK;

DE PRIMAIRE FAKTOREN BEPALEN DE POTENTIËLE KAPACITEIT (d.i. de capaciteit die maximaal gerealiseerd kan worden als de sekundaire factoren optimaal zijn).

4.3. HET BEGRIP WEERSTAND

Definitie:

De weerstand wordt bepaald door de tijd die nodig is om een vaarwegonderdeel te passeren. De totale weerstand van een te varen route kan worden opgevat als een samenstel van in serie geschakelde weerstanden die de reisduur en daarmee in belangrijke mate de transportkosten bepalen.

Passeertijd: vaarwegvakken - vaartijd
 sluizen - "wachttijd"

WEERSTAND = VAST DEEL (W_k) + VARIABEL DEEL (W_v)

W_k = PASSEERTIJD VAART ENKELE SCHIP (verkeersonafhankelijk)

W_v = EXTRA VERTRAGING DOOR VERKEERSINTERAKTIE (functie van de intensiteit)

Op VAARWEGVAK wordt W_k bepaald door:

- . WEERSTANDS- EN VOORTSTUWINGSEIGENSCHAPPEN VAN HET SCHIP
- . VORM EN AFMETINGEN VAN HET DWARSPROFIEL VAN DE VAARWEG
- . STREKKING VAN DE VAARWEG
- . WIND EN STROOM

Op VAARWEGVAK wordt W_v BEPAALD DOOR:

- . VERTRAGING TIJDENS ONTMOETINGS- EN INHAALMANOEUVRES
- . TIJDELIJK NIET KUNNEN INHALEN (bij grote verkeersdichtheid of reglementair)

Voor de weerstand van schutsluizen zie hoofdstuk 6.

4.4. VERKEERSBELASTING

MAXIMAAL MOGELIJKE BELASTING: INTENSITEIT (I) = KAPACITEIT (C)

Bij sluizen : ONAANVAARDBAAR LANGE PASSEERTIJDEN

Vaarwegvakken: ONAANVAARDBAAR HOOG ONGEVALSRISICO + VERTRAGING

M.a.w. toestand waarbij voor langere periode: $I/C = 1$ IS ONAANVAARDBAAR.

In dit verband hiermee introductie van het begrip:

MAXIMAAL TOELAATBARE VERKEERSBELASTING of MAXIMAAL TOELAATBARE INTENSITEIT (I_t)

Voor I/C wordt GRENSWAARDE bepaald die mede afhangt van de gekozen periode.

DE GRENSWAARDE wordt LAGER naarmate de PERIODE LANGER wordt.

Voorbeeld voor vaarwegvak (b.v. riviergedeelte):

LAGE I : $W_v = 0$, passeertijd wordt bepaald door W_k

TOENEMENDE I : - vertraging door inhalen en ontmoeten
- kans op konfliktsituaties neemt toe

$I > C$: - filevorming en schotsgewijze verkeersafwikkeling (op de weg niet fataal - op de rivier leidt dit tot chaos)
- dit is alleen toelaatbaar gedurende zeer korte perioden. De hiaten in de verkeersstroom moeten zo groot zijn dat kort durende piekbelastingen kunnen worden opgevangen.

I/C : - voorlopige gedachte is dat op uurbasis $I/C \leq 0,75$ (zeer globaal)

4.5. AANVULLENDE OPMERKINGEN

1. De capaciteit van een vaarweg wordt bepaald door HET ONDERDEEL MET DE KLEINSTE KAPACITEIT (POTENTIËEL KNELPUNT).
2. Voor het grootste deel van het vaarwegennet, met name de KANALEN EN GEKANALISEERDE RIVIEREN, worden de potentiële knelpunten gevormd door SCHUTSLUIZEN.

3. Op VRIJ STROMENDE RIVIEREN worden de potentiële knelpunten gevormd door BOCHTEN, SPLITSINGSPUNTEN, VERSMALLINGEN t.p.v. BRUGGEN enz.
4. $C = \sum C_i$ (gedurende periode i blijft capaciteit konstant)
5. In de toelichting op de capaciteitsdefinitie is geen sprake van de lading (vervoerd gewicht) als intensiteitsparameter. Dit is niet toegankelijk omdat de hoeveelheid vervoerde lading afhankelijk is van de beladingsgraad per schip en de beladingstoestand van de vloot. Het effect van deze beide grootheden op de capaciteit is sekundair.
6. De VEILIGHEID hangt niet alleen af van de VERKEERSBELASTING maar ook van de omstandigheden ter plaatse (gecompliceerd stroombeeld, slecht uitzicht enz.)

4.6. LITERATUUR

- [1] 22nd International Navigation Congres, Parijs 1969.
Section I - subject 4 (Inland Navigation). Over dit onderwerp zijn 8 bijdragen geleverd waarin o.a. wordt ingegaan op de capaciteitstheorie en op methoden om capaciteiten te berekenen.
- [2] Koehler, R.
Verkehrsablauf auf Binnenwasserstrassen (Untersuchungen zur Leistungsfähigkeitsberechnung und Reisezeitverkürzung)
Schriftenreihe des Instituts für Verkehrswesen der Universität (TH) Karlsruhe, Heft 3, 1968.
- [3] Kooman, C.
Weerstand en capaciteit van vaarwegen
De Ingenieur, 29 sept. 1972, nr. 39, pp V-27 / V-38.
- [4] Highway Capacity Manual 1965
Highway Research Board, Special report 87, Washinton, D.C.

5. INLEIDING TOT DE VORMGEVING EN DIMENSIONERING VAN SCHUTSLUIZEN

5.1. ALGEMEEN

In Nederland kleine vervallen: hoogteverschillen worden overwonnen met een enkele sluis (één trap).

In andere landen grote vervallen: . MEERTRAPSSLUIZEN
 . SCHEEPSLIFTEN c.a.
 . PENTE D'AUX

Extreem voorbeeld meertrapssluis in Welland-kanaal

verval: ca. 100 m - 8 sluizen.

Sluizen kunnen worden onderverdeeld in verschillende categorieën

- Onderverdeling naar SCHEEPVAARTSOORTEN:

ZEESLUIZEN (grootste sluis in Nederland: 49 x 400 m²
 in België : 57 x 500 m²)

BINNENVAARTSLUIZEN (grootste sluis: 24 x 326,5 m²)

PLEZIERVAARTSLUIZEN

- Richting van het verval:

EENZIJDIG KEREND (meeste kanalen en gekanaliseerde rivieren)

TWEEZIJDIG KEREND (getijgebieden, verbindingskanalen tussen twee rivieren
 b.v. de Waal en de Maas)

- Doorvaarthoogte

ONBEPERKTE DOORVAARTHOOGTE (puntdeuren, roldeuren)

BEPERKTE DOORVAARTHOOGTE (hefdeuren)

- Dichtheidsverschillen

SLUIS IN ZOUT OF ZOET MILIEU

SLUIS OP DE SCHEIDING VAN ZOUT EN ZOET (systemen ter reductie van de uitwisseling)

Voor nadere informatie over de toe te passen sluisdeuren, het vullen en ledigen van de kolk enz. zie [1]. Voor gegevens over de afmetingen en het verval van bestaande Nederlandse sluizen wordt verwezen naar [2] terwijl [3] nadere informatie bevat over de totstandkoming enz.

5.2. VORMGEVING EN INDELING VAN HET SLUISKOMPLEX

De sluis bestaat uit:

- . EEN OF MEER SLUISKOLKEN
- . aansluitende VOORHAVENS
- . BEDIENINGSRUIMTEN EN AANVULLENDE HULPMIDDELEN

De belangrijkste maten en benamingen worden weergegeven in FIGUUR 5.2.1.

MODERNE SLUIS:

- KOLK : . vertikale wanden
 . kolkbreedte is gelijk aan de breedte in de hoofden
 . rechte kolk
- VOORHAVENS : . ligging in het verlengde van de sluis
 . veilige ligplaatsen voor wachtende schepen
 . voorzieningen t.b.v. vlotte invaart
 . voorzieningen om de oever te bereiken
- BEDIENING : . gecentraliseerd en zoveel mogelijk geautomatiseerd
 . meld-, oproep- en signaleringssystemen
 . informatieverwerking

Voorbeelden van diverse kolkvormen en voorhavens in de FIGUREN 5.2.2 t/m 5.2.6.

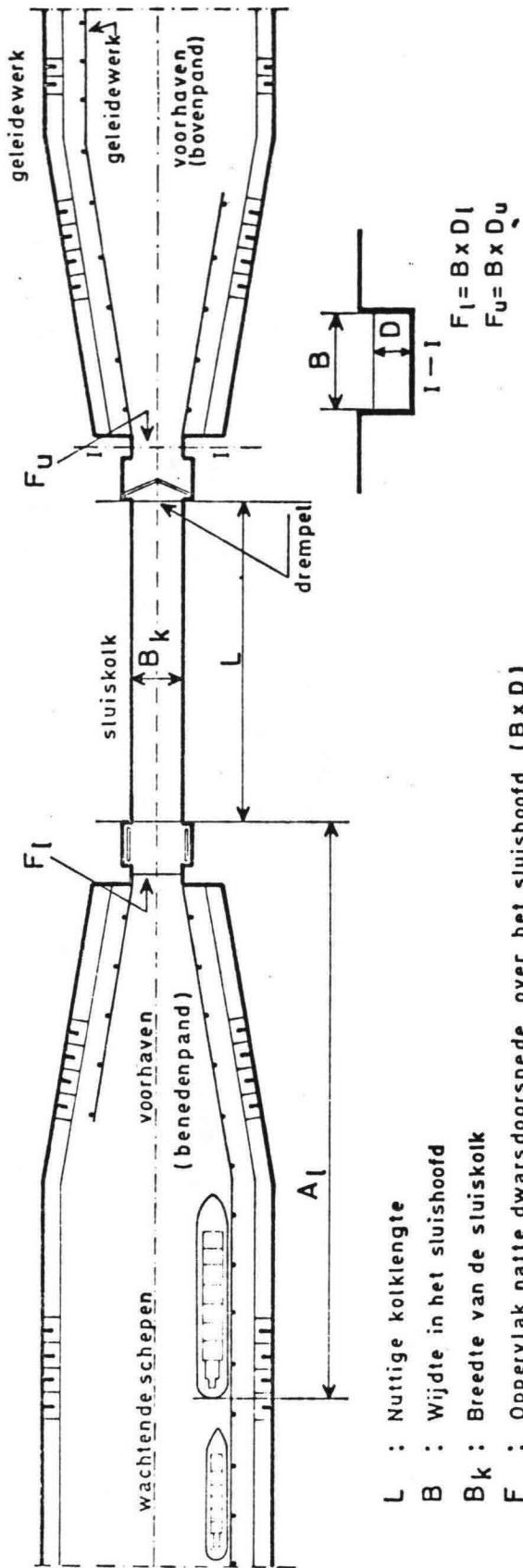
Van groot belang voor een vlot en veilig schutbedrijf is de overzichtelijkheid van het complex; dit speelt vooral bij binnenvaartsluizen.

De overzichtelijkheid wordt bevorderd door:

- SLUISKOLKEN NAAST ELKAAR (niet verschoven t.o.v. elkaar)
- HOOG GELEGEN BRUGGEN of HOOG GELEGEN BEDIENINGSRUIMTE
- GOED GESTRUKTUREERDE WACHTPLAATSEN

Sommige sluizen zijn voorzien van TUSSENHOOFDEN

- . Schutten met een gedeelte van de kolk om zout-zoet uitwisseling te beperken of het waterverlies te verkleinen.
- . Veiligheidsoverwegingen.



L : Nuttige kolk lengte

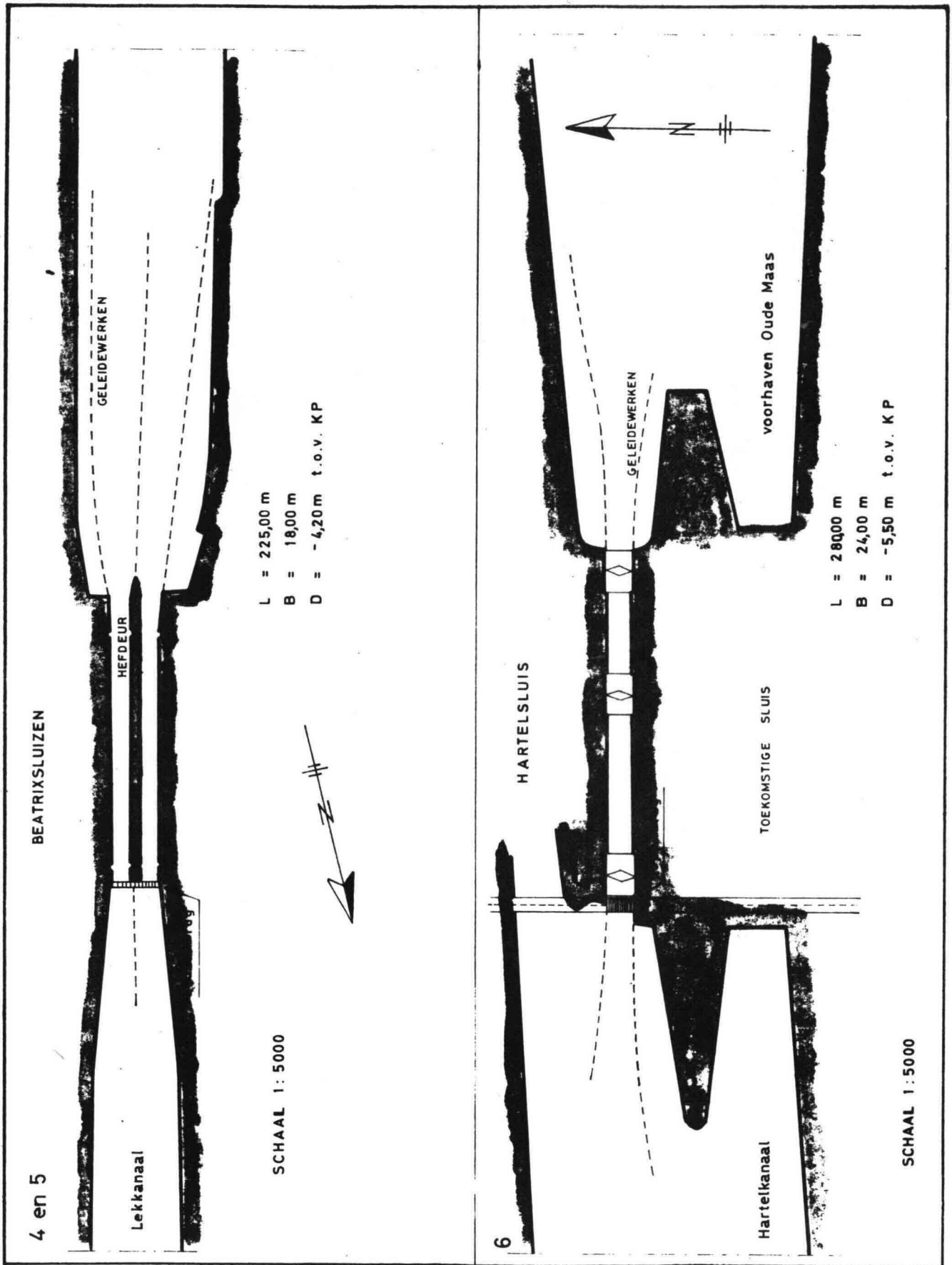
B : Breedte in het sluishoofd

B_k : Breedte van de sluiskolk

F : Oppervlakte dwarsdoorsnede over het sluishoofd ($B \times D$)

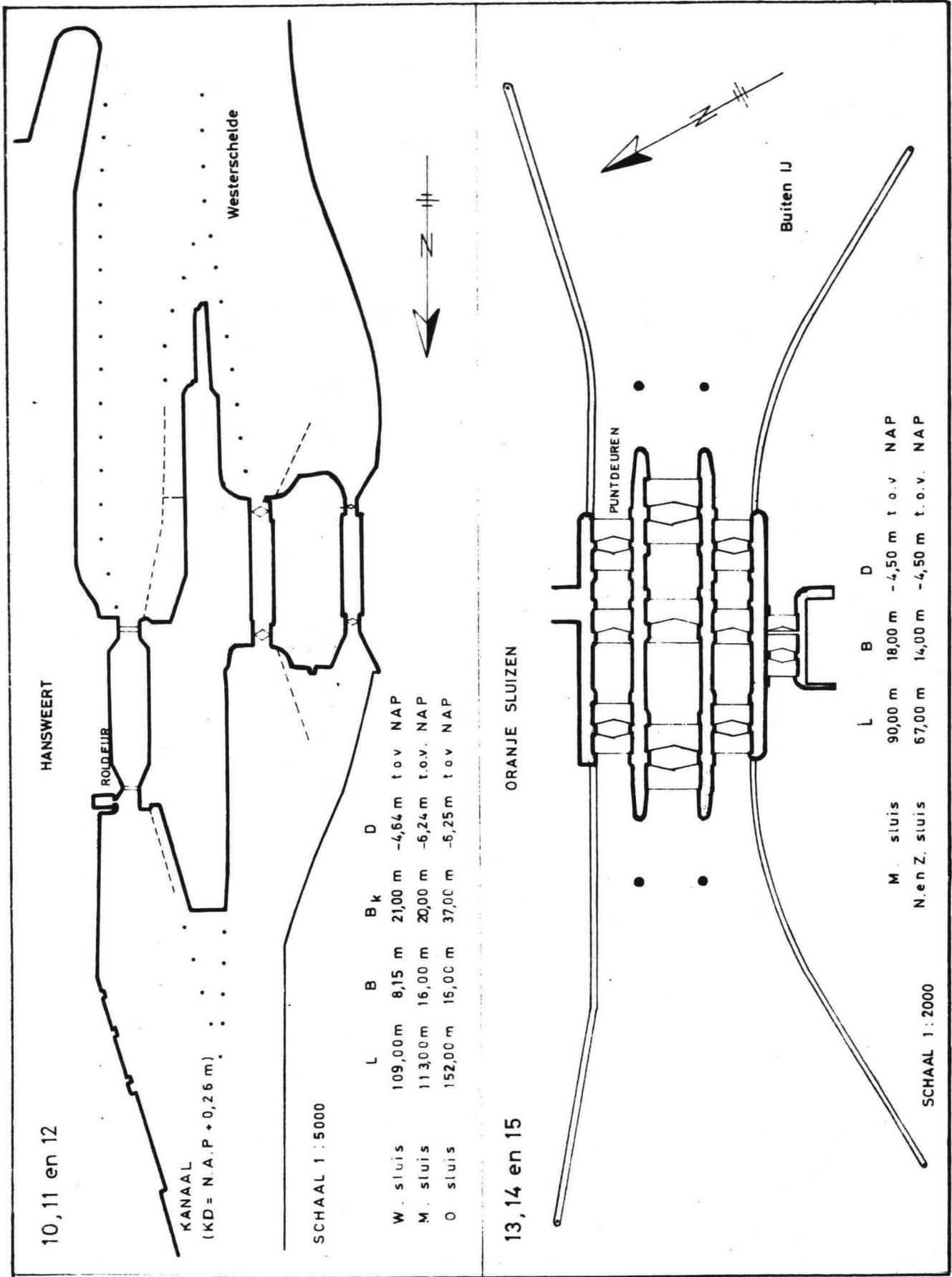
A_l : Lusaafstand

Fig. 5.2.1 De belangrijkste maten van sluiskolk en voorhavens



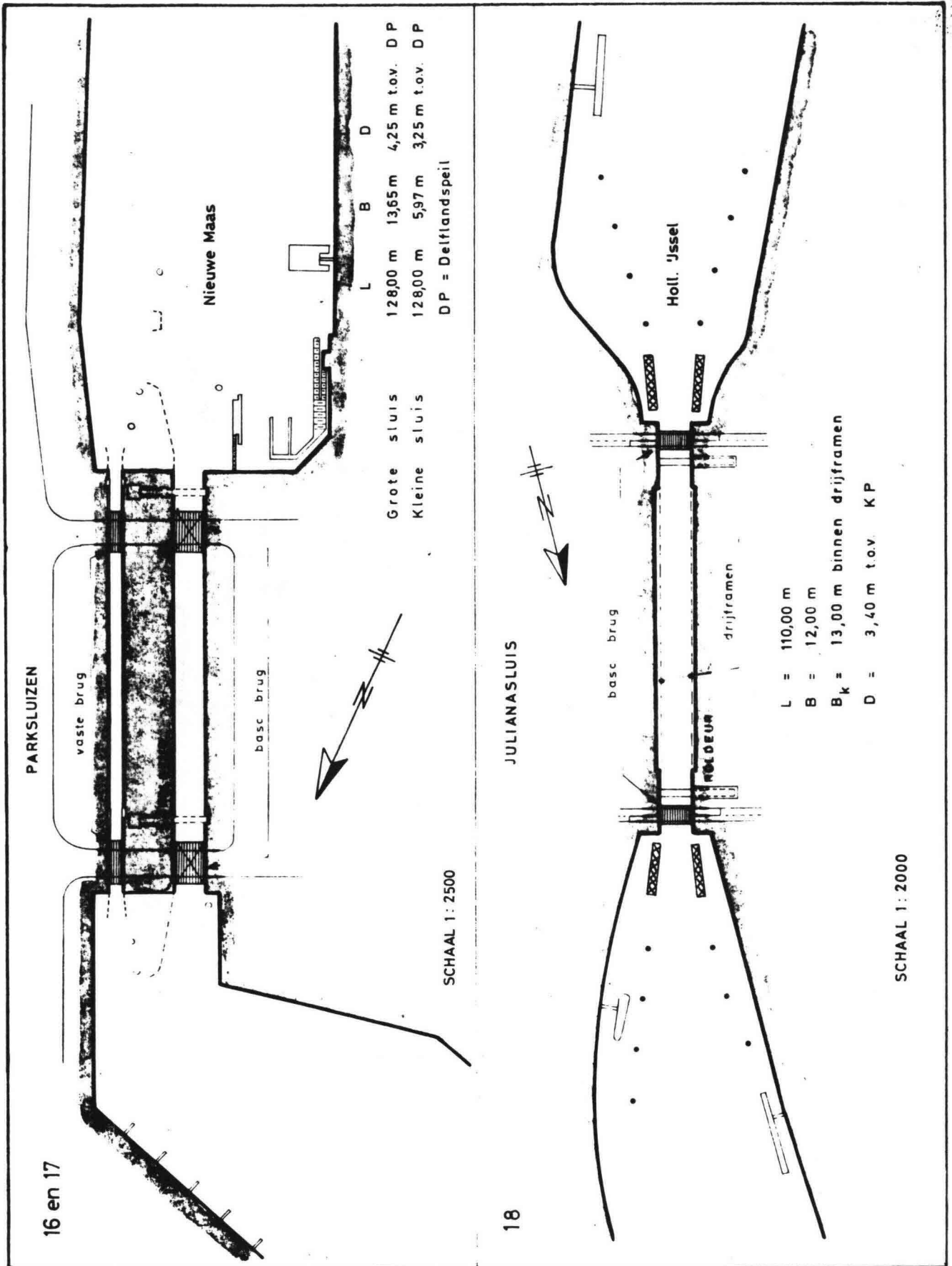
SITUATIE BEATRIXSLUIZEN (VREESWIJK) EN GROTE HARTELSLUIS

Fig. 5.2.2.



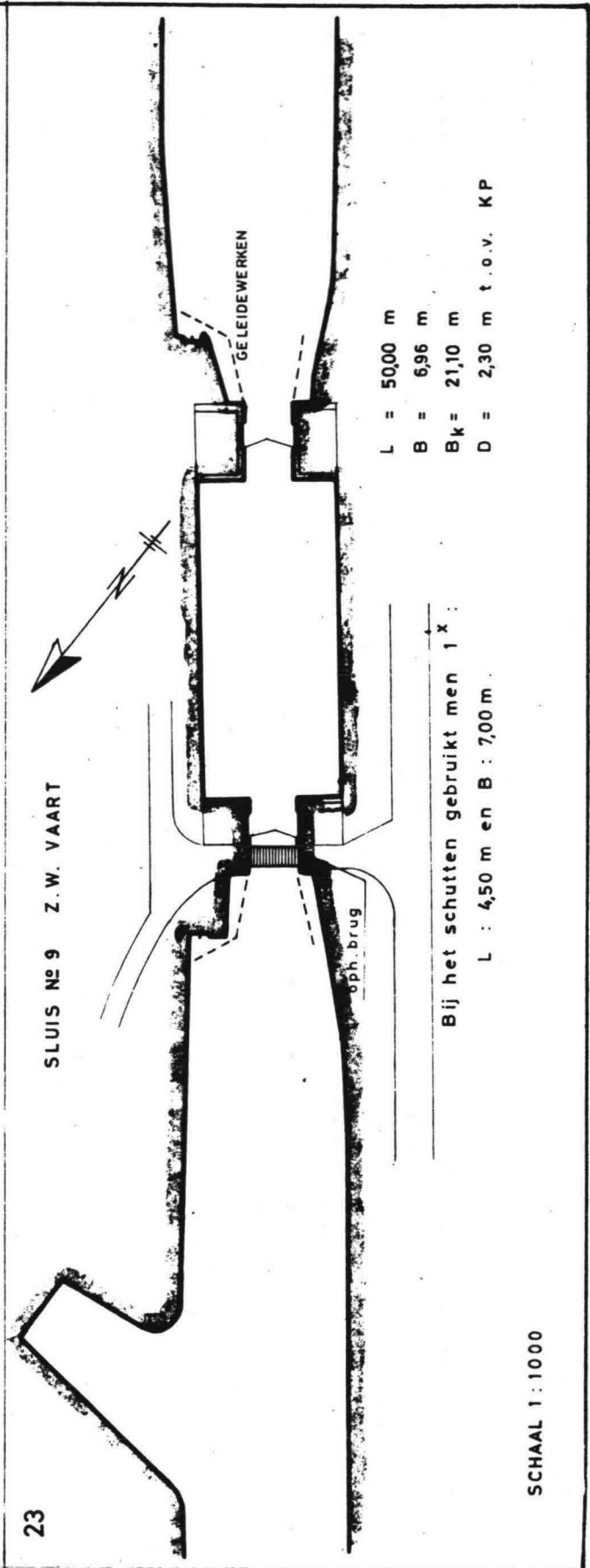
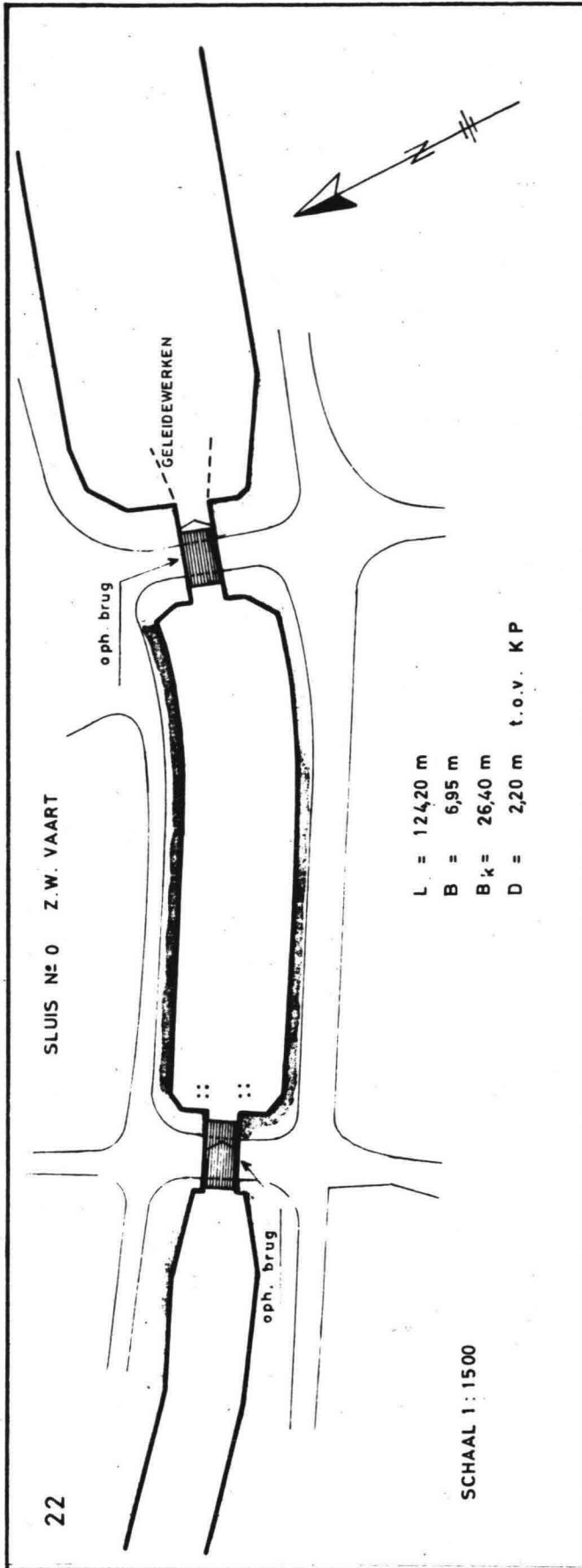
SITUATIE SLUIZEN TE HANSWEERT EN ORANJESLUIZEN

Fig. 5.2.3.



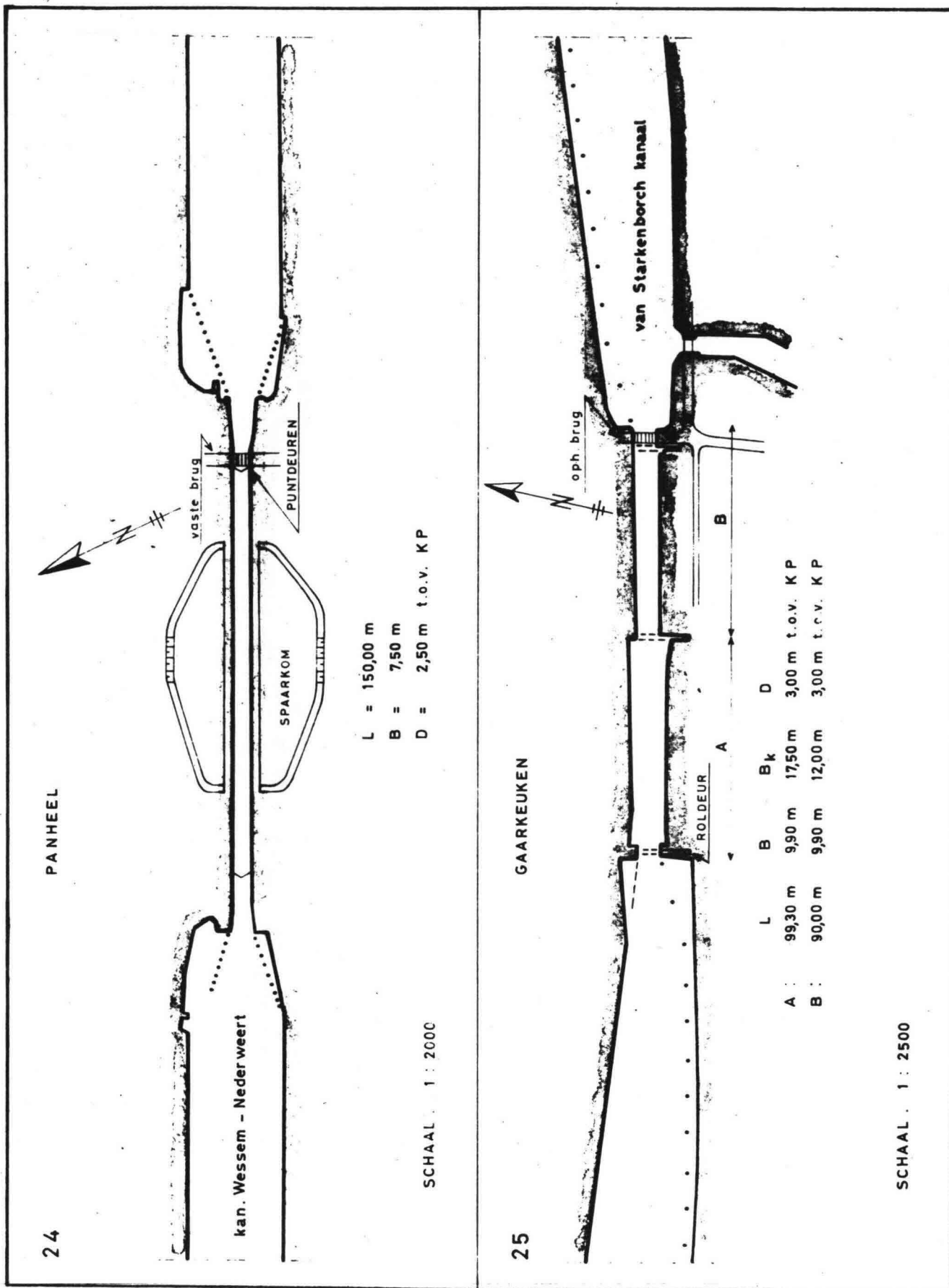
SITUATIE PARKSLUIZEN EN JULIANASLUIS

Fig. 5.2.4



SITUATIE SLUIZEN No.'s 0 EN 9 IN DE ZUIDWILLEMSVAART

Fig. 5.25



SITUATIE SLUIS PANHEEL EN SLUIS GAARKEUKEN

Fig. 5.2.6

5.3. GELEIDWERKEN EN WACHTPLAATSEN

5.3.1. INLEIDING

In de 60-er jaren zijn uitgebreide onderzoeken ingesteld naar de vormgeving en dimensionering van geleidewerken voor duwvaartsluizen. Op basis van deze onderzoeken en van latere praktijkervaringen kunnen algemene ontwerpregels voor geleidewerken en wachtplaatsen worden opgesteld. Het onderzoek wordt beschreven in [4].

De ontwerpregels hebben in hoofdzaak betrekking op het volgende:

- a. Vorm in plattegrond en situering ten opzichte van de sluisas.
- b. Hoogte boven de waterspiegel
- c. Diepte beneden de waterspiegel
- d. Lengte van de verschillende onderdelen
- e. Overgang van opstelruimte naar geleidewerk

M.b.t. de geleidewerken enz. worden de volgende definities gehanteerd:

1. Geleidewerk. Dit is de constructie die tot doel heeft om de schepen, op weg naar de sluis, geleiding te geven.
2. Mechanische geleiding. Geleiding door mechanisch contact met het geleidewerk.
3. Optische geleiding. Geleiding door middel van visuele oriëntatie op de omgeving.
4. Fuik. De fuik wordt gevormd door twee divergerende geleidewerken die ter weerszijden van de sluisas zijn opgesteld.
5. Opstelruimte. Plaats voor de schepen die bij de eerstvolgende schutting aan de beurt zijn.
6. Wachtplaats. Plaats voor de schepen die bij de eerstvolgende schutting niet aan de beurt komen.
7. Eénrichtingsverkeer. Door de sluis worden slechts in één richting schepen geschut; in de tegenovergestelde richting vinden dus "lege" schuttingen plaats.
8. Tweerichtingsverkeer. In beide richtingen worden schepen geschut.

5.3.2. FUNKTIES VAN DE GELEIDWERKEN EN WACHTPLAATSEN

Geleidewerken dienen ter bevordering van zowel de VEILIGHEID van de sluispassage als de SCHUTKAPACITEIT in geval van VRIJVARENDE SCHEPEN. In verband met de veiligheid zijn de volgende aspecten van belang:

- . Aanvaren van de frontmuren tijdens de sluisinvaart
- . Klemvaren in de sluisingang
- . Aanvaren van openstaande deuren in de kassen
- . Aanvaren van het geleidewerk zelf
- . Veiligheid van wachtende schepen

In verband met de capaciteit gaat het om de duur van de in- en uitvaart.

- a. In- en uitvaarsnelheid van de betrokken schepen.
- b. Opstel mogelijkheden voor wachtende schepen (startpositie)
- c. Manoeuvrere mogelijkheden voor in- en uitvarende schepen
- d. Standaardisatie

T.a.v. het eigenlijke geleidewerk zijn de volgende functies te onderscheiden:

- a. mechanische geleiding
- b. optische geleiding
- c. beschutting tegen zijwind

5.3.3. ONTWERPREGELS VOOR GELEIDWERKEN VAN DUWVAARTSLUIZEN

Algemeen

1. In verband met de veiligheid en ter bevordering van de vaarsnelheid is aan de invaartzijde, een tweezijdig geleidewerk gewenst.
2. Om klemvaren van een duweenheid te voorkomen en het effect van aanvaringen met openstaande deuren of het geleidewerk zelf te beperken, dient in de buurt van de sluisingang, het geleidewerk geen of slechts een geringe helling te hebben t.o.v. de sluisas.
3. De maximale helling van het geleidewerk, op grotere afstand van de sluisingang, kan gesteld worden op 1 : 6 t.o.v. de sluisas.
4. De bevaarbare breedte bij het begin van de geleidewerken dient met het oog op de "fuikfunctie" naar schatting minimaal ca 35 m te bedragen. Bij de verschillende mogelijke vormgevingen leidt dit tot minimale lengten van 70 tot 110 meter.
5. De hoogte van de geleidewerken, boven water, dient in verband met de mechanische geleiding van ongeladen duweenheden, tenminste 3,00 m te bedragen (zie figuur 5.3.3.1).
6. De onder 5 genoemde hoogte is tevens voldoende om ongeladen schepen een goede beschutting tegen zijwind te bieden. In verband hiermee dient de lengte aan de invarzijde ca 80 m te bedragen, aan de uitvarzijde is een lengte van min. 100 m gewenst. (Zie fig. 5.3.3.2. en 5.3.3.3.).
7. In verband met zuigingsverschijnselen heeft een geleidewerk dat onder water "open" is, de voorkeur boven een dichte wand. Er dient echter gestreefd te worden naar een symmetrische oplossing in die zin, dat de graad van "openheid" aan beide zijden van de sluisas, ongeveer even groot is. Twee dichte wanden is beter dan een open en een dichte wand tegenover elkaar.
8. Geleidewerken dienen tot een diepte van enkele dm's onder de waterspiegel te steken om klemvaren onder het geleidewerk te voorkomen.
9. Een ononderbroken constructie met een geleidende functie, tussen opstelruimte en fuik, is zeer gewenst.
10. Indien rekening gehouden moet worden met "vrij" invarende duweenheden, is een optisch gunstige vormgeving gewenst.

Tweerichtingsverkeer

11. Met het oog op de benodigde manoeuvreerruimte voor de uitvarende schepen en de situering van de opstelruimten, zijn divergerende geleidewerken noodzakelijk.

12. Een goede mechanische geleiding wordt verkregen door het toepassen van een gebogen vorm die aan het ene uiteinde, zonder knik, overgaat in de kolkwand en aan het andere uiteinde, eveneens zonder knik, in een recht gedeelte dat een helling heeft van 1 : 6 met de sluisas. Het is aan te bevelen om voor de gebogen vorm een cirkel te kiezen met een straal van 500 à 600 m.
13. Een recht geleidewerk in het verlengde van de kolkwand is, met het oog op de schutkapaciteit, sterk af te raden.
14. Er dient rekening gehouden te worden met een vrije invaart van duweenheden terwijl de opstelruimte, dicht bij de kolk, bezet is door andere schepen. In verband hiermee is een goede optisch geleidende vormgeving gewenst (symmetrie t.o.v. de sluisas, kleine hellingen in de omgeving van de sluisingang, duidelijke fuikvorm, geen grote hoogteverschillen aan weerskanten)
15. Voor een eenzijdige opstelruimte, waaraan een breedte wordt toegekend die gelijk is aan de kolkbreedte, is de aanbevolen lengte minimaal gelijk aan ca. 1,2 maal de nuttige kolk lengte. Als er aan beide zijden van de sluisas een opstelruimte aanwezig is dan zal de gezamenlijke lengte iets groter zijn dan het genoemde bedrag.

Eénrichtingsverkeer

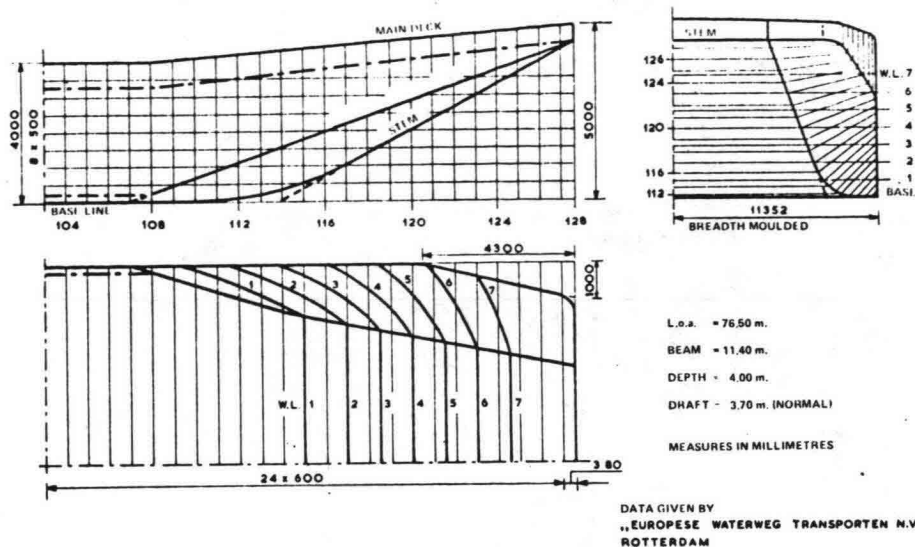
16. De geleidewerken aan de invarzijde dienen opgesteld te worden in het verlengde van de kolkwanden waardoor in feite de sluis kolk kunstmatig verlengd wordt. Hierdoor ontstaat een opstelruimte waarop de schepen doelmatig gegroepeerd kunnen worden. Bovendien kunnen de gereed gelegde schepen min of meer als een "pakket", langs de geleidewerken, de kolk binnenschuiven.
17. De onder punt 16 genoemde "verlengde kolkwanden" moeten op nader te bepalen punten overgaan in divergerende geleidewerken. Het is aan te bevelen hiervoor de in punt 12 van deze ontwerpregels genoemde grondvorm te kiezen.
18. Het is in principe mogelijk het rechte geleidewerk aan één zijde te laten doorlopen tot aan de wachtplaats. Het is echter nog niet aangetoond dat een dergelijke vormgeving een gunstige invloed heeft op de schutkapaciteit.
19. Bezwaren tegen de onder punt 18 genoemde vormgeving zijn:
 - a. Indien een duweenheid, in verband met de veiligheid, als eerste schip moet invaren, dan kan dit moeilijkheden opleveren indien de opstelruimte bezet is door andere schepen.
 - b. Het streven naar standaardisatie in de vormgeving wordt doorbroken.
 - c. Bij incidenteel tweerichtingsverkeer, een sterk vertragende invloed op de in- en uitvaart.
20. Een ononderbroken geleidende constructie tussen de opstelruimte en de wachtplaats is gewenst.
21. Ten aanzien van de hoogte van de geleidewerken boven en onder de waterspiegel geldt hetzelfde als in de punten 5, 6 en 8 is vermeld.

5.3.4. ONTWERPREGELS VOOR GELEIDWERKEN VAN NIET DUWVAARTSLUIZEN

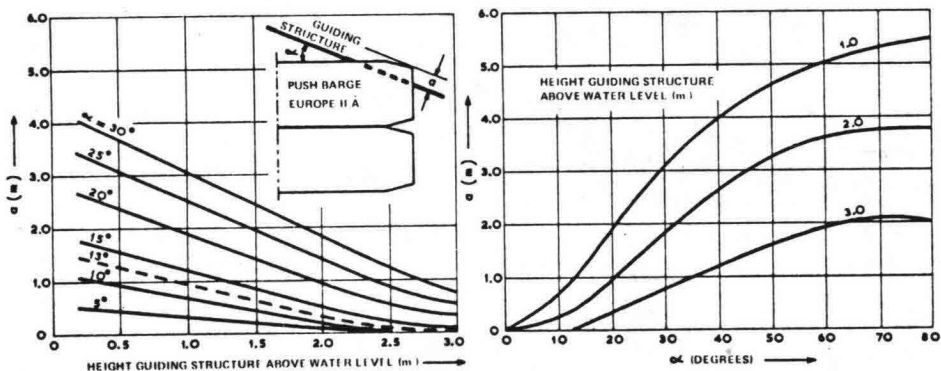
Alleen het geval van tweerichtingsverkeer wordt in beschouwing genomen.

1. Met het oog op de veiligheid en ter bevordering van een vlotte invaart is een tweezijdig fuikvormig geleidewerk noodzakelijk.
2. Met het oog op een vlotte invaart en de in dit verband benodigde manoeuvreerruimte, dienen de geleidewerken vanaf de sluis, zo sterk mogelijk te divergeren. Hiermee wordt tevens bereikt dat de opstelruimte dicht bij de sluisingang wordt gesitueerd.
3. Voor het verkrijgen van een nog bevredigende mechanische geleiding mag bij toepassing van een recht geleidewerk, geen grotere divergentie worden toegepast dan 1 : 6 t.o.v. de sluisas.
4. Het verdient aanbeveling om m.h.o. op een goede optische geleiding een symmetrische fuikt toe te passen waarvan de lengte naar schatting de helft bedraagt van die van het langste schip.

Verder zijn achtereenvolgens de regels 7, 8, 9, 13 en 15 uit par. 5.3.3. van toepassing.



Plan of the forebody of the push barge 'Europe IIA'

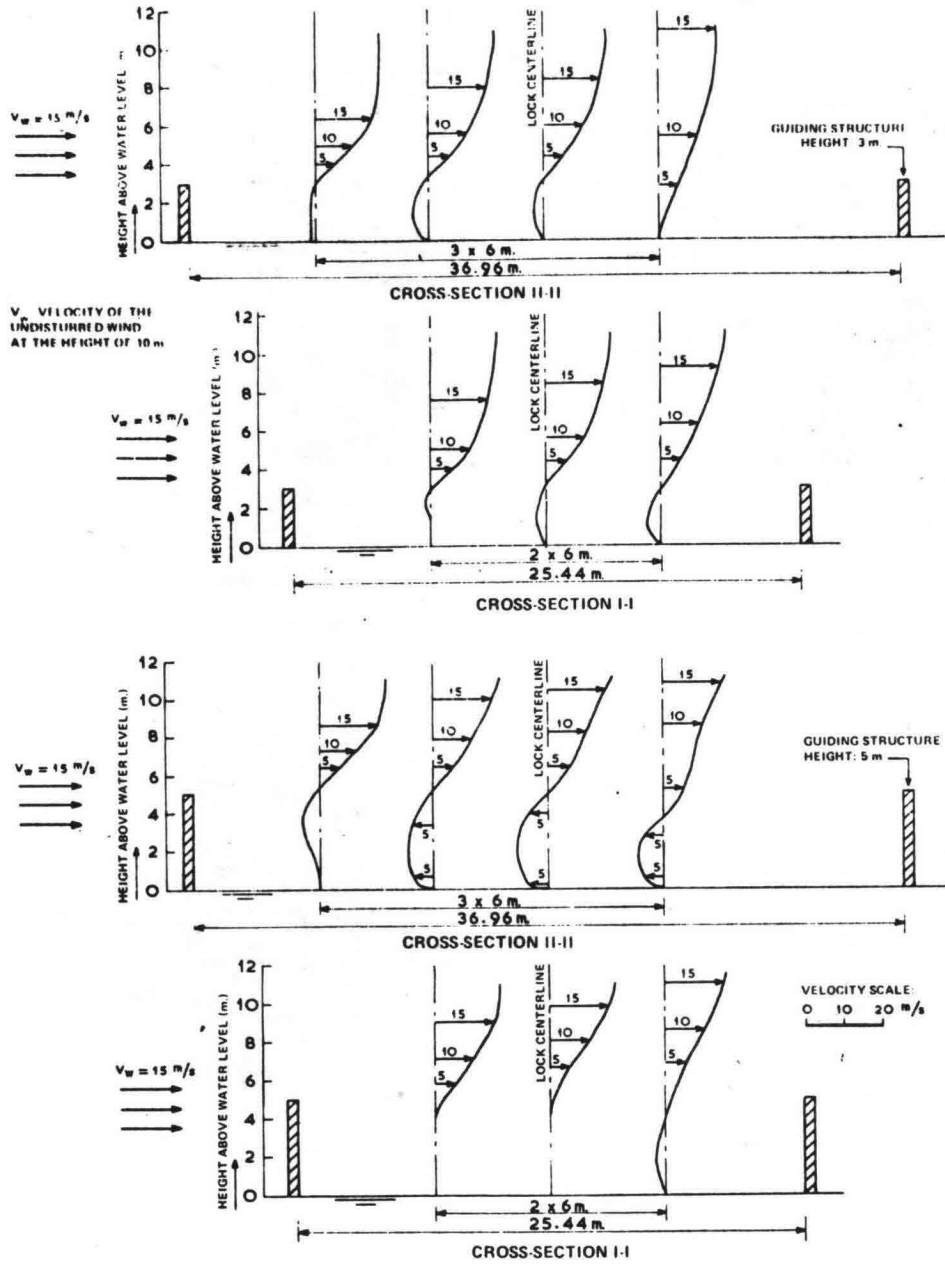


Distance (a) over which the push barge 'Europe IIA' sticks out over the guiding structure

Figuur 5.3.3.1.

Hoogte geleidewerk in relatie tot de lege duwbak van het type Europa II A

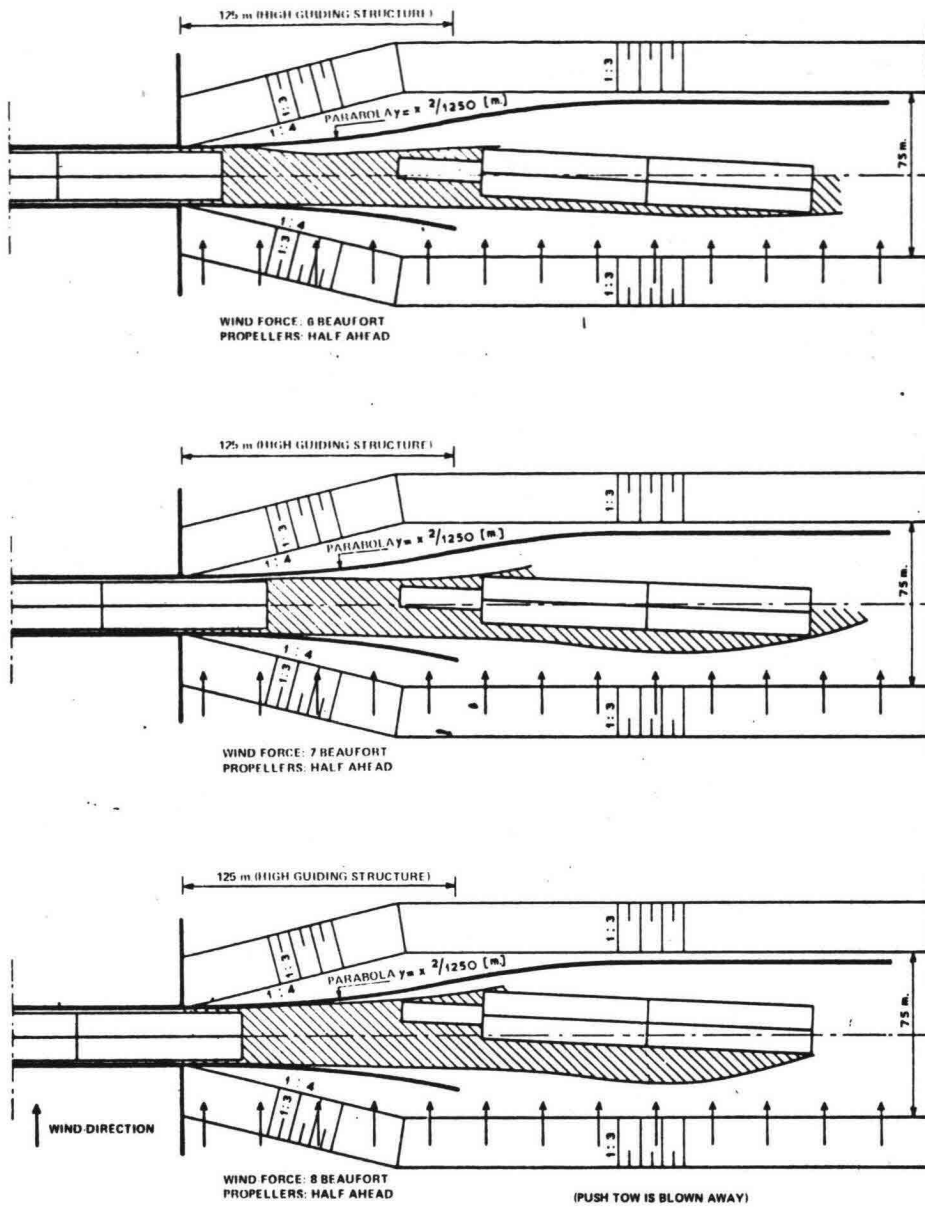
Bron [4].



Figur 5.3.3.2.

Wind velocity distribution between the guiding structures (wind flume tests).

Bron [4].



Figuur 5.3.3.3.

Width of lanes when an unloaded push tow leaves the lock exposed to side-wind.

Bron [4].

5.4. Verschijnselen tijdens de sluisinvaart

5.4.1. INLEIDING

Bij de overgang van voorhaven naar de relatief nauwe sluis krijgt een schip te maken met aanpassingsverschijnselen t.a.v. de vaarsnelheid en het retourstroomdebiet. De volgende aanpassingsverschijnselen zijn van belang:

1. EEN POSITIEVE TRANSLATIEGOLF DIE DE SLUIS INLOOPT
2. EEN STERKE TOENEMING VAN DE RETOURSTROOMSNELHEID
3. EEN NEGATIEVE TRANSLATIEGOLF DIE DE VOORHAVEN INLOOPT

De optredende verschijnselen zijn sterker naarmate de vaarsnelheid hoger is en de verhouding van de natte dwarsdoorsneden van schip en sluis (f/F) groter wordt. Een uitgebreid onderzoek naar deze verschijnselen en de gevolgen voor de veiligheid enz. wordt beschreven in [4]. Tevens wordt verwezen naar [5].

5.4.2. VERLOOP VAN DE SLUISINVAART

De sluisinvaart wordt als volgt beïnvloed:

- TOENEMING SCHEEPSWEERSTAND door verkleining van het dwarsprofiel
- GENERATIE VAN EEN TRANSLATIEGOLF; verder toeneming van de weerstand door:

- . HYDROSTATISCHE KRACHT

- . GROTERE WRIJVINGSKRACHTEN DOOR VERSNELLING RETOURSTROOM

- VERTRAGENDE EN VERSNELLENDE KRACHTEN DOOR HEEN EN WEERLOPENDE GOLF

Schematische weergave krachtenspel : FIGUUR 5.4.2.1.

Voorbeelden ontleend aan modelproeven : FIGUUR 5.4.2.2.

Voorbeelden ontleend aan de praktijk : FIGUUR 5.4.2.3.

Uit figuren blijkt dat de invaart een onregelmatig karakter heeft. Dit kan gevaarlijk zijn i.v.m. de mogelijkheid van doorschieten e.d. Onregelmatigheid neemt af bij lagere aanvangssnelheid en een grotere f/F .

In de praktijk zal er bij $f/F < 0,4$ i.h.a. weinig meer aan de hand zijn.

Bij duwvaartsluizen $f/F = 0,7 \text{ à } 0,8$.

Bij zeevaartsluizen b.v. Terneuzen $f/F = 0,75$ (grootste schepen)

Noordersluis $f/F = 0,70$ (grootste schepen)

5.4.3. TRANSLATIEGOLVEN IN DE SLUISKOLK

De translatiegolf wordt opgewekt door invarend schip:

- terugkaatsing tegen gesloten deur(en) : HOOGTEVERDUBBELING
- terugkaatsing tegen open einde : NEGATIEVE GOLF

Verloop wordt weergegeven in FIGUUR 5.4.3.1. (ontleend aan praktijkproef).

DE MAXIMALE HOOGTE (Z_{\max}) WORDT BEREIKT BIJ 1^e TERUGKAATSING TEGEN GESLOTEN DEUR.

Z_{\max} IS RECHTEVENREDIG MET V_o^2 (KWADRAAT AANVANGSSNELHEID)

idem met $\frac{f}{F-f}$ (verhouding door het schip bezette deel van het dwarsprofiel en het resterende deel).

Z_{\max} is evenredig met $V_o^2 \cdot \frac{f/F}{1-f/F}$

Voor experimenteel bepaald verband zie: FIGUUR 5.4.3.2.

Door opgewekte translatiegolven ontstaat gevaar voor reeds afgemeerde schepen: zie FIGUUR 5.4.3.3.

De statische horizontale kracht op het schip is ongeveer gelijk aan de helling van de waterspiegel maal het scheepsgewicht.

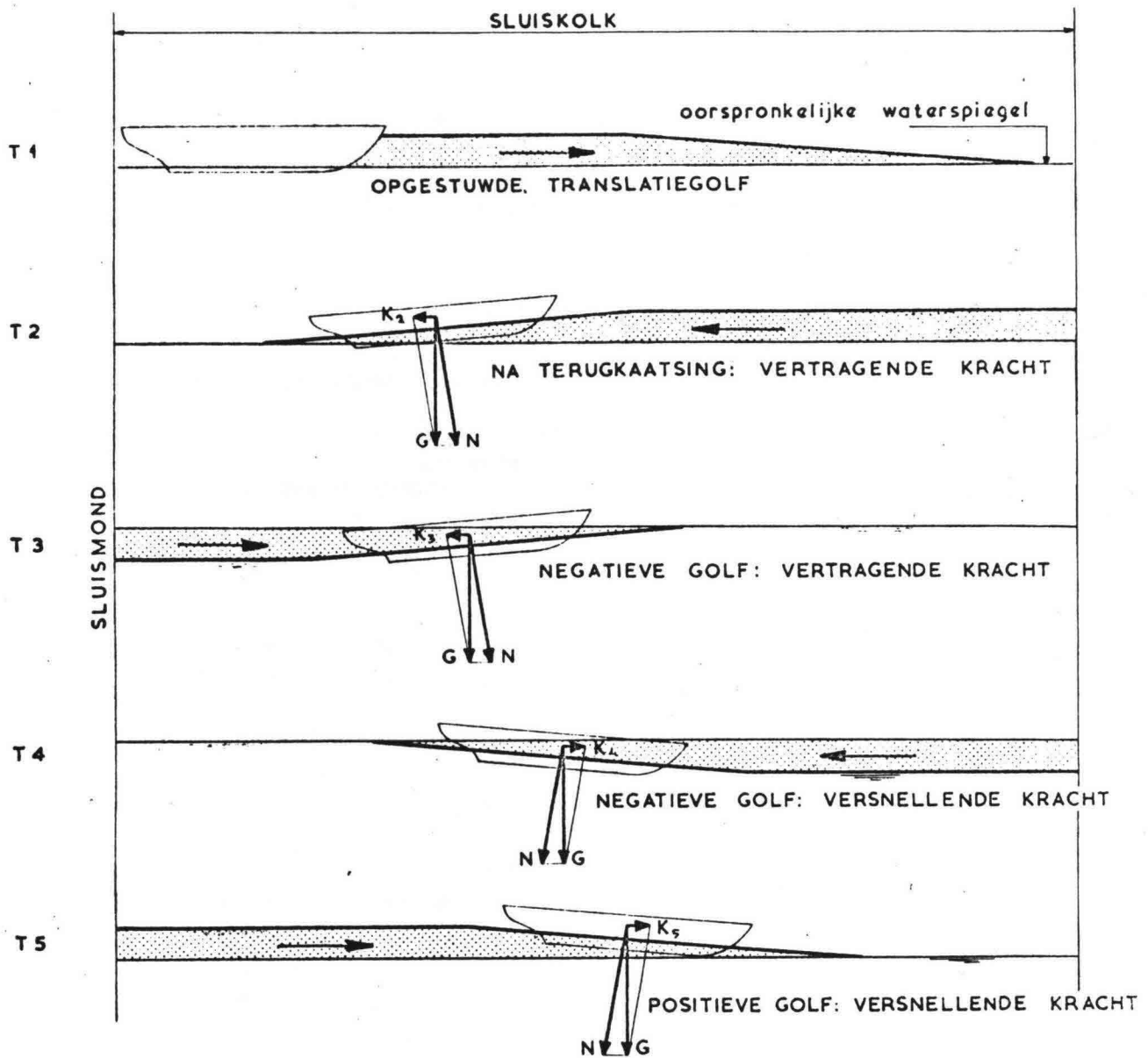
De krachten die door de trossen moeten worden opgenomen hebben echter een dynamisch karakter (schip valt in de tros).

5.4.4. STROOMSNELHEDEN OVER HET STORTEBED

In geval van een relatief grote f/F kunnen tijdens de sluisinvaart in een punt buiten de sluis vlak voor de ingang; de volgende verschijnselen worden waargenomen:

1. De voorsteven van het schip passeert; de retourstroom neemt toe tot een maximale waarde en neemt vervolgens af.
2. De boeg passeert de sluisingang; de retourstroom loopt sterk op waarbij het max. hoger is dan het eerste max. (Koncentraties bij de hoeken van de frontmuren).
3. Na terugkaatsing opgewekte translatiegolf treedt opnieuw een maximum op.
4. Het schip is ver in de sluis gevorderd; de vaarsnelheid is sterk afgenomen terwijl toch een hoog schroeftoerental wordt toegepast. De schroefstroom overheerst.

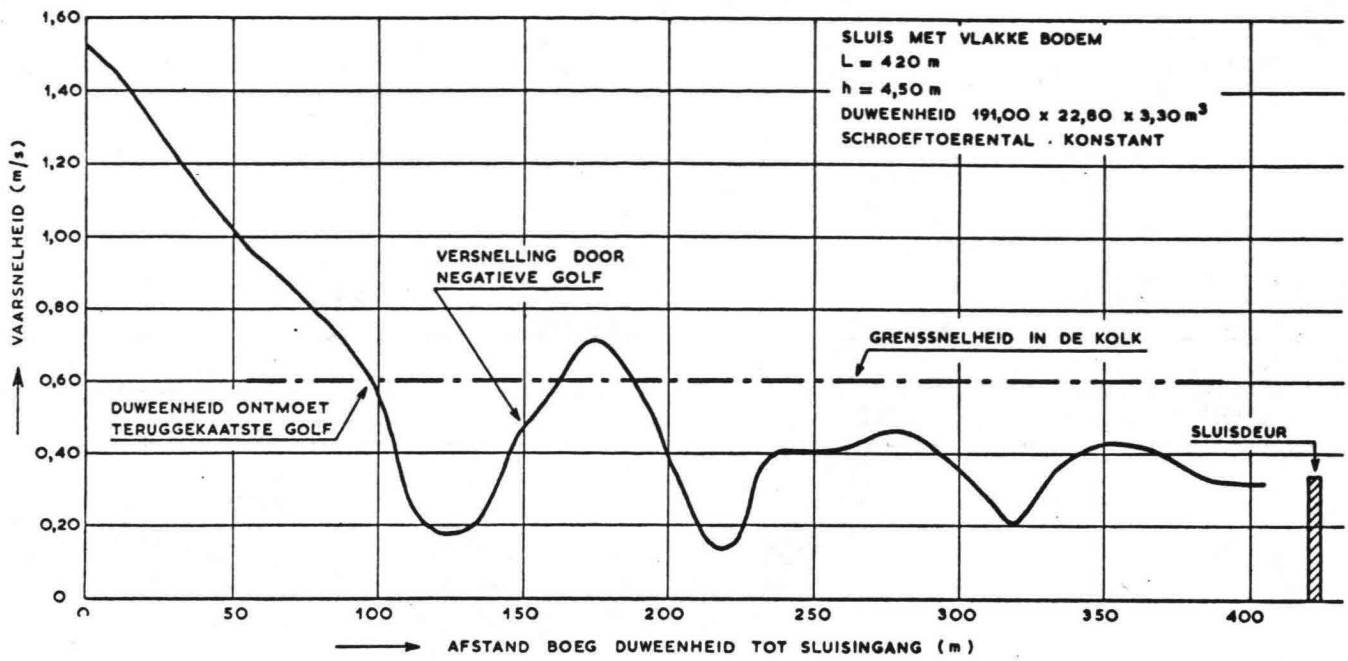
BIJ HET ONTWERP VAN EEN SCHUTSLUIS DIENT MET DE HIER BESCHREVEN AANVAL OP HET STORTEBED REKENING TE WORDEN GEHOUDEN. DEZE KAN MAATGEVEND ZIJN IN VERGELIJKING TOT b.v. DE LEDIGINGSSTROOM.



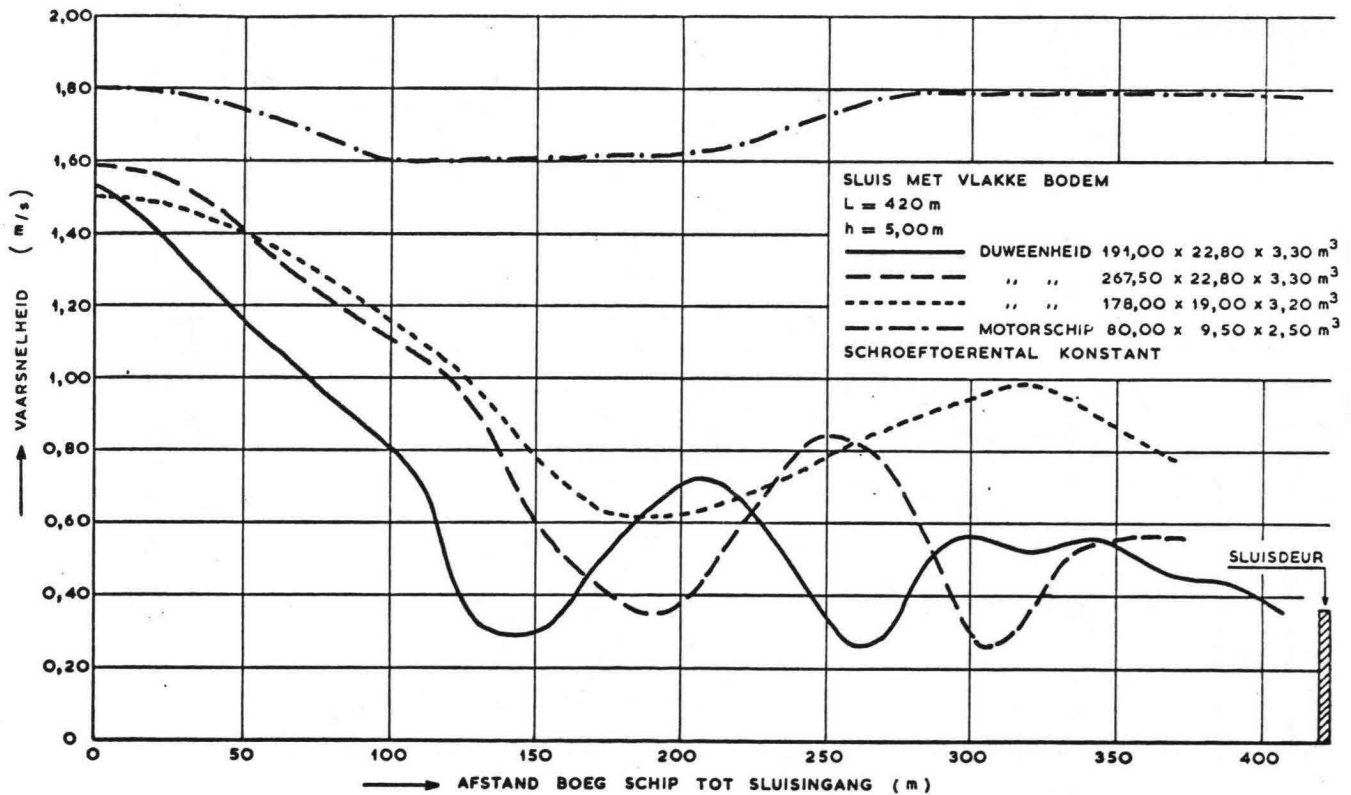
G = scheepsgewicht (= waterverplaatsing)
 K = horizontale component van het scheepsgewicht
 N = component van het scheepsgewicht loodrecht op de golfhelling

Figuur 5.4.2.1.

Schematische weergave van de versnellende en vertragende krachten die op een invarend schip worden uitgeoefend.



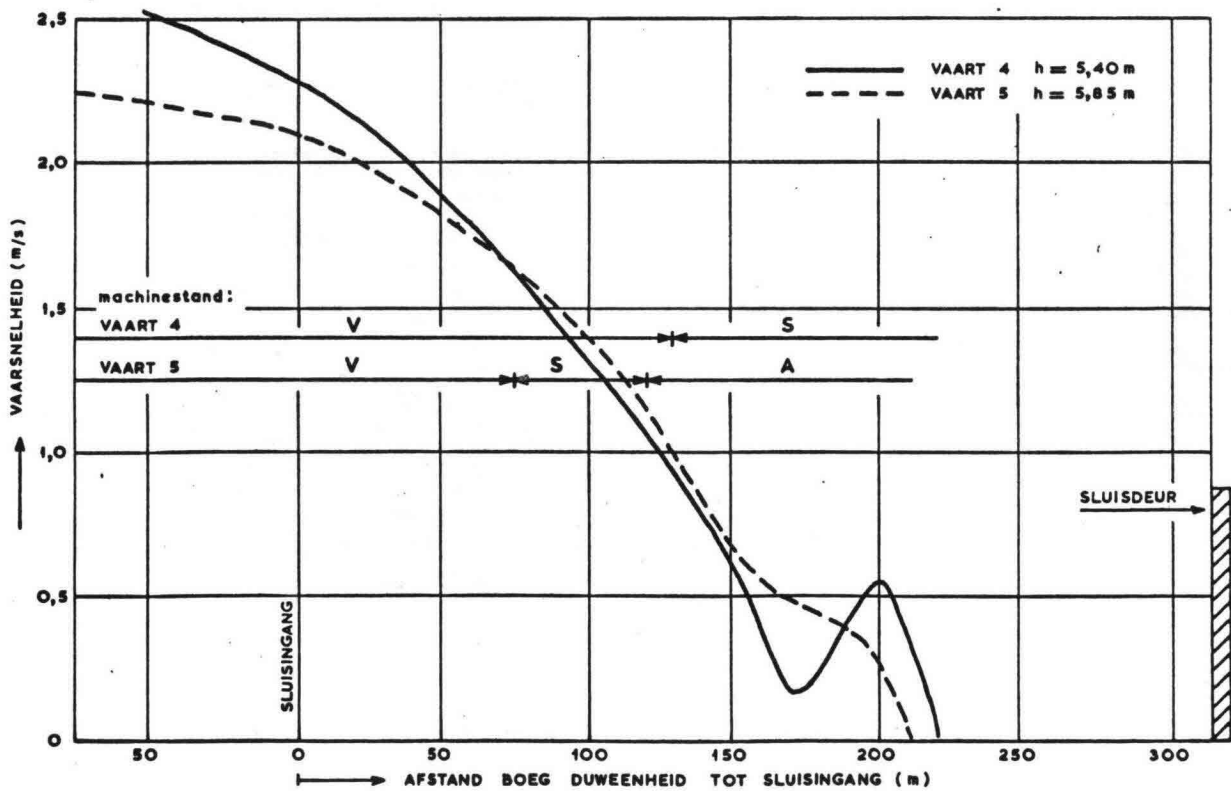
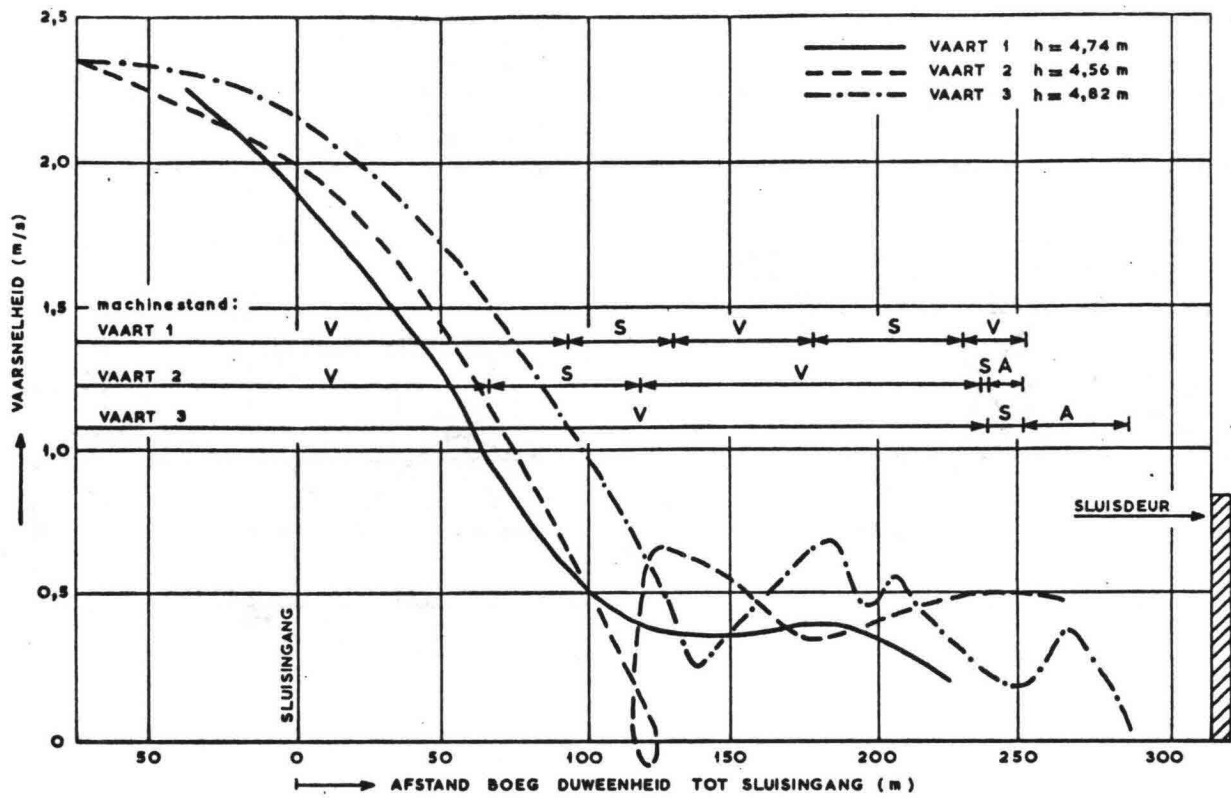
Verloop van de vaarsnelheid in de sluis.



Verloop van de vaarsnelheid in de sluis van verschillende schepen.

Figuur 5.4.2.2.

Sluisinvaart verschillende schepen (sluisafmetingen $B = 24 \text{ m}$, $L = 420 \text{ m}$)
 Bron [4].



Machinestanden: V = Vooruit
 S = Stop
 A = Achteruit

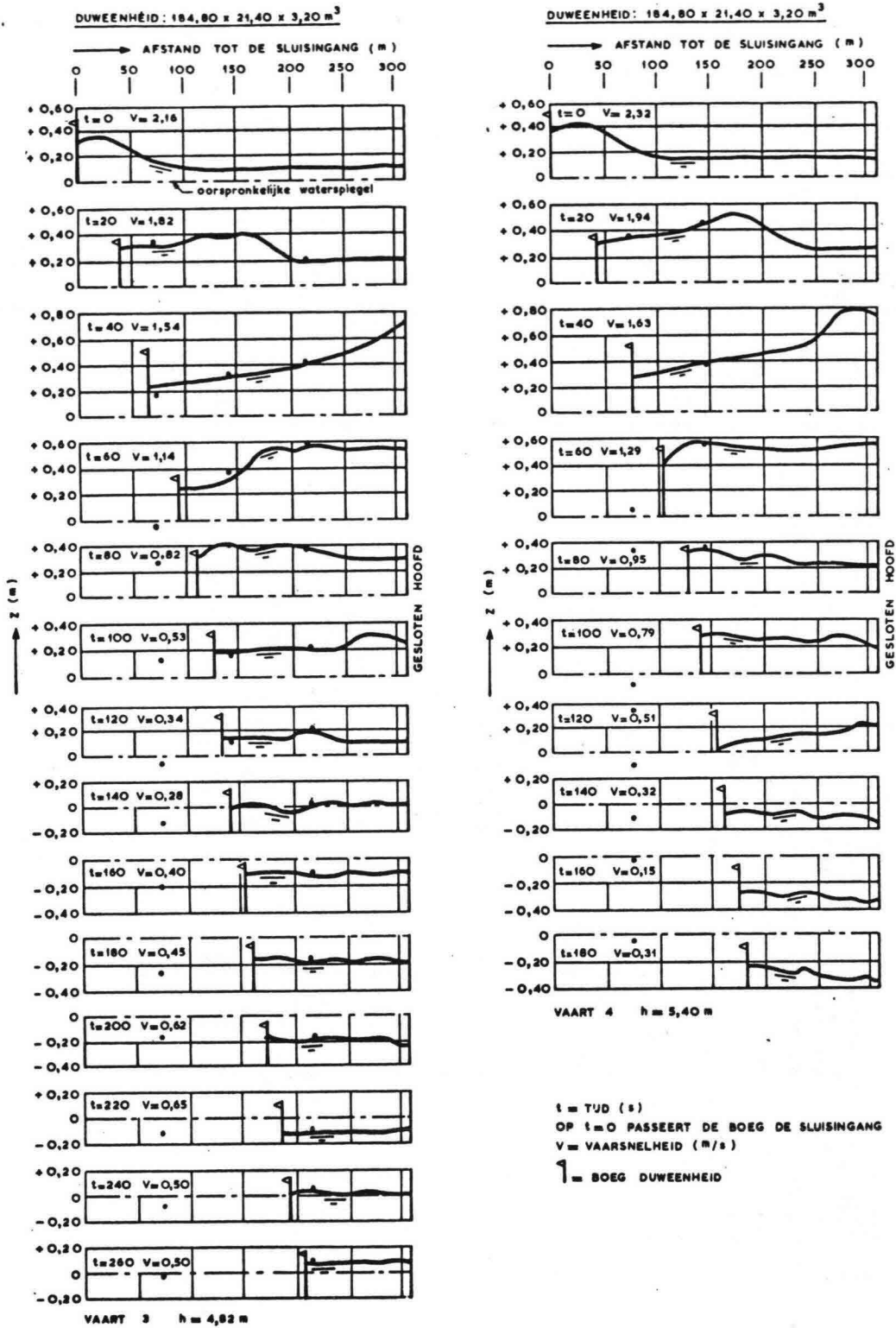
DUWENHEID: $164,80 \times 22,40 \times 3,20 \text{ m}^3$

(beide schroeven ongeveer
 het zelfde toerental)

Figuur 5.4.2.3.

Verloop van de vaarsnelheid in de Hartelsluis.

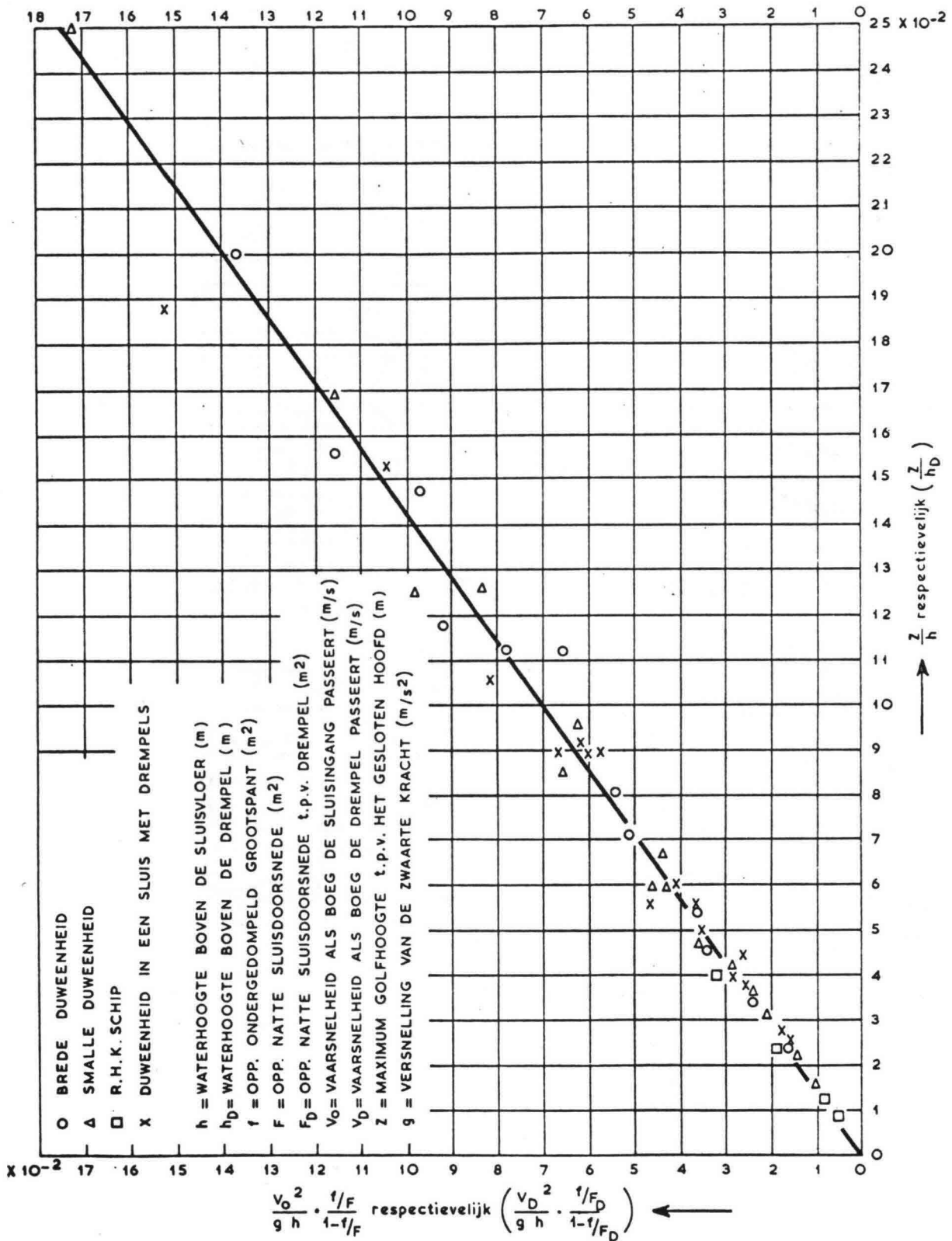
Bron [4].



Figuur 5.4.3.1.

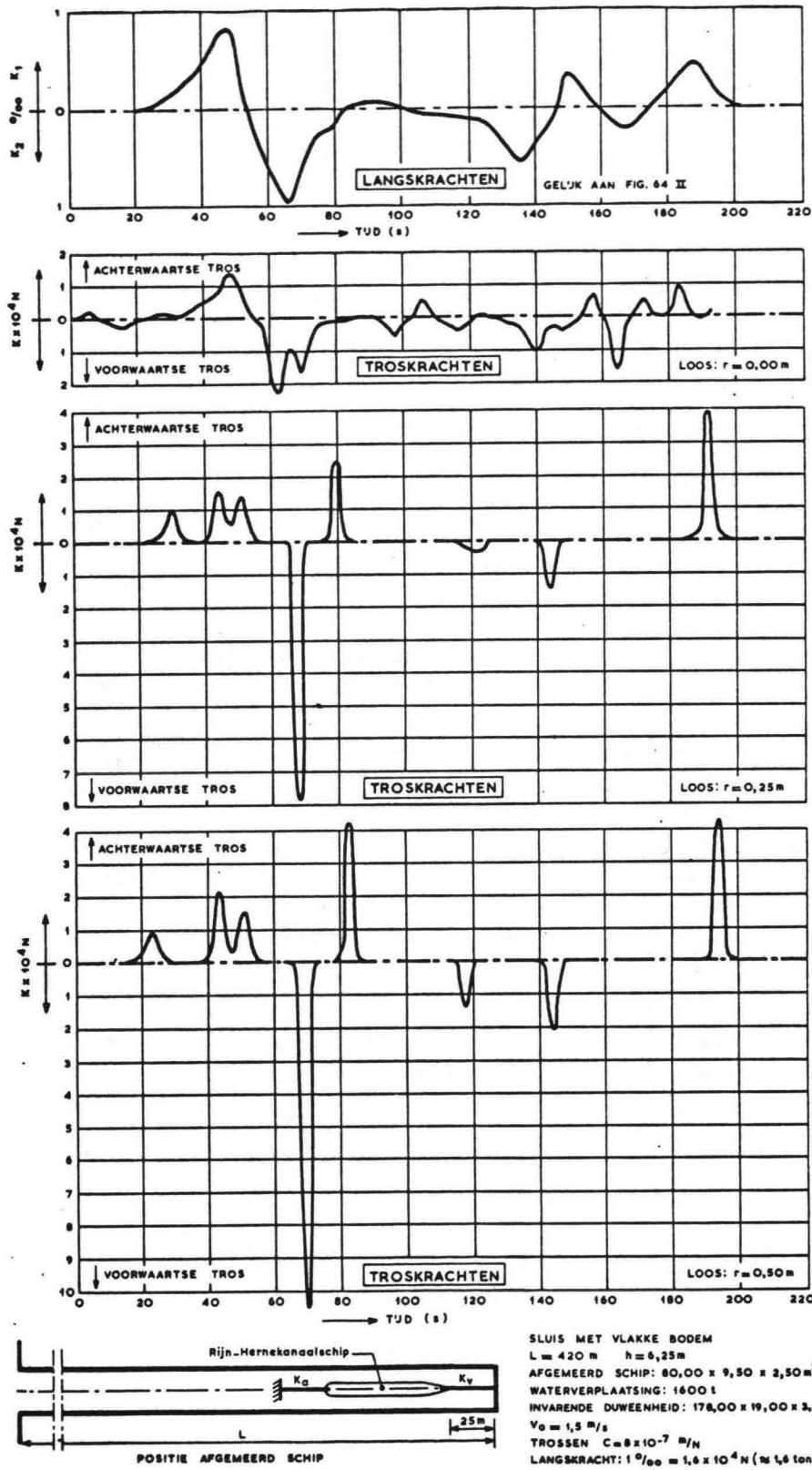
Translatiegolven in de Hartelsluis opgewekt door een invarende duweenheid.

Bron [4].



Figuur 5.4.3.2.

Maximale hoogten van de translatiegolf ter plaatse van het gesloten hoofd.



Figuur 5.4.3.3.

Troskrachtendiagrammen vergeleken met een langskrachtendiagram.

5.5. DE HOOFDAFMETINGEN VAN DE SLUIS

5.5.1. SCHUTKOLK

De hoofdafmetingen van de schutkolk worden bepaald door de drie maatgevende factoren

1. HET MAATGEVENDE SCHIP
2. DE MAATGEVENDE KOMBINATIE VAN DE SCHEPEN
3. DE MAATGEVENDE SCHEEPVAARTINTENSITEIT (ZIE VERDER HOOFDSTUK 6)

De minimaal vereiste kolkafmetingen worden bepaald door 1 en 2.

BINNENVAART (maatgevende schip)

SCHUTLENGTE (L) : SCHEEPSLENGTE (l) + 5 à 10%

(Europese norm voor klasse IV : $l = 80$ m, $L = 85$ m)

WIJDTE (B) : hangt af van de kwaliteit van de geleidewerken.

Bij duwvaartsluizen $B = b + 5\%$

Gewenst bij konventionele sluizen $B = b + 10\%$ (goede geleidewerken)

$B = b + 20\%$ (primitieve geleidewerken).

DREMPELDIEPTE (D) :

MINIMAAL $D/d = 1,2$ (geringe frekwentie maatgevend schip)

GEBRUIKELIJK $D/d = 1,4$

Duwvaartsluizen $D/d = 1,6$ (aanbevolen)

BINNENVAART (maatgevende combinatie van schepen)

Bij de maatgevende combinatie gaat het meestal om een sleepschip of gesleept objekt plus één of meer sleepboten. In dit geval rekening houden met de ruimte voor de sleepboten.

- Sleepschip (1) + sleepboot (2) ernaast (afremmen)

$$\cdot B = 1,1 \text{ à } 1,2 \times b_1 + b_2, L = l_1 + 5 \text{ à } 10\%$$

- sleepschip (1) + sleepboot (2) ervoor

$$\cdot L = l_1 + l_2 + \text{lengte sleepdraad} + 5\%, B = b_1 + 5\%$$

ZEEVAART

De grootste schepen hebben nagenoeg altijd sleepboothulp (voor en achter).

Door de grote massa van de grootste schepen zijn geen adequate geleidewerken te konstrueren.

Zeeschepen manoeuvreren slechter dan binnenschepen.

MAATGEVEND IS GROOTSTE SCHIP (1) + SLEEPBOOT VOOR (2) + SLEEPBOOT ACHTER (2)

$$\cdot L = l_1 + 2l_2 + 0,2 \text{ à } 0,3 \times l_1 \text{ (zeer globaal)}$$

$$\cdot B = b_1 + 20\%$$

5.5.2. VOORHAVENS EN SLUISEILAND

- . In geval van parallelkolken dient het sluseiland een breedte te hebben van ongeveer 1,5 à 2,0 x B. Smalle sluseilanden zijn ongunstig i.v.m. capaciteit (in- en uitvaart) en veiligheid.
- . De diepte van de opstelruimte c.q. wachtplaats dient tenminste gelijk aan B te zijn.
De lengte van de opstelruimte moet minstens 1,2 L bedragen.
- . De lengte van de wachtplaats is afhankelijk van het scheepsaanbodspatroon. Globaal genomen zal een lengte van eveneens 1,2 L voldoende zijn.
- . Bij een enkele sluiskolk met eenzijdige wacht- en opstelruimte dient de bevaarbare breedte in de voorhaven tenminste 3B te bedragen. Bij een tweezijdige wachtruimte is 3,5 B aan te bevelen.
- . Bij een dubbelsluis zonder midden-geleidewerk verdient het aanbeveling om een voorhavenbreedte gelijk aan 6B te kiezen.

5.6. LITERATUUR

- [1] Kollegediktaat Verkeerswaterbouwkunde deel B.
Voorlopige uitgave 1969.
- [2] Wegwijzer voor de binnenscheepvaart, verbeterde 5^e druk
Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde, Bureau Binnenscheepvaart,
's-Gravenhage.
- [3] Kley, J. v.d.
Vaarwegen in Nederland, Assen 1967
- [4] Kooman, C.
Navigation Locks for Push Tows
Rijkswaterstaat Communications no. 16, 1973.
- [5] Het Waterloopkundig Laboratorium en C. Kooman
Noordersluis IJmuiden
Onderzoeksrapport M 902, DEEL I (1967) en DEEL II (1968)

6. KAPACITEIT EN WEERSTAND VAN SCHUTSLUIZEN

6.1. INLEIDING

Globaal geldt, voor Nederlandse omstandigheden, capaciteit schutsluis is 5 à 10% van de capaciteit van het aangrenzende vaarwegvak. D.w.z.:

DE SCHUTSLUIS IS MAATGEVEND VOOR DE VERKEERSAFWIKKELING OP KANALEN EN GEKANALISEERDE RIVIEREN.

In de volgende paragrafen:

- . ANALYSE SCHUTPROCES
- . BEREKENINGSMETHODEN VOOR KAPACITEIT EN PASSEERTIJD (WEERSTAND)
- . GEGEVENS VOOR HET UITVOEREN VAN BEREKENINGEN
- . REKENVOORBEELDEN

De behandelde stof heeft in hoofdzaak betrekking op Nederlandse binnen-vaartsluizen maar is ook van belang voor andere sluizen.

De stof is voor een belangrijk deel ontleend aan [1]. Voor verdere literatuur met een algemeen karakter wordt verwezen naar [2] terwijl in [3] een eenvoudige praktische benadering wordt gegeven.

6.2. NOTATIE

De volgende symbolen worden toegepast:

A_l	lusafstand	(m)
A_{tl}	aantal te schutten schepen in het uur t, in richting l	
B	doorvaartwijdte sluishoofd	(m)
B_k	breedte van de sluiskolk (moderne sluis $B_k = B$)	(m)
C_s	schutcapaciteit	(sch/uur)
C_{sr}	schutcapaciteit in één richting	(sch/uur)
C_T	schutcapaciteit	(t. lvm/uur)
C_{Tr}	schutcapaciteit in één richting	(t. lvm/uur)
C_w	schutcapaciteit per week	(sch/week)
D	waterdiepte boven de drempel of de vloer in het sluishoofd	(m)
D_l	idem in het benedenhoofd	(m)
D_u	idem in het bovenhoofd	(m)
F	oppervlakte natte dwarsdoorsnede boven de drempel of de vloer in het sluishoofd	(m ²)
F_l	idem benedenhoofd	(m ²)

F_u	idem bovenhoofd	(m ²)
H	verval	(m)
I	verkeersintensiteit	(sch/uur)
I_t	toelaatbare jaarintensiteit	(t. lvm/jaar)
I_o	jaarintensiteit	(t. lvm/jaar)
I_w	weekintensiteit	(sch/week)
I_{tl}	intensiteit in het uur t in richting l	(sch/uur)
L	nuttige kolk lengte	(m)
N	aantal (parallel) kolken per sluis	
O_t	aantal scheepsoverliguren in het uur t	
S	standaardafwijking	
T	laadvermogen van een schip	(tonnen)
T_b	bedieningstijd van de sluis	(min)
T_c	schutcyclustijd	(min)
T_d	duur van een schutting	(min)
T_i	duur van de totale sluisinvaart	(min)
T_s	laadvermogen van standaardschip klasse s	(tonnen)
T_u	duur van de totale sluisuitvaart	(min)
VC	variatie coëfficiënt van de weekintensiteit	
b	scheepsbreedte	(m)
f	natte dwarsdoorsnede van het schip	(m ²)
l	scheepslengte	(m)
n	aantal schepen in de sluiskolk	
n_{max}	max. aantal schepen dat de sluiskolk kan bevatten	
p_s	kans op het voorkomen van standaardschip s	
s	aanduiding klasse standaardschip	
t_i	invaarvolgtijd	(min)
t_l	lustijd	(min)
t_o	overligtijd	(uren)
t_p	totale passeertijd van een schip	(min of uren)
t_s	schuttijd van een schip	(min)

t_u	uitvaarvolgtijd	(min.)
t_w	wachttijd van een schip	(min.)
z	aantal schuttingen in een gekozen periode	
λ	verhouding van het aantal geladen schepen en het totaal aantal schepen	

Opmerking: de gemiddelde waarde van een variabele wordt
aangegeven met een streepje (—) boven het symbool.

6.3. SCHUTPROCES

6.3.1. DE SCHUTCYCLUS

Twee gezichtspunten:

SLUISPERSONEEL (VAARWEGBEHEERDERS) : CYCLISCHE PROCES - belangrijkste grootheid is de SCHUTKAPACITEIT

VAARWEGGEBRUIKERS : hoofdzakelijk "WACHTEN" - belangrijkste grootheid is de totale PASSEERTIJD

Onderscheid tussen sluisen met TWEERICHTINGSVERKEER (normaal) en EENRICHTINGSVERKEER (UITZONDERINGEN).

Voor schematische weergave SCHUTCYCLUS zie FIGUUR 6.3.1.1.

Hierin worden 7 tijdstippen onderscheiden.

1. Achterstevan van het eerste schip uit de voorgaande schutting passeert de deuren.
2. Achterstevan van het eerst binnengekomen schip passeert de deuren.
3. Achterstevan van het laatst binnengekomen schip passeert de deuren.
4. Invaartdeuren gesloten.
5. Uitvaartdeuren beginnen te openen.
6. Het eerste schip begint uit te varen.
7. Achterschip van het laatst uitvarende schip passeert de deuren.

Uit figuur 6.3.1.1 wordt afgeleid:

$$T_c = T_d (\text{opvaart}) + T_d (\text{afvaart}) \quad (1)$$

$$T_d = T_i + T_b + T_u \quad (2)$$

$$T_i = t_1 + \sum t_i \quad (i = 2, 3, \dots, n) \quad (3)$$

t_1 (lustijd) wordt bepaald door laatste uitvarende schip en het eerste invarende. In sommige gevallen t_1 in twee delen splitsen (b.v. bij Zeevaartsluisen)

$$T_u = \sum t_u \quad (u = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

6.3.2. SCHUTKAPACITEIT

Kapaciteitsdefinitie:

De capaciteit van een schutsluis is de maximale hoeveelheid verkeer, uitgedrukt in aantallen schepen of tonnen laadvermogen, die onder de voorkomende omstandigheden per tijdseenheid kan worden geschut als het sluisbedrijf continu volbelast werkt.

De verschillende elementen uit deze definitie worden als volgt nader toegelicht:

- a. De definitie houdt in dat de capaciteit een gemiddelde waarde is uit een groot aantal schuttingen met volle kolken.
- b. Een bepaalde capaciteit geldt alleen bij de voorkomende omstandigheden.

Dit zijn o.a.:

- De samenstelling van de vloot naar scheepstype, scheepsafmetingen, beladingsgraad enz.
- De bedrijfsomstandigheden van de sluis t.a.v. de kwaliteit van het personeel, de personeelsbezetting enz.
- De tijd van de dag (daglicht of duisternis)
- De weersomstandigheden

Bij de berekening van de schutkapaciteit wordt eenvoudigheidshalve uitgegaan van het uur als tijdseenheid. Voor de capaciteit in schepen per uur (C_s) en tonnen laadvermogen per uur (C_T) gelden, in het geval van tweerichtingsverkeer, de volgende vergelijkingen.

$$C_s = \frac{2 n_{\max}}{T_c} \times 60 \text{ in sch/uur} \quad (5)$$

$$C_T = C_s \times \bar{T} \quad \text{in t. lvm/uur} \quad (6)$$

Hierin zijn n_{\max} en T_c gemiddelde waarden van respectievelijk het aantal schepen en de cyclustijden (in minuten) van een groot aantal schuttingen met volbezette kolk; \bar{T} is het gemiddelde laadvermogen per schip.

Bij onevenwichtig aanbod geldt voor de zwaarst belaste richting.

$$C_{sr} = \frac{n_{\max}}{T_c} \times 60 \quad (7)$$

C_{sr} is een functie van de intensiteit in de tegenovergestelde richting.

6.3.3. PASSEERTIJD VAN HET AFZONDERLIJKE SCHIP

De passeertijd is als volgt gedefinieerd:

De passeertijd van het afzonderlijke schip (t_p) is gelijk aan de totale extra tijd die een schutting vergt vergeleken met een denkbeeldige toestand zonder sluis, waarbij het schip met de kruissnelheid zou kunnen doorvaren.

De passeertijd is opgebouwd uit drie onderdelen:

$$t_p = t_w + t_s + t_o \quad (8)$$

Hierin is:

t_w = WACHTTIJD

t_s = SCHUTTIJD

t_o = OVERLIGTIJD (extra wachttijd die optreedt als het bij de sluis gearriveerde schip niet mee kan met de eerstvolgende schutting omdat de kolk reeds volbezet is).

Voor nadere toelichting zie figuur 6.3.3.1.

Hierin gelden voor schip A de volgende fasen:

- | | |
|-----------|-----------------------------|
| 1 - 2 | kruissnelheid |
| 2 - 3 | vaart minderen en afstoppen |
| 3 - 4 | verblijven op wachtplaats Q |
| 4 | schip C is gepasseerd |
| 4 - 5 | sluisinvaart |
| 5 - 6 - 7 | bedieningstijd (T_b) |
| 7 - 8 | sluisuitvaart |
| 8 - 9 | vaart vermeerderen |
| 9 - 10 | kruissnelheid |

In de gevolgte benadering is de sluis een VAARWEGSCHAKEL ZONDER LENGTE
MAAR MET EEN KAPACITEIT EN EEN WEERSTAND.

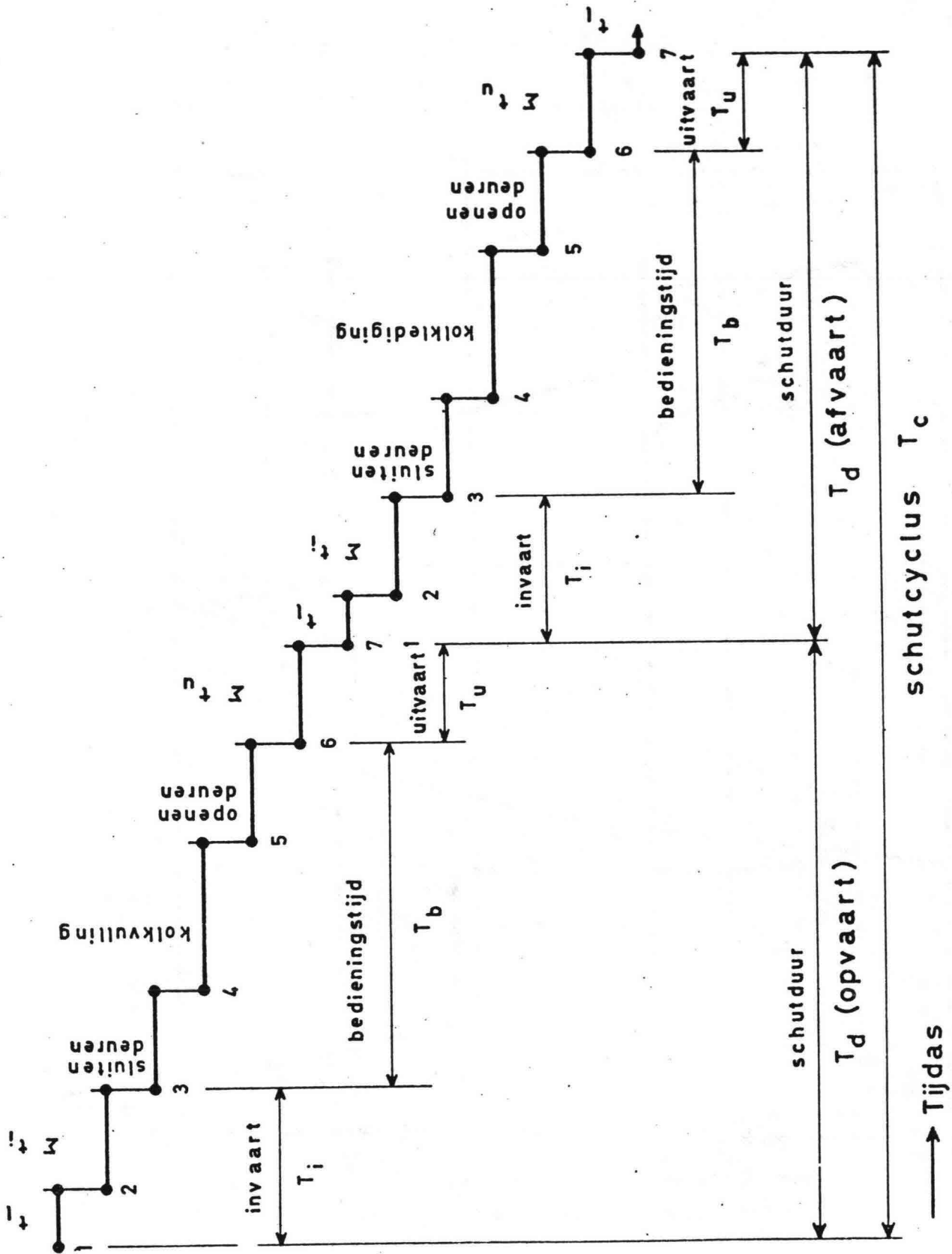


Fig. 6.3.1.1 Onderdelen van de schutcyclus

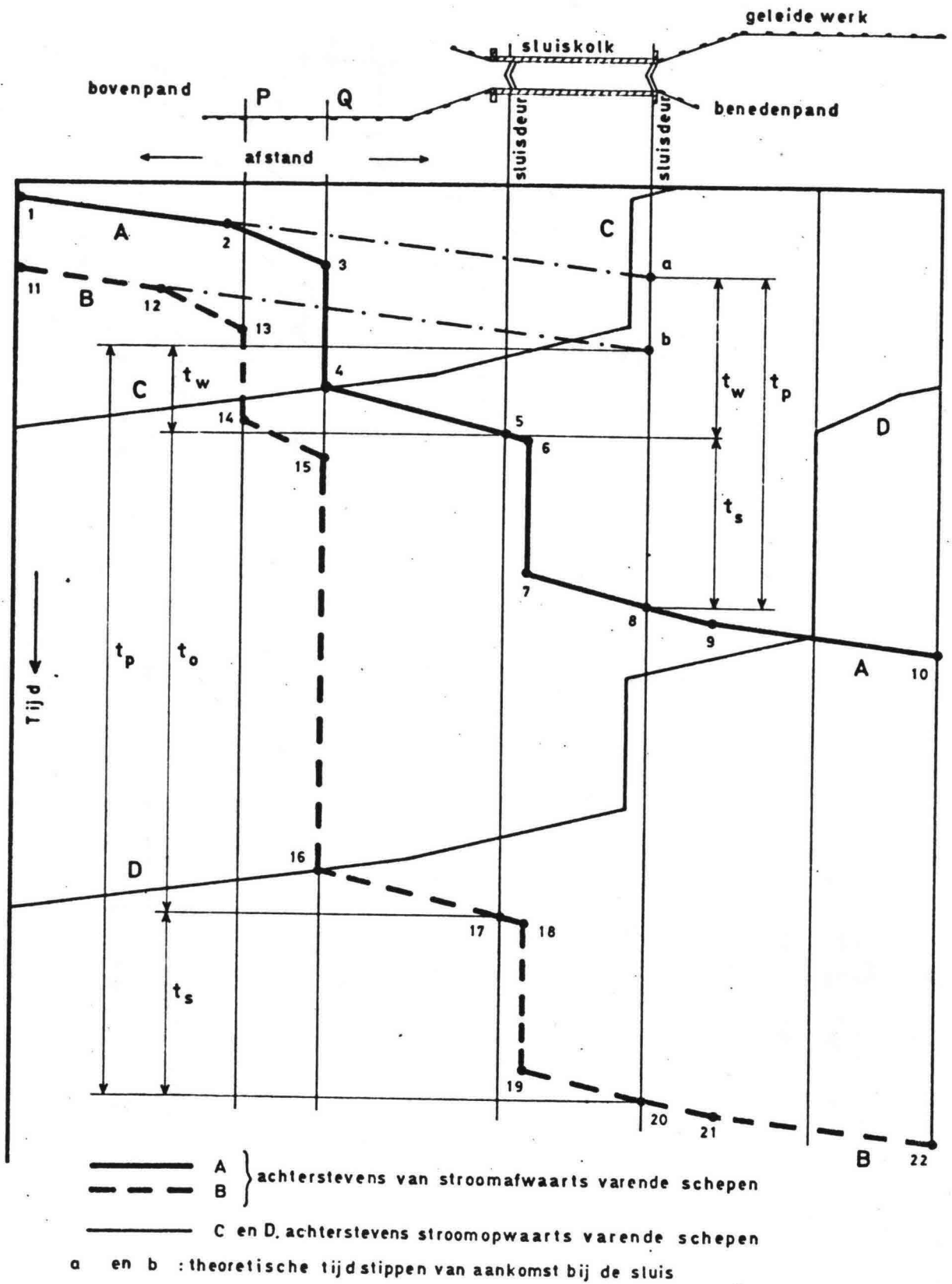


Fig.6.331 tijd-weg diagram van sluispassages

6.4. DUUR VAN DE ONDERDELEN VAN HET SCHUTPROCES6.4.1. BEDIENINGSTIJD

Symbool	:	T_b
Begin T_b	:	Tijdstip INVAART LAASTE SCHIP VOLTOOID (m.a.w. de invaarduren kunnen gesloten worden).
Einde T_b	:	Tijdstip UITVAARDEUR(EN) IS (ZIJN) GEOPEND (m.a.w. uitvaarluchten zijn groen, de uitvaart kan beginnen).
T_b	:	opgebouwd uit
SLUITEN INVAARDEUR(EN):	-	waarnemen of schepen vrijliggen van de deuren (bij moderne sluizen m.b.v. TV-kamera's)
	-	het bewegen van de deuren
VULLEN OF LEDIGEN VAN DE KOLK	-	Bediening van het systeem (duur afhankelijk van verval, kolk lengte en -breedte, systeem)
OPENEN UITVAARDEUR(EN):	-	Keuze moment van openen (restverval)
	-	Bewegen van de deuren
	-	Uitvaarsein op groen

In de TABELLEN 6.4.1.1 en 6.4.1.2 worden enkele voorbeelden gegeven van waargenomen tijden m.b.t. het openen en sluiten van sluisdeuren en het vullen en ledigen van de kolk.

6.4.2. IN- EN UITVAARTIJDEN VAN DE AFZONDERLIJKE SCHEPEN

In- en uitvaartijden dienen bepaald te worden aan de hand van METINGEN (theoretische benadering niet of nauwelijks mogelijk).
 M.b.t. de BINNENVAART is uitvoerig onderzoek verricht.
 M.b.t. de ZEEVAART is een beperkt aantal gegevens voorhanden.
 M.b.t. de PLEZIERVAART is een uitgebreid onderzoek aan de gang.

BINNENVAART

Er zijn tijwaarnemingen verricht bij een groot aantal sluiscolken; bij de keuze van de sluiscolken is gelet op variaties t.a.v. het type vaarweg, de samenstelling van de vloot, de vormgeving en afmetingen van de sluizen enz.

De waarnemingen betroffen:

t_i	:	INVAARVOLGTIJD
t_u	:	UITVAARVOLGTIJD
t_l	:	LUSTIJD

Voor een overzicht van de waarnemingspunten zie FIGUUR 6.4.2.1.
 De meetresultaten zijn per sluiscolk uitgezet tegen het laadvermogen (T) van de afzonderlijke schepen - onderscheid tussen geladen en ongeladen
 - onderscheid tussen motor- en sleepschepen.
 Voorbeeld meetresultaten in FIGUUR 6.4.2.2.

Grote SPREIDING door: . MENSELIJK gedrag
 . VERSCHILLEN IN MANOEUVREEREIGENSCHAPPEN

KONKLUSIES UIT WAARNEMINGEN:

- a. De in- en uitvaartijden nemen toe met het laadvermogen van de schepen; dit ligt voor de hand.
- b. De in- en uitvaartijden van de ongeladen schepen zijn significant korter dan van de geladen schepen. Bij de verdere bewerking van de resultaten is dan ook steeds onderscheid gemaakt tussen geladen en ongeladen schepen.
- c. De in- en uitvaarvolgtijd van een schip met een bepaald laadvermogen neemt duidelijk toe als het oppervlak van de natte dwarsdoorsnede (F) ter plaatse van de sluisingang kleiner wordt.

De belangrijkste invloedsfactoren zijn:

- . SCHEEPSWEERSTAND
- . VERSCHERFD IN- EN UITVAREN (bij toenemende breedte)
- . PSYCHOLOGISCHE WEERSTAND

Een voorbeeld van de invloed van F op t_i en t_u wordt gegeven in figuur 6.4.2.3.

- d. De konklusies a, b en c zijn eveneens van toepassing op de lustijd. Verder hangt de lustijd af van de lusafstand (A_1).
- e. In alle gevallen was de lustijd langer dan de invaarvolgtijd.
- f. De in- en uitvaartijden van sleepscheepen zijn duidelijk langer dan die van motorscheepen of duweenheden.
- g. De in- en uitvaartijden worden ongunstig beïnvloed door van het bakprofiel afwijkende kolkvormen ($B_k \ll B$), niet optimaal gesitueerde wachtplaatsen enz.

ZEEVAART

Bij zeevaartsluizen gelden andere procedures dan bij binnenvaartsluizen. In feite is er geen sprake van invaarvolgtijden en lustijden zoals bij de binnenvaart.

Voor het bepalen van de tijden dient de situatie ter plaatse in beschouwing te worden genomen. (zie b.v. verschillen tussen de zeesluis en binnenvaartsluis te Terneuzen).

PLEZIERVAART

Er zijn in Nederland weinig of geen pleziervaartsluizen; wel sluizen die in hoofdzaak door de pleziervaart worden gebruikt (Stavoren, Enkhuizen, Voornsesluis, Bruinisse, enz.). Bij deze sluizen is veelal sprake van MASSASCHUTTINGEN (15 à 20 vaartuigen per keer).

Belangrijkste (voorlopige) konklusie uit onderzoek:

- Behoudens enkele uitzonderingen wordt op de motor in- en uitgevaren.
- Per sluisolk hebben de vaartuigafmetingen slechts een geringe invloed op de in- en uitvaartijden.
- De sluisbreedte speelt een belangrijke rol i.v.m. de mogelijkheid om met meer vaartuigen tegelijk zowel in- als uit te varen.

Voorlopig kan worden uitgegaan van de volgende waarden:

Som van de in- en uitvaarvolgtijden per vaartuig bedraagt:

0,7 à 0,8 min. bij een sluisbreedte van 14 à 16 m

1,1 à 1,2 min. bij een sluisbreedte van 7 à 8 m

6.4.3. IN- EN UITVAARTIJDEN VAN DE STANDAARD (BINNEN)SCHEPEN

STANDAARDSCHEPEN VOOR DE BINNENVAART:

- . REPRESENTATIEF VOOR EEN LAADVERMOGENKLASSE
- . SCHEPEN MET EIGEN AANDRIJVING (motorvaartuigen, duwstellen)
- . Voor gegevens zie TABEL 3.4.1 en FIGUUR 3.4.1.

Voor bepaald schip: samenhang tussen F en t_i , t_u .
 Voor standaardschepen is deze samenhang onderzocht en m.b.v. de dimensie-
 loze grootheid f/F weergegeven in FIGUUR 6.4.3.1.

De grafieken gelden alleen voor:

- . STANDAARDSCHEPEN MET EIGEN AANDRIJVING
 Voor sleepschepen e.d. dienen korrekties te worden aangebracht.
- . SLUIZEN MET EEN MODERNE VORMGEVING (zie hoofdstuk 5)
 Korrekties in geval van afwijkende vormgeving.

De LUSTIJD t_L is niet alleen afhankelijk van f/F maar ook van de LUS-
 AFSTAND A_L .

$$t_L = t_{L1} \text{ (uitvarende schip)} + t_{L2} \text{ (invarende schip)}$$

t_{L2} echter groter dan t_{L1} daarom bij benadering voor bepaald standaard-
 schip $t = f_{ie} (f/F, A_L)$ (9)

Verband wordt weergegeven in FIGUUR 6.4.4.5.

6.4.4. DE GEMIDDELDE IN- EN UITVAARTIJDEN PER BINNENSCHIP ALS FUNKTIE VAN HET GEMIDDELDE LAADVERMOGEN

De gegevens uit FIGUUR 6.4.3.1 kunnen worden gebruikt om b.v. bij
 simulatieberekeningen t_i en t_u per standaardschip te bepalen. Het is echter
 ook mogelijk om de GEMIDDELDE^u WAARDEN \bar{t}_i en \bar{t}_u , voor een gekozen verkeers-
 samenstelling te bepalen.

Voor een gekozen waarde van F geldt.

$$\bar{t}_i = \sum_{s=0}^m \{p_s t_{is}\} \quad (10)$$

en

$$\bar{t}_u = \sum_{s=0}^m \{p_s t_{us}\} \quad (11)$$

p_s = aandeel klasse s in de passerende vloot

t_{is} = invaarvolgtijd standaardschip s

t_{us} = uitvaarvolgtijd standaardschip s

m = hoogste voorkomende klasse

VOOR DE STANDAARDFREKWENTIEVERDELING VAN LAADVERMOGENKLASSE IS m.b.v.

DE VERGELIJKINGEN (10) EN (11) BEPAALD:

\bar{t}_i en \bar{t}_u als funktie van \bar{T} EN F.

(voor standaardfrequentieverdelingen zie FIGUUR 3.4.2 EN TABELLEN 3.4.2 en 3.4.3).

FUNKTIONELE VERBANDEN: FIGUUR 6.4.4.1 t/m 6.4.4.4.

VOOR GEMIDDELDE LUSTIJD: FIGUUR 6.4.4.5 (hulpfiguur ter bepaling van de GEMIDDELDE LUSAFSTAND (\bar{A}_L): FIGUUR 6.4.4.6).

Gevoeligheidsanalyse met afwijkende frequentieverdelingen van laadvermogenklassen.

Enkele resultaten: FIGUUR 6.4.4.7.

KONKLUSIE: Figuur 6.4.4.1 t/m 6.4.4.5 KUNNEN WORDEN TOEGEPAST BIJ KAPACITEITSBEREKENINGEN VOOR BINNENVAARTSLUIZEN BEHALVE IN DIE GEVALLEN WAARIN DE VLOOTSAMENSTELLING ZEER STERK AFWIJKT VAN DE STANDAARDVLOOT (BIJ BEPAALDE WAARDE VAN \bar{T}).

Verdere voorwaarden voor de toepassing zijn:

- De grafieken gelden voor (BINNEN) SCHEPEN MET EIGEN AANDRIJVING
- De sluizen dienen een MODERNE VORMGEVING te hebben.

KORREKTIES zijn nodig in geval van:

- EXTREME VLOOTSAMENSTELLING
 - RELATIEF GROOT AANDEEL VAN SLEEPSCHEPEN, GESLEEPTE OBJEKTEN enz.
 - AFWIJKENDE KOLKVORMEN
- b.v. bij $B_k \gg B$ dient \bar{t}_i en \bar{t}_u gekorrigeerd te worden met 1,10 à 1,15 voor geladen en 1,20 à 1,30 voor ongeladen schepen.
- NIET OPTIMALE SITUERING OF INRICHTING VAN DE VOORHAVENS
- Korrektie nodig voor \bar{t}_L afhankelijk van de situatie.
- BIJ GEBRUIK VAN DEELKOLKEN enz.

Sluis (zie fig. 6.4.2.1)	Deurtype	Sluiten (min)	Openen (min)
3	roldeuren	1,2	0,7
4	hefdeuren	3,0	2,1
8	hefdeuren	3,3	2,3
11	puntdeuren	2,5	1,6
20	puntdeuren	1,3	1,2
21	puntdeuren	2,1	1,3

Tabel 6.4.1.1.

Bruto-tijden voor het openen en sluiten van sluisdeuren. (Alle sluisen worden elektrisch bediend).

Sluis (zie fig. 6.4.2.1)	bouw gereed	L (m)	B (m)	H (m)	Vullen (min)	Ledigen (min)
21	1962	142	16	11,0	10,8	9,7
20	1970	142	16	6,6	6,7	7,5
8	1936	110	14	4,4	8,2	9,4
11	1968	280	24	<0,5 0,5-1,7	4,5 ±6,0	5,0 ±7,5
4	1938	225	18	<0,5 0,5-1,4	5,3 ±7,0	5,3 ±8,1

Tabel 6.4.1.2.

Vul- en ledigingstijden van enkele schutsluizen.

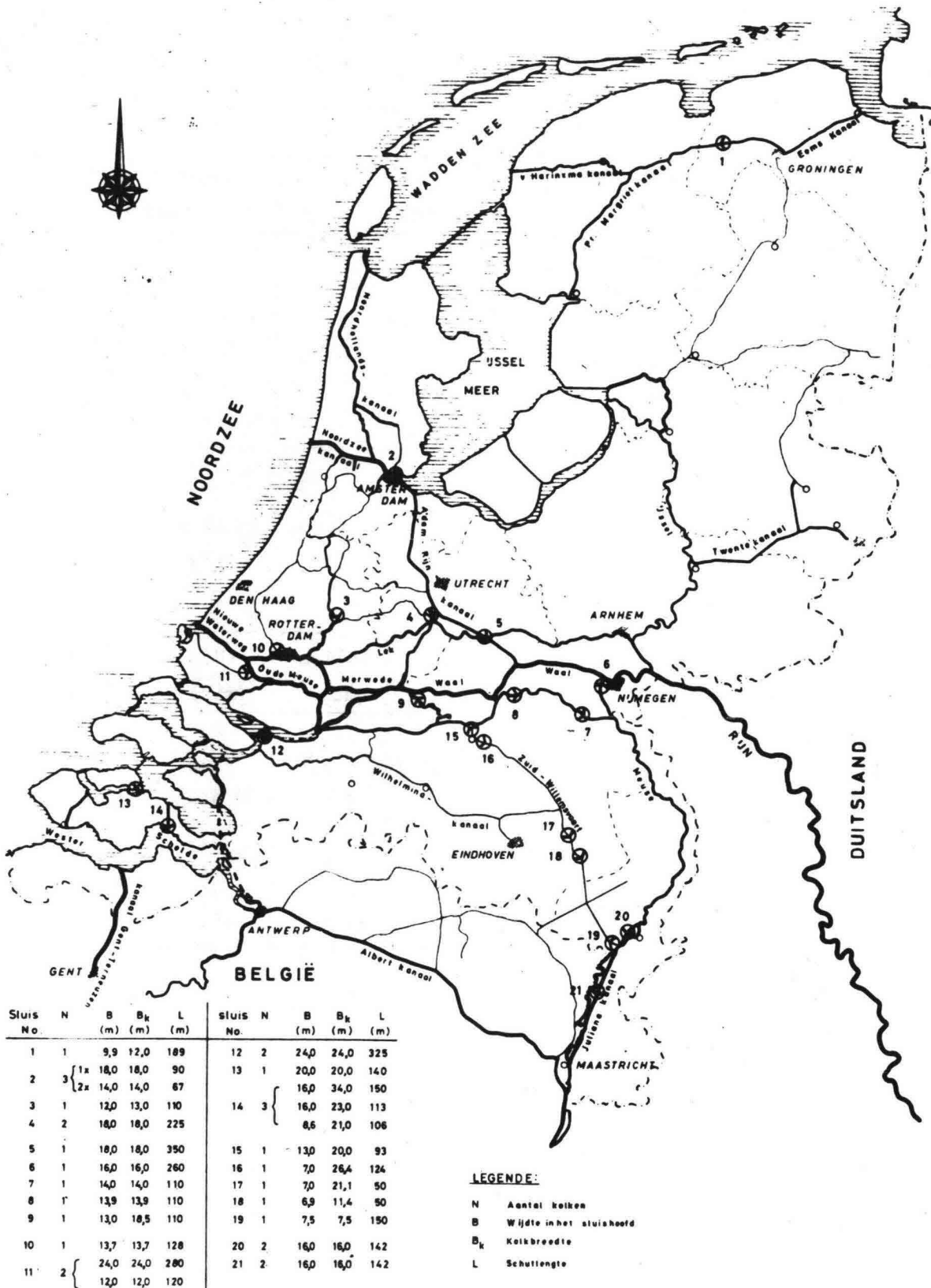


Fig.6.4.2.1 Geografische situatie van sluisen waar tijdwaarnemingen zijn verricht.

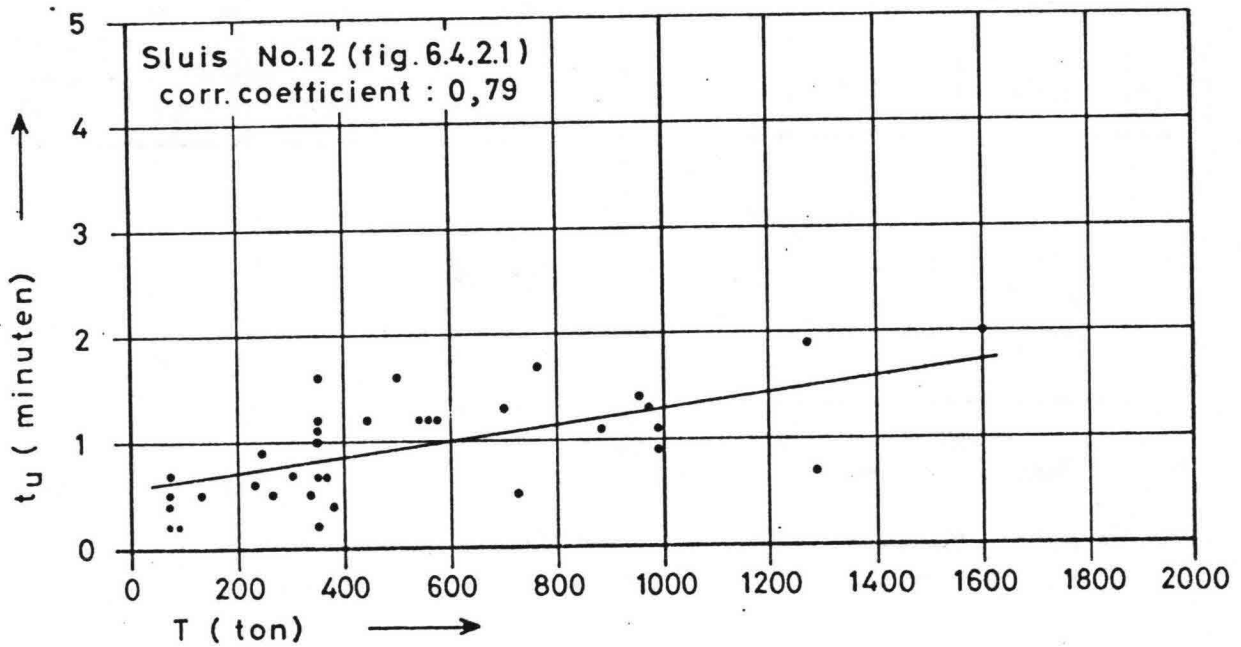
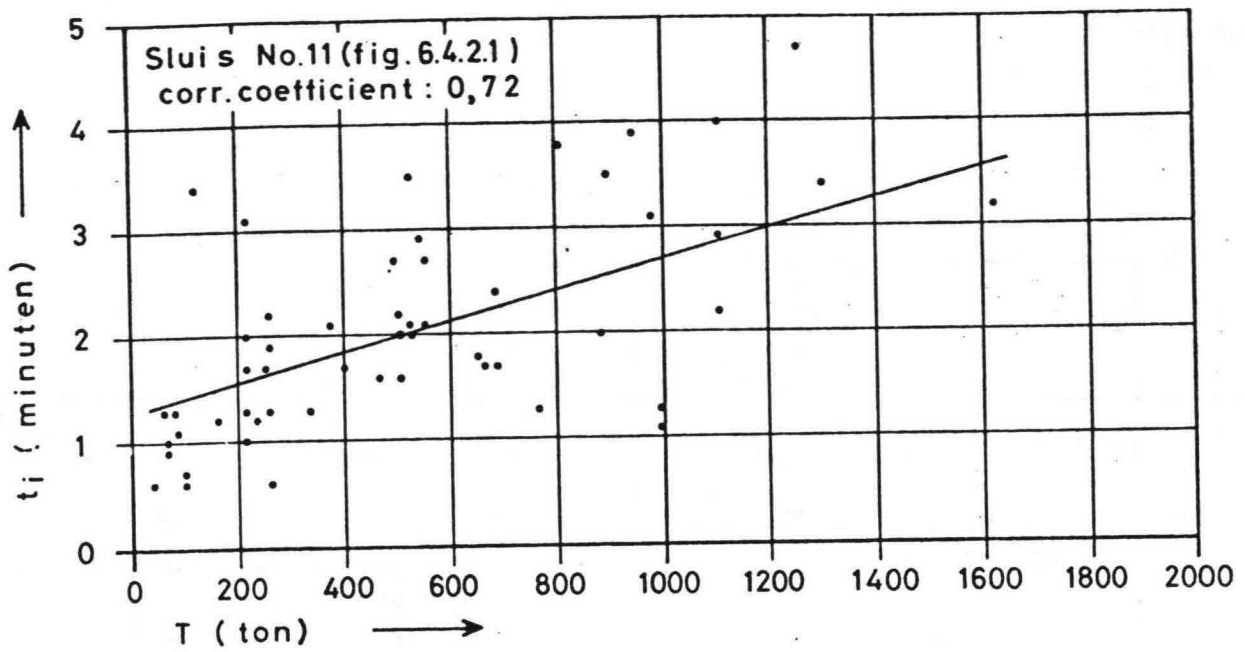
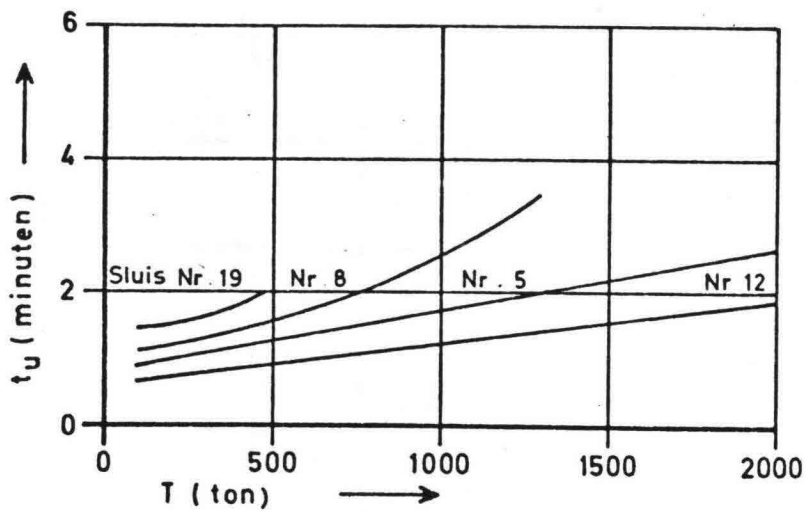
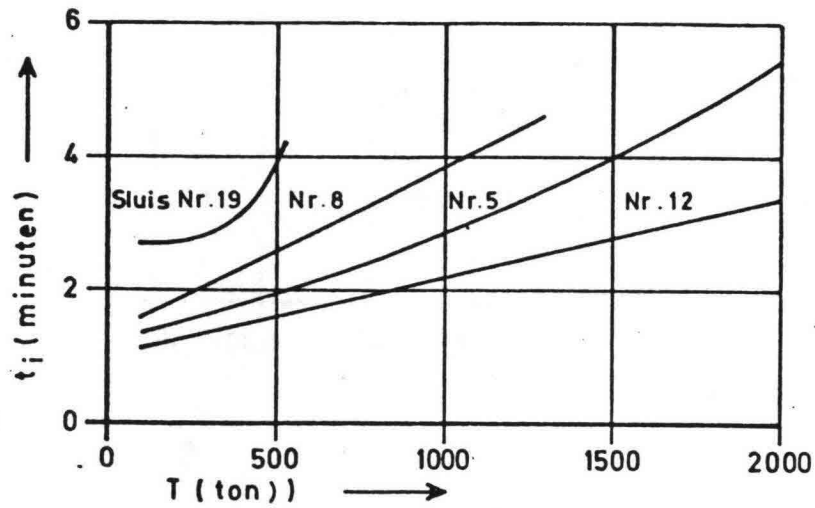


Fig. 6.4.2.2 Voorbeelden van meetresultaten voor geladen motorschepen.



Sluis Nr. (Fig.6.42.1)	Sluishoofd		
	B (m.)	D (m.)	F (m ²)
12	24,0	6,4	154
5	18,0	5,4	97
8	14,0	3,5	49
19	7,5	2,5	19

Fig. 6.4.2.3 Het effect van de afmetingen van de natte dwarsdoorsnede over het sluishoofd op de in- en uitvaartijden (geladen motorschepen)

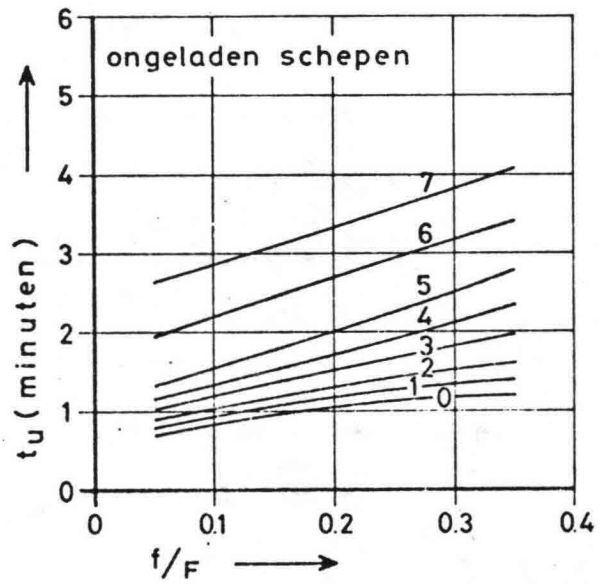
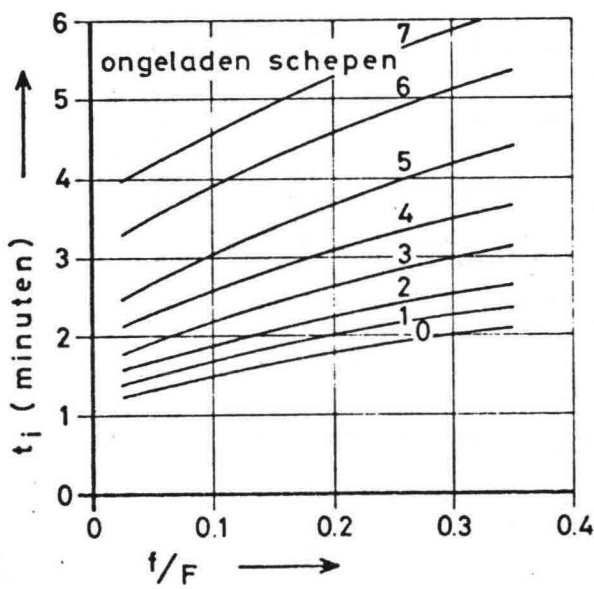
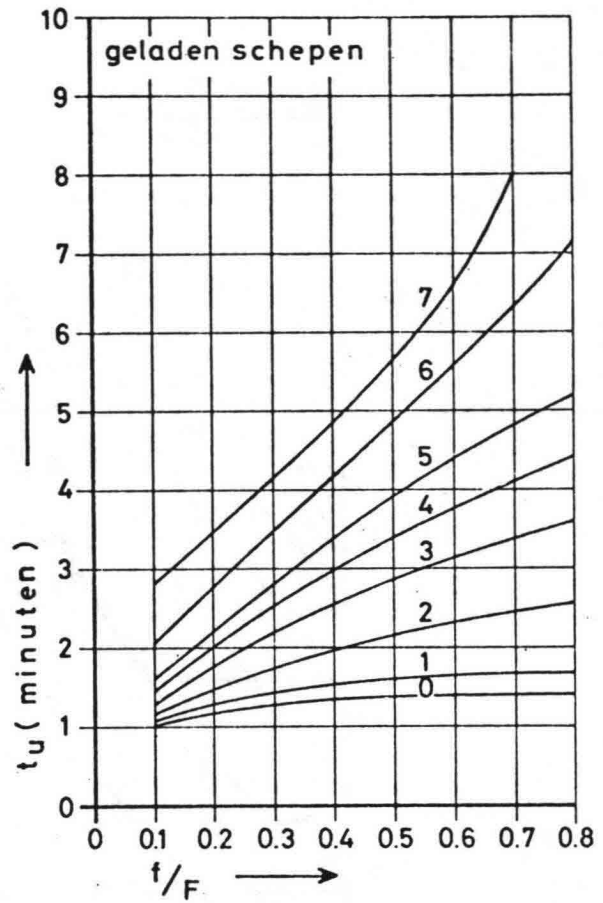
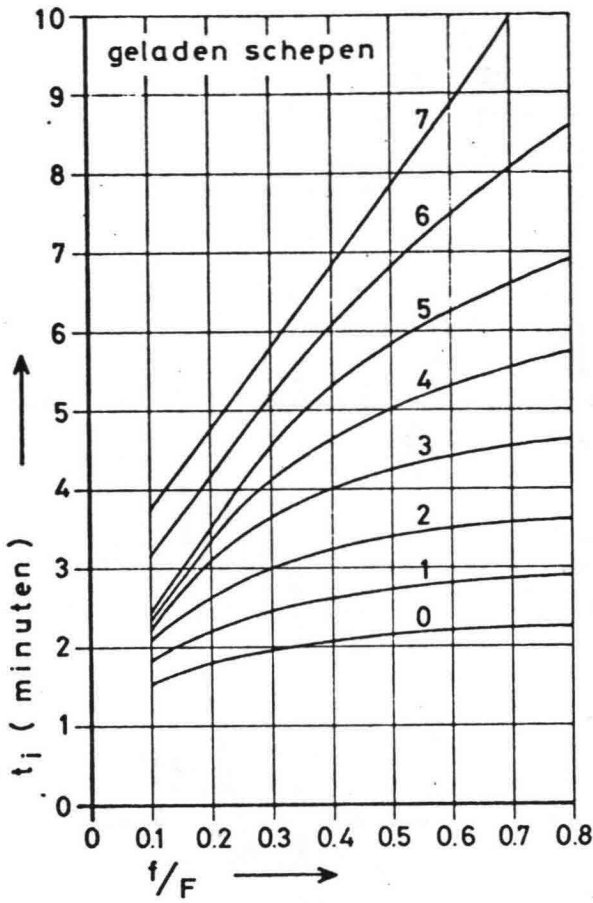


Fig.6.431 In- en uitvaarvolgtijden van geladen en ongeladen standaardschepen.

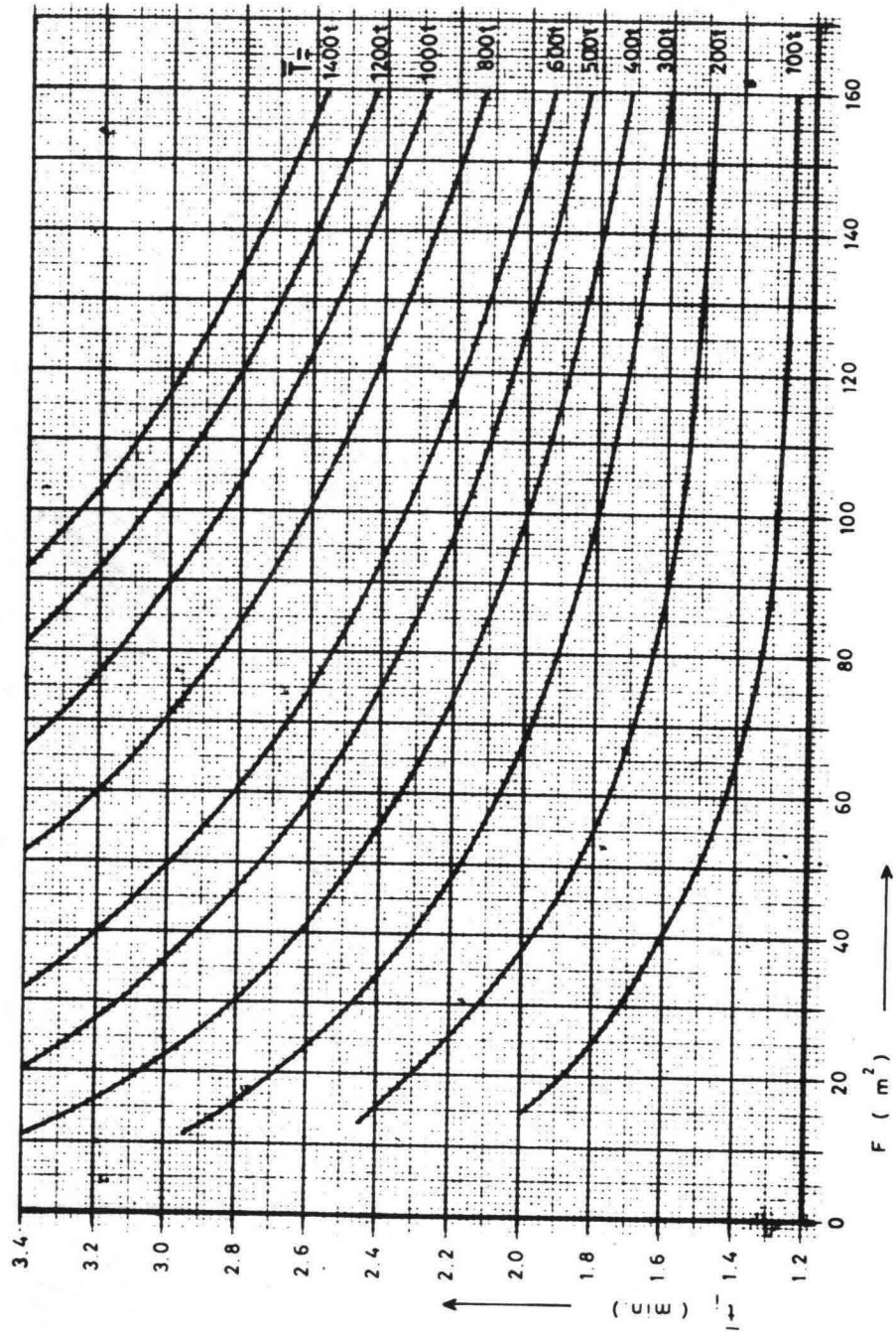


Fig.6.44.1 Het verband tussen t_i van geladen schepen met eigen aandrijving en F voor verschillende waarden van \bar{T}

t_i geladen

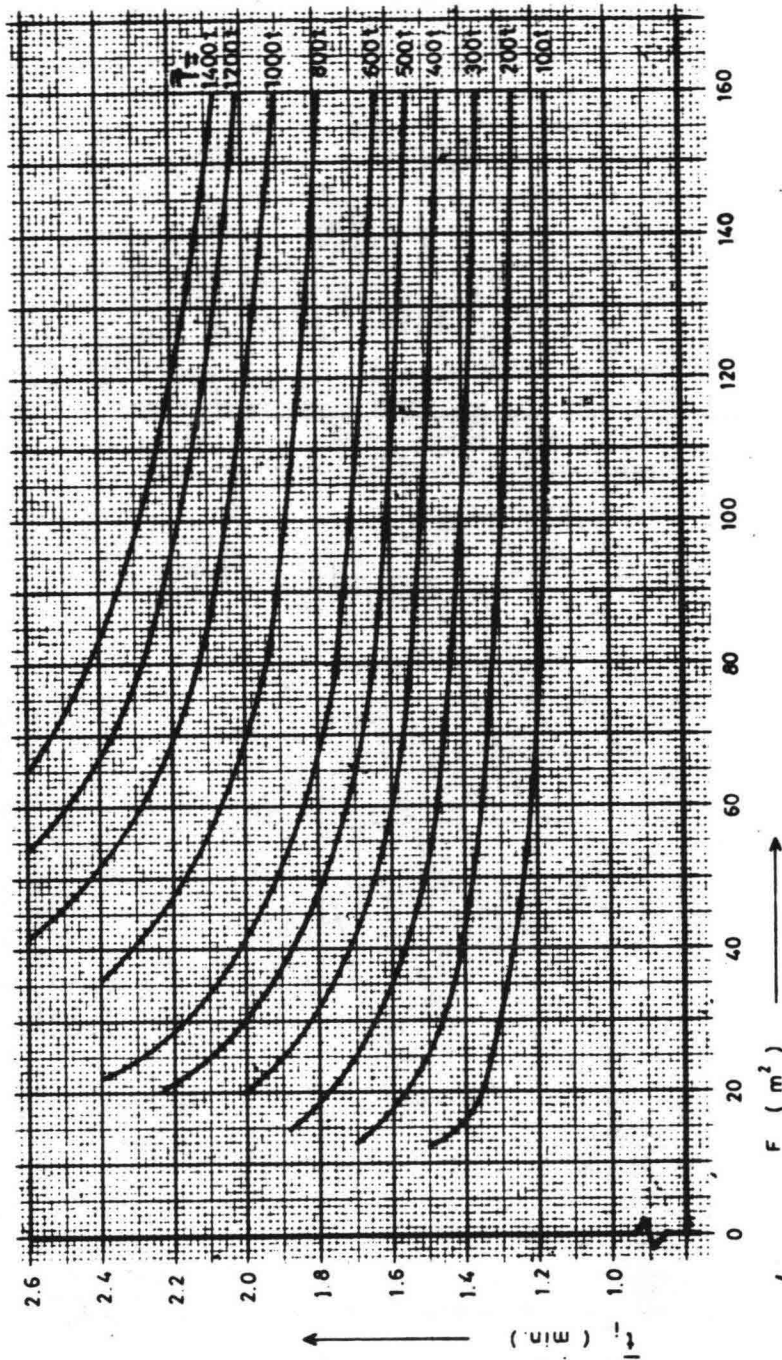


Fig. 6.4.4.2 Het verband tussen \bar{t}_i van ongeladen schepen met eigen aandrijving en F voor verschillende waarden van \bar{T}

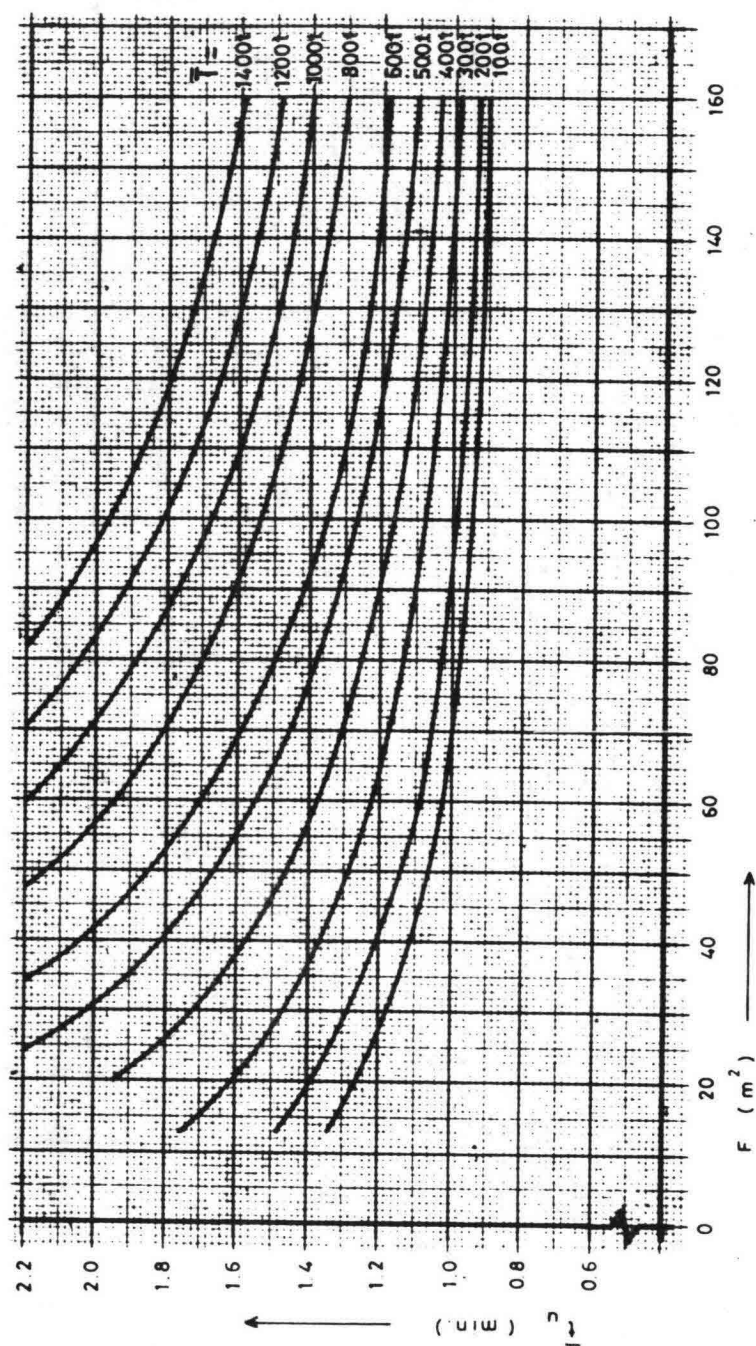


Fig. 6.4.4.3

Het verband tussen \bar{t}_u van geladen schepen met eigen aandrijving en F voor verschillende waarden van \bar{T}

t_u geladen

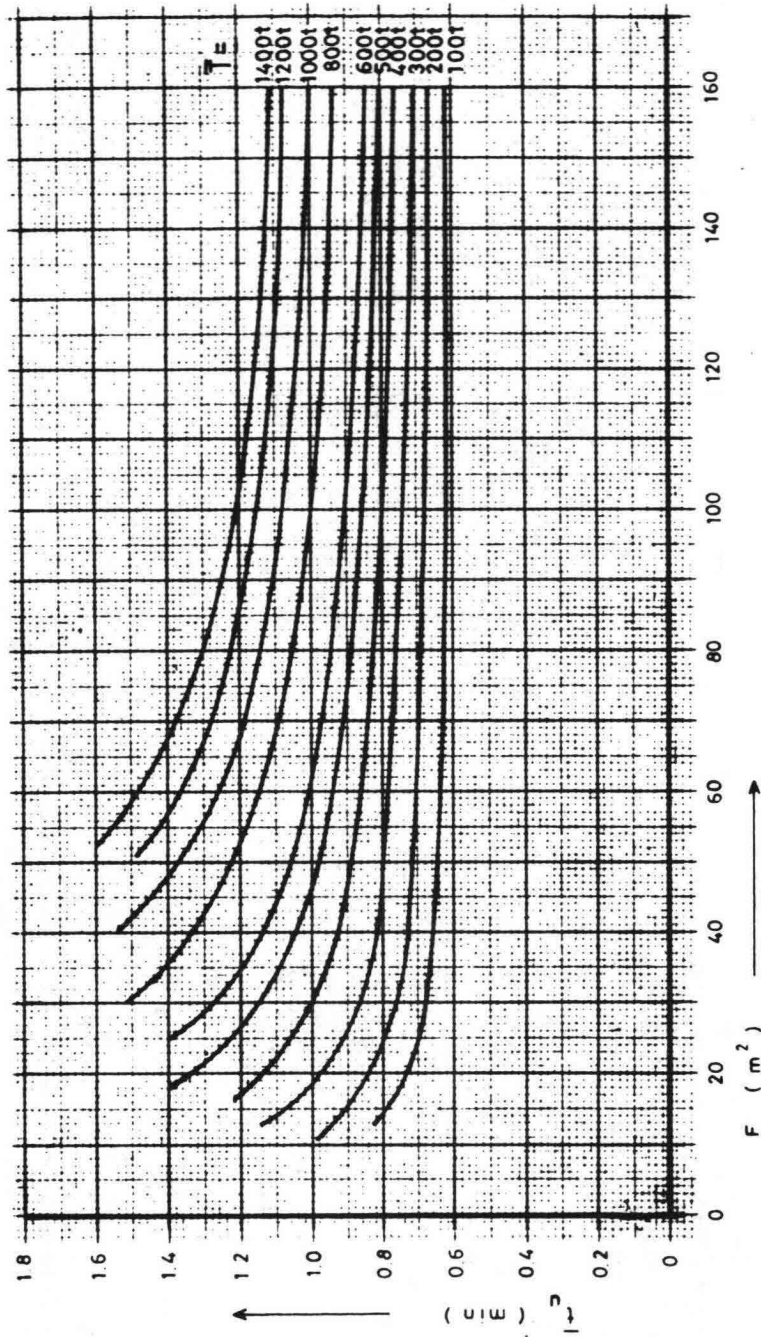
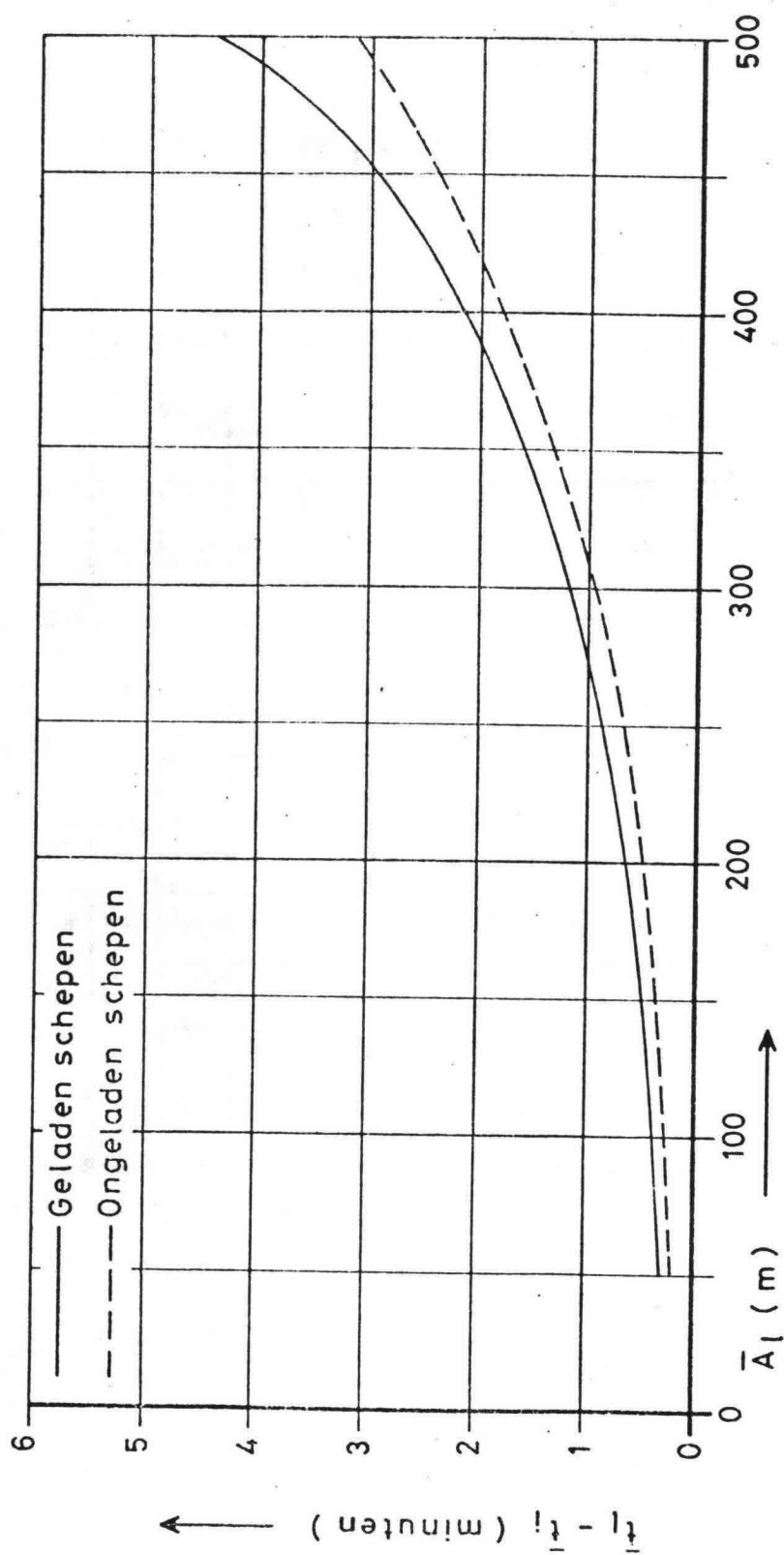


Fig. 6.4.4.4 Het verband tussen \bar{t}_u van ongeladen schepen met eigen aandrijving en F voor verschillende waarden van \bar{T}

\bar{t}_u ongeladen

Fig. 6.4.4.5. Korrektiegrafiek voor de gemiddelde lustijd (\bar{t}_l).

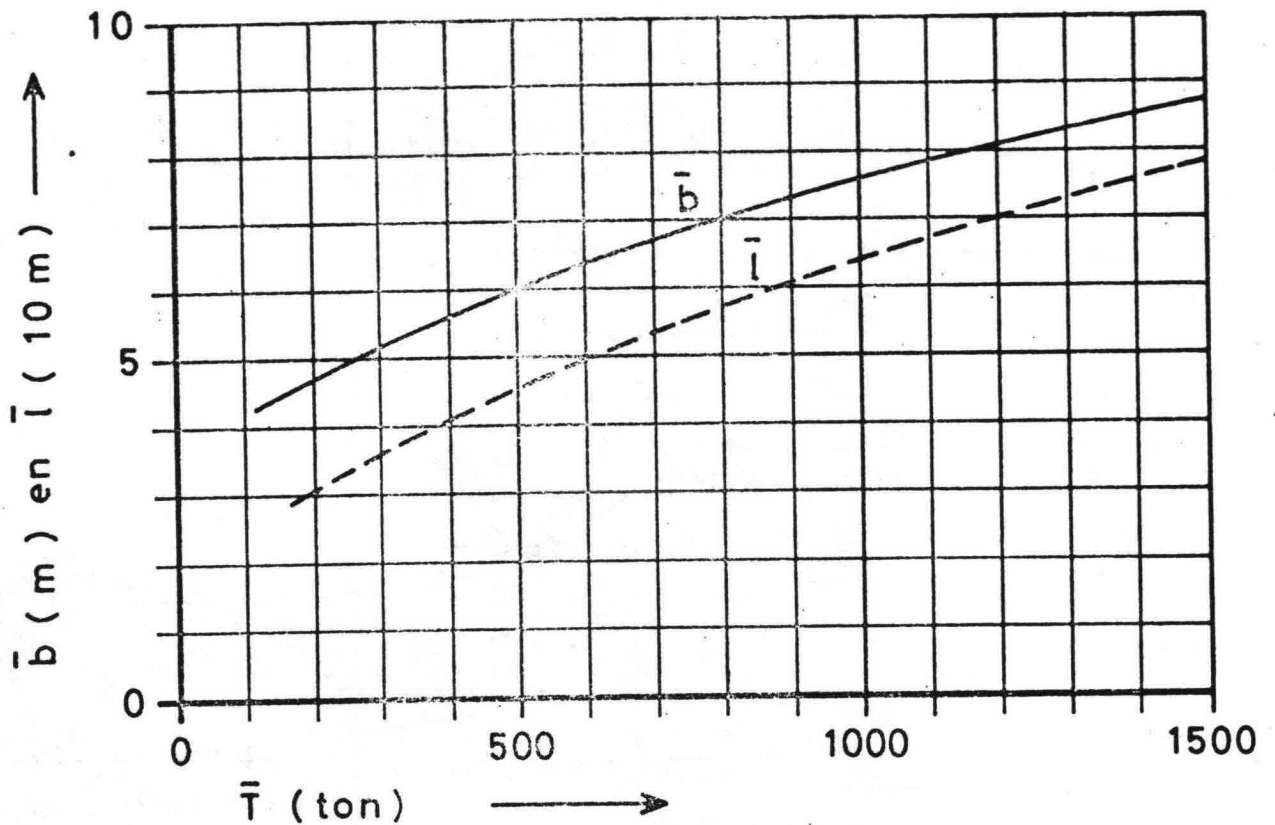


Fig. 6.4.4.6 Het verband tussen de gemiddelde waarden van de breedte (\bar{b}) en de lengte (\bar{l}) van de schepen en het gemiddelde laadvermogen (\bar{T}).

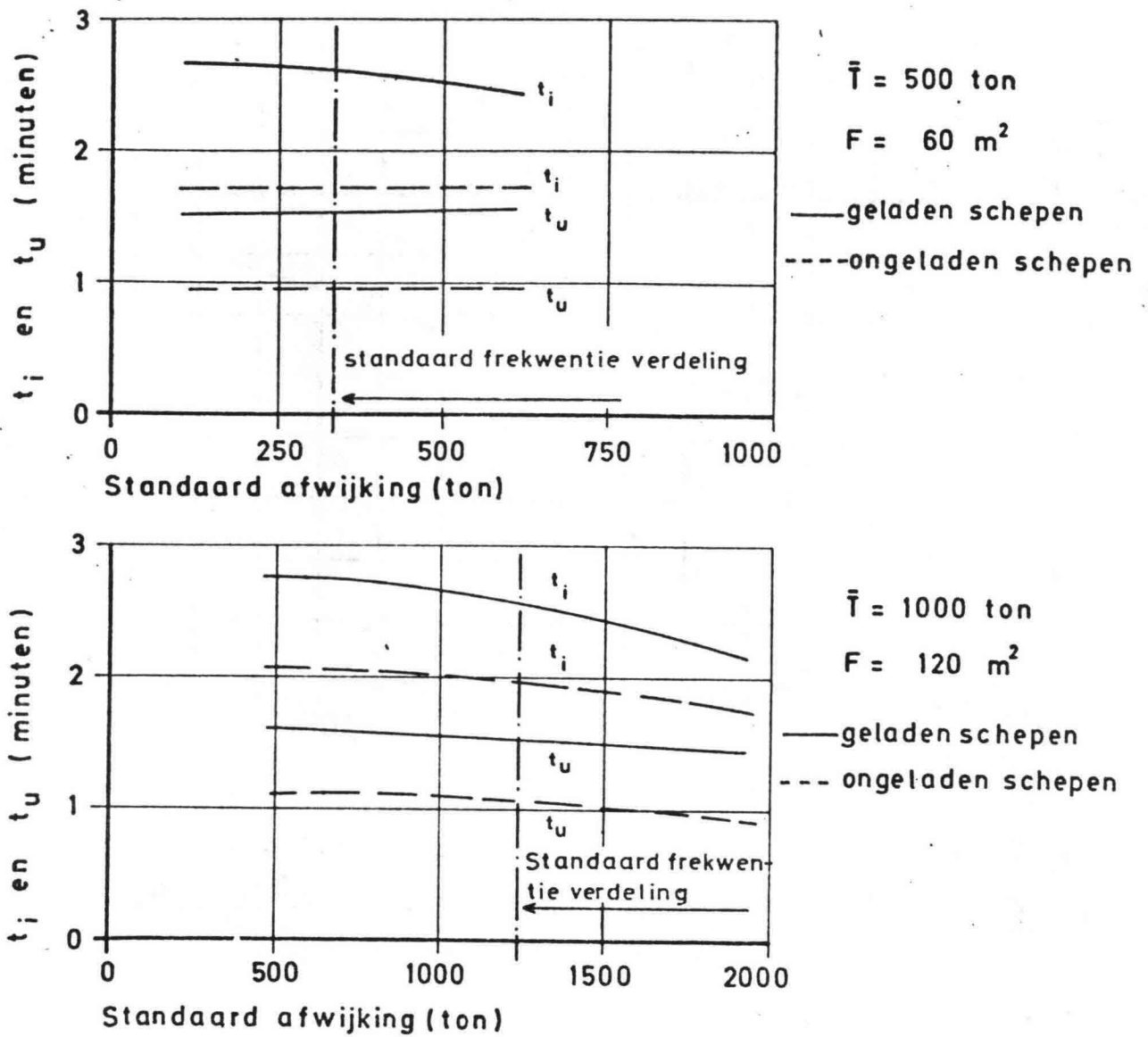


Fig.6.4.4.7 Invloed van de vlootsamenstelling op de in- en uitvaartvolgtijd

6.5. HET MAXIMUM AANTAL SCHEPEN IN DE SLUISKOLK6.5.1. KOLKINDELINGSSIMULATIES EN PRAKTIJKWAARNEMINGEN

Voor het uitvoeren van capaciteitsberekeningen dient n_{\max} te worden bepaald.

Bij achtereenvolgende schuttingen met VOLLE KOLKEN varieert het aantal schepen. In dit verband geldt de volgende definitie:

n_{\max} IS DE GEMIDDELDE WAARDE VAN HET AANTAL SCHEPEN PER SCHUTTING, VOOR EEN REEKS VAN SCHUTTINGEN MET VOLBEZETTE KOLKEN.

Voor de binnenvaart verband tussen n_{\max} en \bar{T} .

Voor de pleziervaart verband tussen n_{\max} en de GEMIDDELDE HORIZONTALE VAAR-TUIGAFMETINGEN.

Voor de zeevaart is n_{\max} een wat minder bruikbare grootheid.

Voor de binnenvaart is n_{\max} op drie manieren benaderd:

HANDSIMULATIE, KOMPUTERSIMULATIE EN PRAKTIJKWAARNEMINGEN.

De SIMULATIE dient als volgt te verlopen:

1. Keuze van de sluiscolkfmetingen L en B.
2. Vaststellen van de bevaarbaarheidsklasse (grootste toe te laten standaardschip)
3. Keuze van het gemiddelde laadvermogen \bar{T} .
4. Bepaling van het aandeel in de vloot van elk standaardschip door toepassing van de standaardfrequentieverdeling als functie van \bar{T} .
Bij de keuze van de frequentieverdeling dient rekening te worden gehouden met de bevaarbaarheidsklasse.
5. Het vormen van een lange wachtrij waarbij de aankomstvolgorde van de standaardschepen bepaald wordt door middel van aselekte trekking.
De kans op het voorkomen van een bepaald standaardschip is hierbij dus gelijk aan het aandeel van dit schip in de vloot volgens punt 4.
6. Het vullen van de op schaal weergegeven kolk met standaardschepen. Hierbij worden aan de praktijk ontleende spelregels toegepast. Dit houdt o.a. in:
 - het streven naar een maximum aantal schepen per schutting (tussenruimte in langsrichting ca. 3% van de scheeps lengte, in dwarsrichting in totaal minimaal 1 à 2% van de kolkbreedte)
 - een schip dat op grond van de aankomstvolgorde aan de beurt is, mag niet worden overgeslagen.
 - als de kolk $n - 1$ schepen bevat en de overblijvende ruimte te klein is voor het n^e schip wordt, indien mogelijk, het daarop volgende schip uit de wachtrij meegenomen enz. In het algemeen werd bij deze procedure niet verder gekeken dan het $(n + 3)^e$ schip.
7. Het noteren van het aantal schepen in de kolk en het berekenen van \bar{T} .
8. Herhaling van 6 en 7 met de volgende schepen uit de wachtrij.

9. De bepaling van n_{\max} als het gemiddelde aantal schepen per "volle" schutting met bijbehorende waarde van \bar{T} (als gevolg van de aselekte trekking van de schepen kan de berekende \bar{T} enigszins afwijken van de gekozen \bar{T}).
10. Herhaling van 3 t/m 9 voor een nieuw gekozen waarde van \bar{T} .

Handsimulatie en komputersimulatie verlopen in principe op dezelfde wijze.

In FIGUUR 6.5.1.1. resultaten simulaties + praktijkwaarnemingen.

In FIGUUR 6.5.1.2. resultaten van gevoeligheidsanalyses.

Voor de PLEZIERVAART kan eenzelfde benadering als voor de binnenvaart worden toegepast. Meestal is benaderende berekening voldoende:

- Bepaal GEMIDDELDE LENGTE EN BREEDTE VAN DE VAARTUIGEN

- Per vaartuig is gemiddeld nodig (voorlopige cijfers)

voor grote sluizen ($n_{\max} \geq 20$) ca $1,65 \times \bar{l} \bar{b}$

voor middelgrote sluizen ($12 \leq n_{\max} < 20$) ca $1,50 \times \bar{l} \bar{b}$

voor kleine sluizen ($n_{\max} < 12$) ca $1,40 \times \bar{l} \bar{b}$

6.5.2. n_{\max} ALS FUNKTIE VAN \bar{T} (VOOR DE BINNENVAART)

M.b.v. de simulatiemethoden uit 6.5.1 is n_{\max} bepaald als functie van \bar{T} voor zeer groot aantal sluiskolken. Resultaten: FIGUUR 6.5.2.1 t/m 6.5.2.3. Bij capaciteitsberekeningen wordt hiervan uitgegaan.

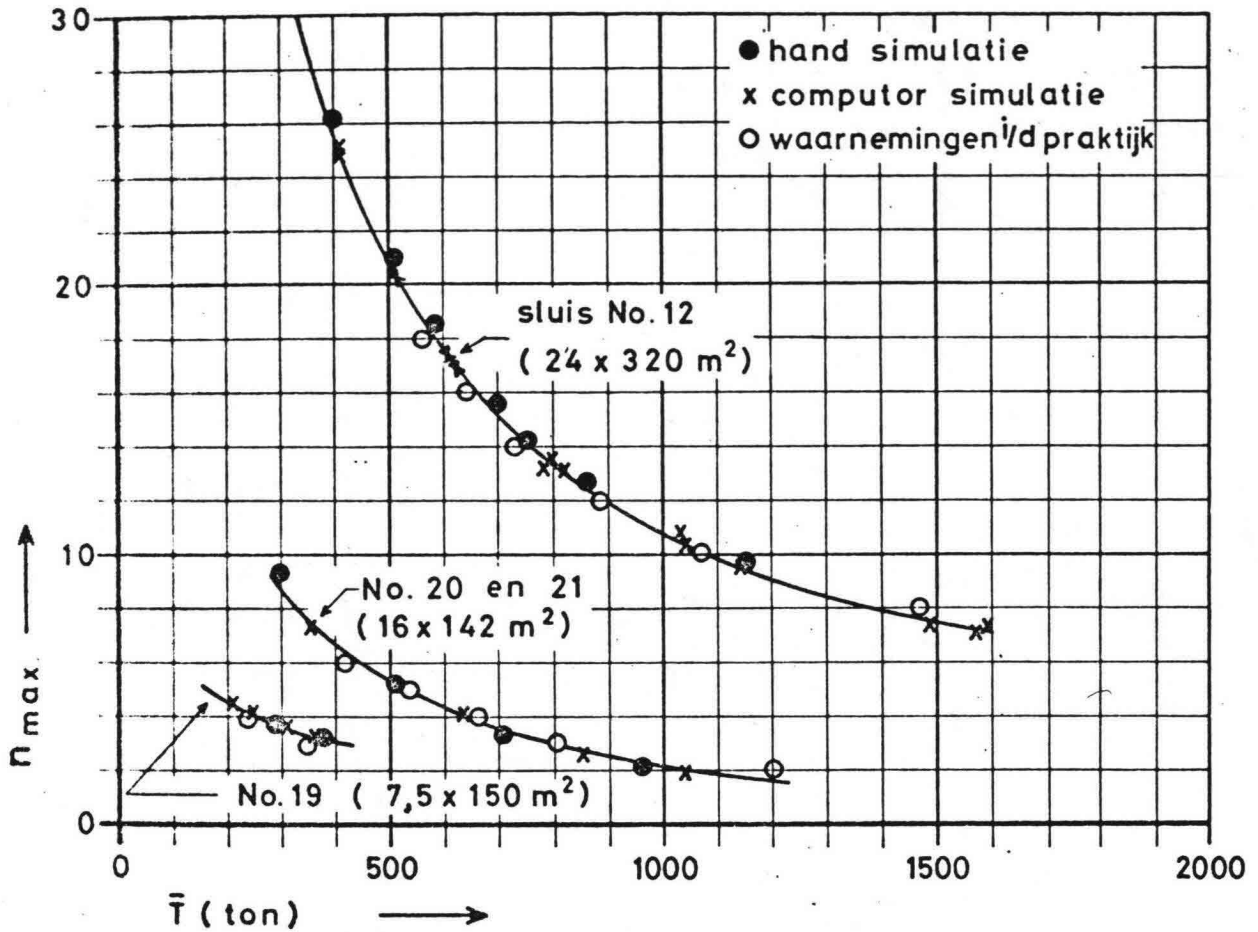
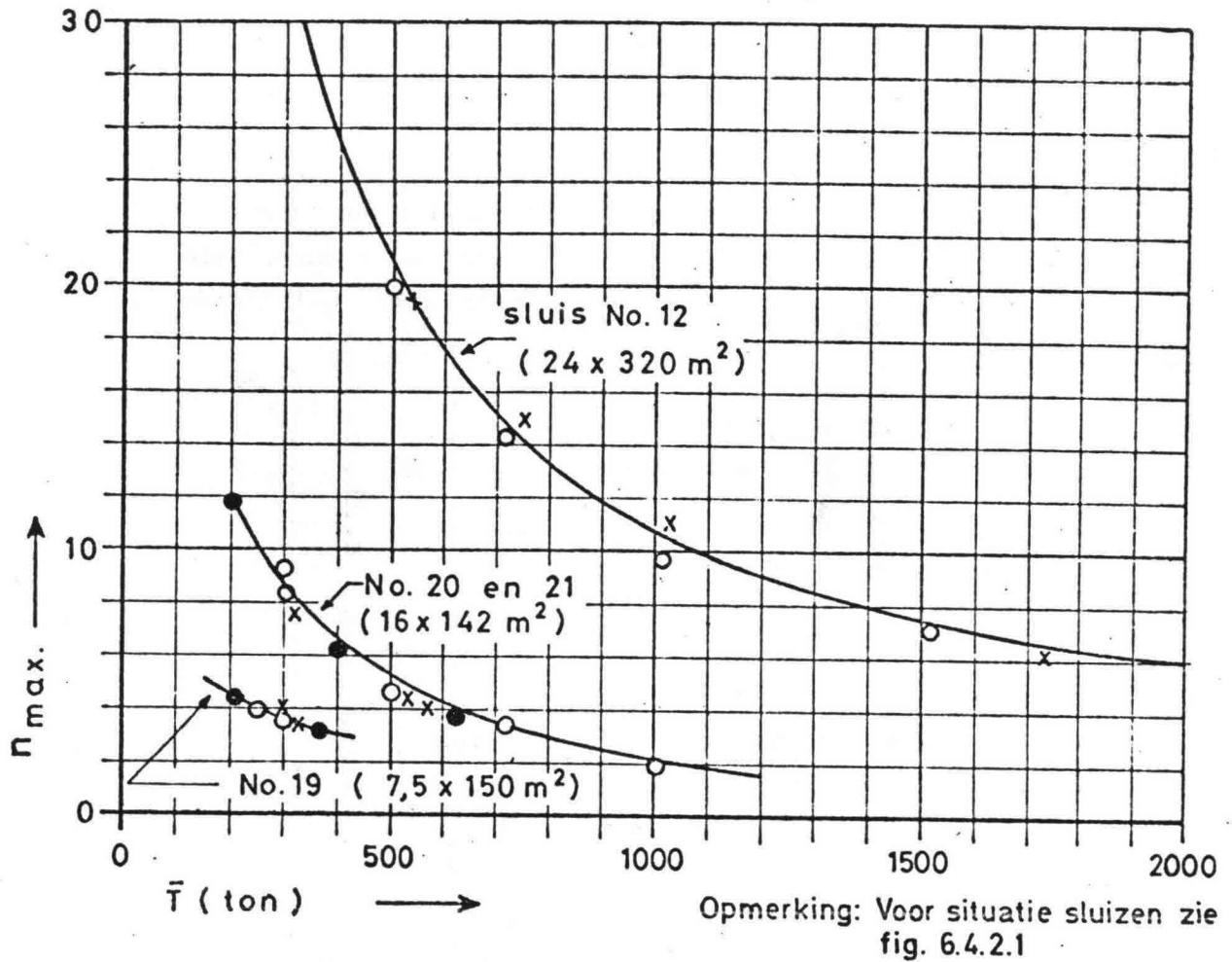


Fig 6.5.11 maximum aantal schepen (n_{max}) dat de kolk kan bevatten als functie van het gemiddelde laadvermogen (\bar{T})



8 Laadvermogenklassen:

- standaardfrequentieverdeling
- X verdeling met grote standaardafwijking
- O verdeling met kleine standaardafwijking

12 Laadvermogenklassen:

- verdeling gebaseerd op de internationale Rijnvloot

Fig. 6.5.1.2 Invloed van de samenstelling van de passerende vloot op n_{max} .

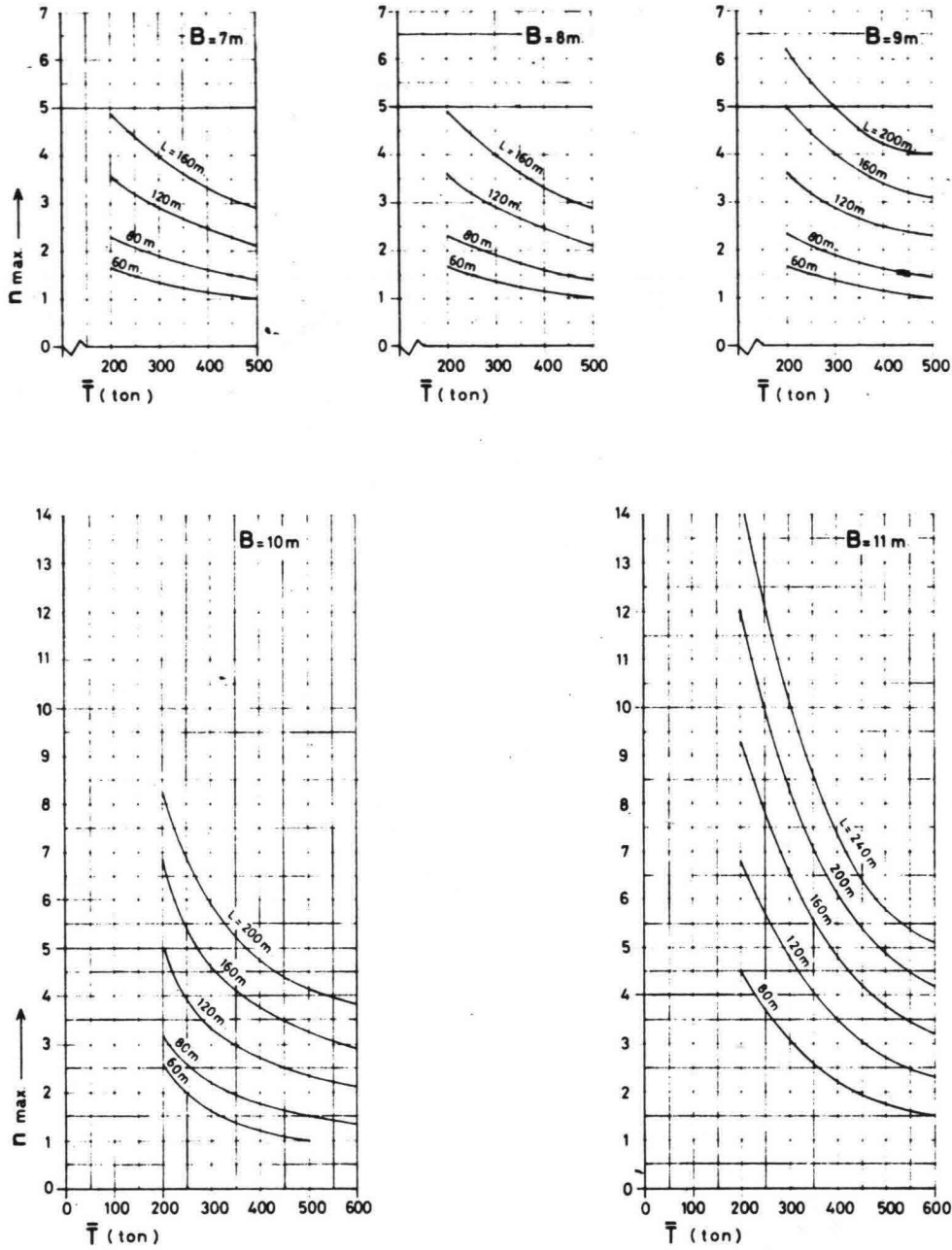


Fig. 6.5.2.1 Maximum aantal schepen dat de sluislock kan bevatten (N_{max}) als functie van het gemiddelde laadvermogen (\bar{T}) voor verschillende kolkafmetingen.

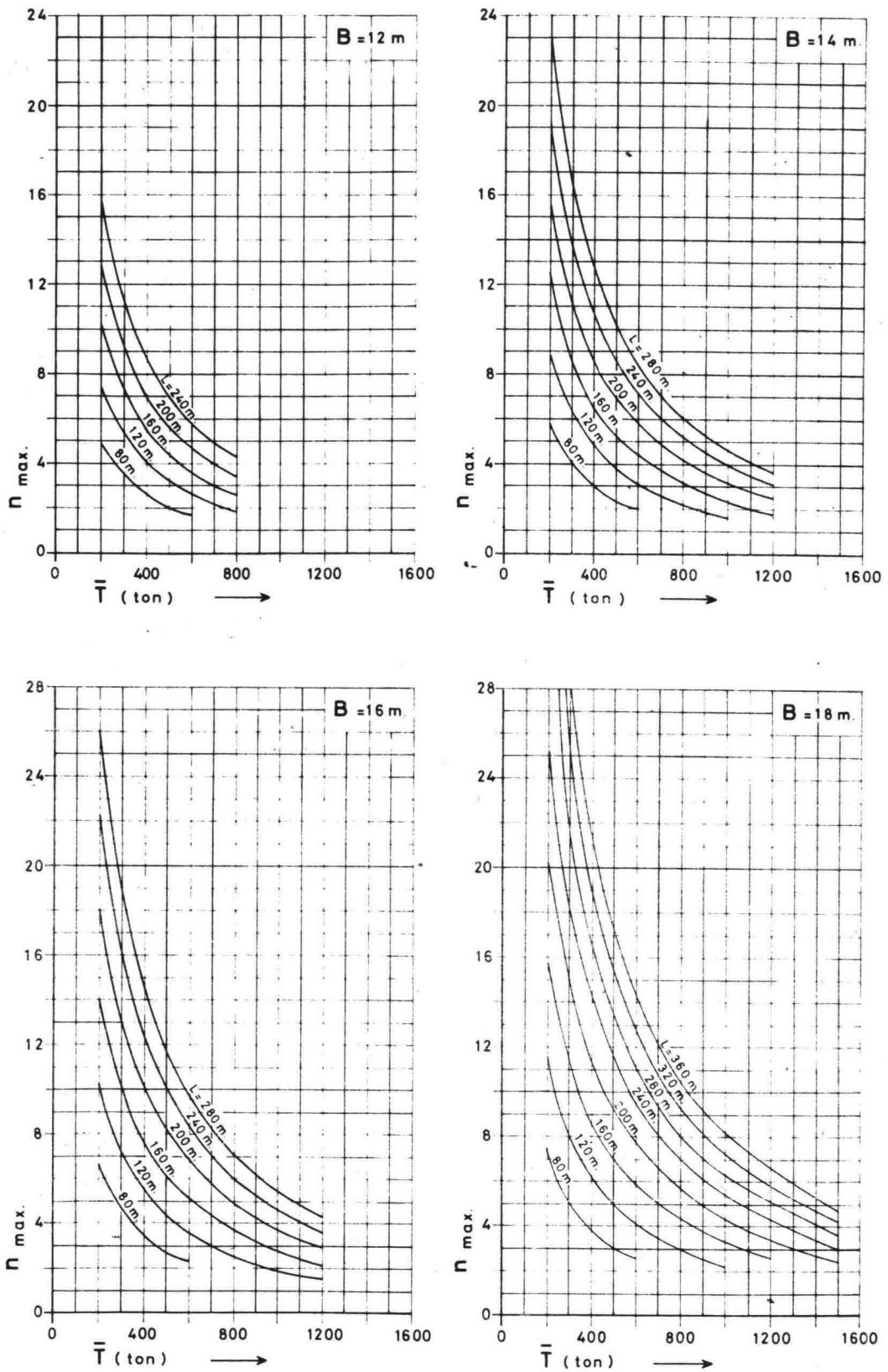


Fig. 6.5.2.2 Maximum aantal schepen dat de sluislock kan bevatten (N_{max}) als functie van het gemiddelde laadvermogen (\bar{T}) voor verschillende lockafmetingen.

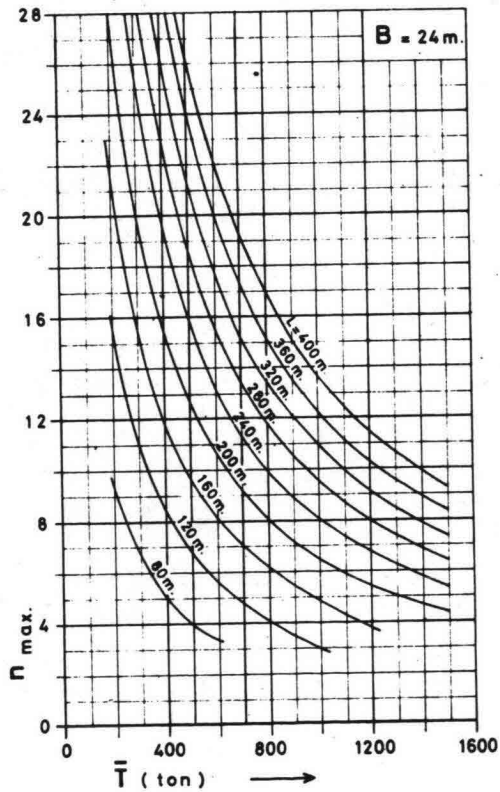
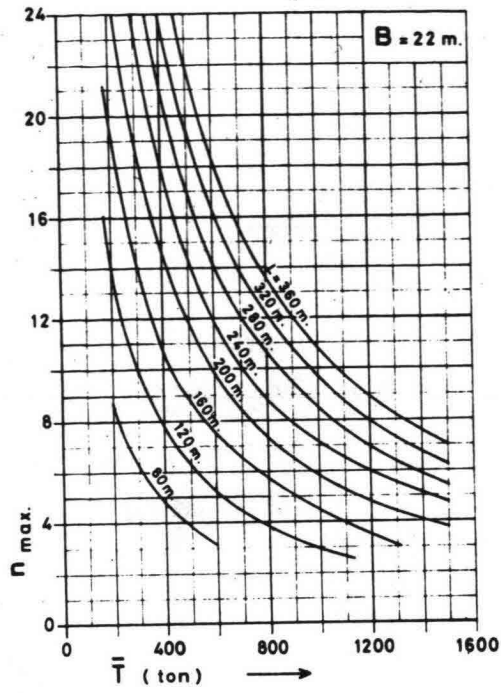
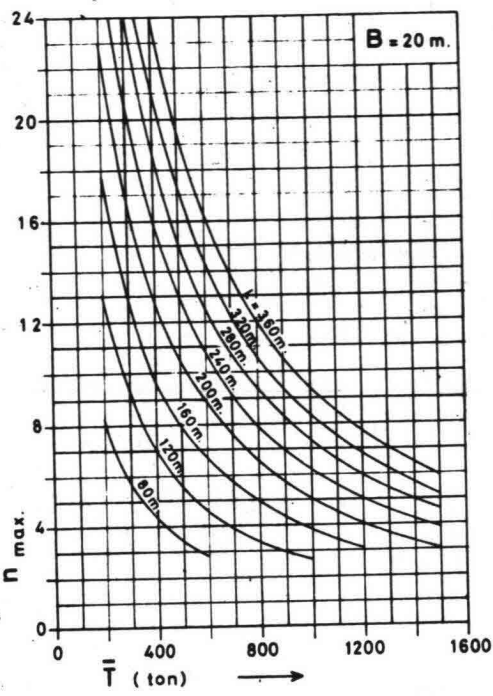


Fig. 6.5.2.3 Maximum-aantal schepen dat de sluisolk kan bevatten (N_{max}) als functie van het gemiddelde laadvermogen (\bar{T}) voor verschillende kolkafmetingen.

6.6. BEREKENING VAN DE SCHUTKAPACITEIT

In deze paragraaf: BEREKENINGSMETHODE VOOR DE BINNENVAART.

Er zijn 3 gevallen

- a. schuttingen met volbezette kolken in twee richtingen
- b. schuttingen met volbezette kolk in de ene richting en gedeeltelijk bezette kolk in de andere richting
- c. schuttingen met volbezette kolk in het geval van eenrichtingsverkeer.

Voor de uiteenzetting van de berekeningsmethode zal eerst geval a worden behandeld.

Doel van de berekening : BEPALEN C_s en C_T als $F_{ie}(\bar{T})$
 Uitgangspunt : BINNENVAARTSLUIS MET MODERNE VORMGEVING
 Berekeningsmethode : A t/m G

A. Gegevens met betrekking tot de sluis

1. Vaststellen van de nuttige kolk lengte (L) en -breedte (B)
2. Berekening van het oppervlak van de natte dwarsdoorsnede over het bovenhoofd (F_u) en het benedenhoofd (F_l); $F_u = B \times D_u$ en $F_l = B \times D_l$. In gebieden met wisselende waterstanden kan eenvoudigheidshalve met gemiddelde waarden worden volstaan.
3. Bepaling van de afstand van de sluisdeur tot het begin van de wachtplaats ($A_l - \bar{l}$).
4. Bepaling van de bedieningstijd T_b voor beide schutrichtingen door schatting of metingen aan een overeenkomstige bestaande sluis.

B. Gegevens met betrekking tot de vloot

1. Het bepalen van de samenstelling van de vloot waarbij globaal onderscheid gemaakt moet worden tussen de categorieën binnenschepen (met en zonder eigen aandrijving), overige beroepsvaart en pleziervaart. Toelichting: Bij de berekening van de schutkapaciteit wordt uitgegaan van binnenschepen met eigen aandrijving. Indien de sleepvaart of de overige categorieën een groot aandeel hebben in de samenstelling van de vloot dient een reductie te worden aangebracht op de berekende capaciteit.
2. Keuze van verschillende waarden van \bar{T} met de bijbehorende gemiddelde scheeps lengte \bar{l} volgens figuur 6.4.4.6.
3. Vaststellen van de beladingsgraad λ , per vaarrichting.
 Als deze niet bekend is kan voor Nederlandse omstandigheden volstaan worden met een gemiddelde van $\lambda = 0,6$.

C. De in- en uitvaartijden van de schepen

1. Bepaling van de inaarvolgtijd \bar{t}_i , per vaarrichting, voor geladen en ongeladen schepen, van de gekozen waarden van \bar{T} met behulp van de figuren 6.4.4.1 t/m 6.4.4.4. Voor de opvaart geldt hierbij dat $F = F_l$, voor de afvaart $F = F_u$.

De per vaarrichting toe te passen waarde is:

$$\bar{t}_i = \lambda \times \bar{t}_i \text{ (geladen schepen)} + (1 - \lambda) \times \bar{t}_i \text{ (ongeladen schepen)}.$$

2. Bepaling van de uitvaarvolgtijd \bar{t}_u per vaarrichting enz. op dezelfde wijze als voor de invaarvolgtijd.
Opvaart: $F = F_u$; afvaart: $F = F_l$.

3. Bepaling van de lustijd \bar{t}_l per vaarrichting enz. door toepassing van:

$$\bar{t}_l = \bar{t}_i + \text{korrektie}$$

De korrektie kan bepaald worden met behulp van de korrektiegrafiek (figuur 6.4.4.5). Hierbij is A_l , gelijk aan de onder A.3 genoemde afstand plus l .

D. Het maximum aantal schepen in de kolk

Voor de verschillende waarden van \bar{T} kan n_{\max} worden afgelezen uit de figuren 6.5.2.1 t/m 6.5.2.3.

E. De schutduur per vaarrichting

Uit de vergelijkingen (2), (3) en (4) wordt voor de schutduur de volgende vergelijking afgeleid.

$$\bar{T}_d = \bar{t}_l + (n_{\max} - 1) \bar{t}_i + n_{\max} \cdot t_u + T_b \quad (12)$$

F. De schutcyclustijd

Voor de schutcyclustijd als gemiddelde uit een groot aantal schuttingen geldt

$$\bar{T}_c = \bar{T}_d \text{ (opvaart)} + \bar{T}_d \text{ (afvaart)}$$

G. De schutkapaciteit op uurbasis

$$C_s = \frac{2n_{\max}}{\bar{T}_c} \times 60 \text{ (schepen/uur)}$$

$$C_T = \bar{T} \times C_s \quad (\text{tonnen laadvermogen/uur})$$

De werkelijke schutkapaciteit is normaal iets lager dan de berekende. Gebruikelijk is een reductie van 10%. Voor de nachturen een extra reductie van 5%.

$$C_w = 0,9 \times (\text{bedrijfsuren overdag} + 0,95 \times \text{bedrijfsuren 's nachts}) \times C_s.$$

Voor de berekening van de onder b en c genoemde capaciteiten kan volstaan worden met enkele wijzigingen in de hiervoor geschetste berekeningsgang.

Voor b zijn de volgende wijzigingen van belang:

- D. Voor de vaarrichting waarvoor de capaciteit bepaald moet worden geldt n_{\max} ; voor de tegengestelde richting een (gemeten of geschatte) waarde voor $n < n_{\max}$.

- E. \bar{T}_d wordt voor de eerstgenoemde richting bepaald op basis van n
 (vergelijking 12) voor de tegenovergestelde richting op basis $\frac{\max}{\text{van}} n$.
- G. De capaciteit wordt bepaald met behulp van vergelijking (7).

De wijziging met betrekking tot c is:

Algemeen: Alle gegevens betreffende de vloot, de vaartijden enz. behoeven slechts voor één richting bepaald te worden.

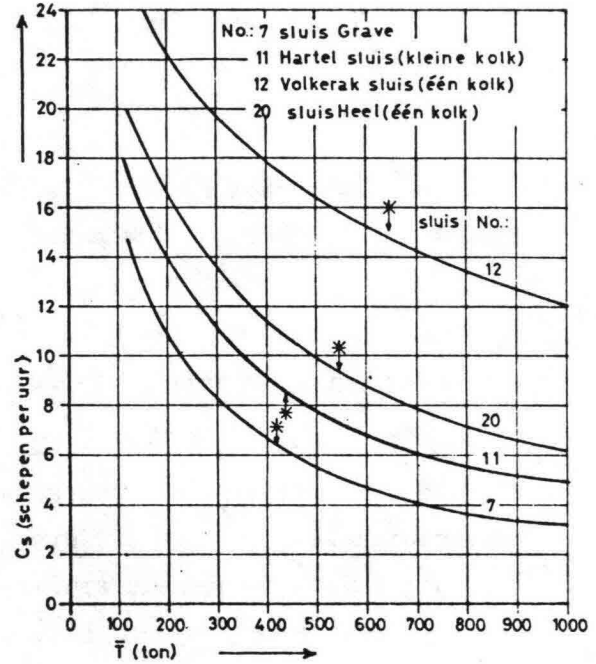
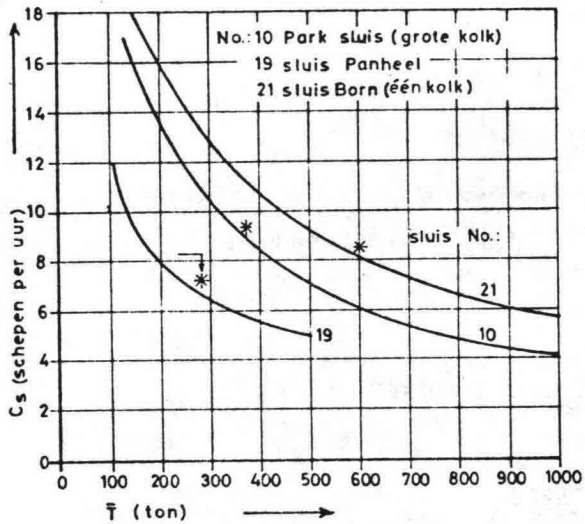
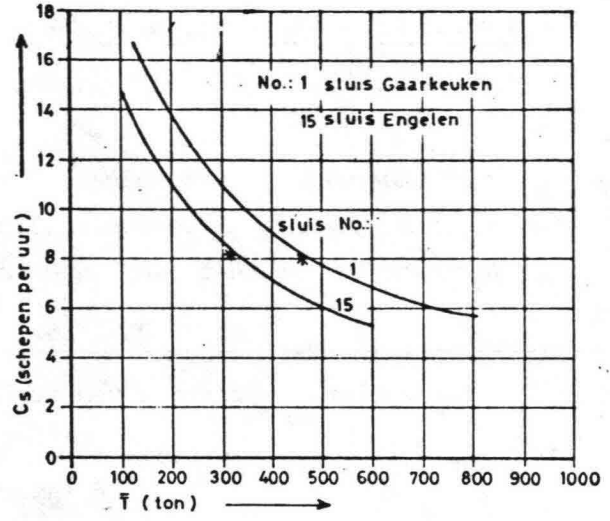
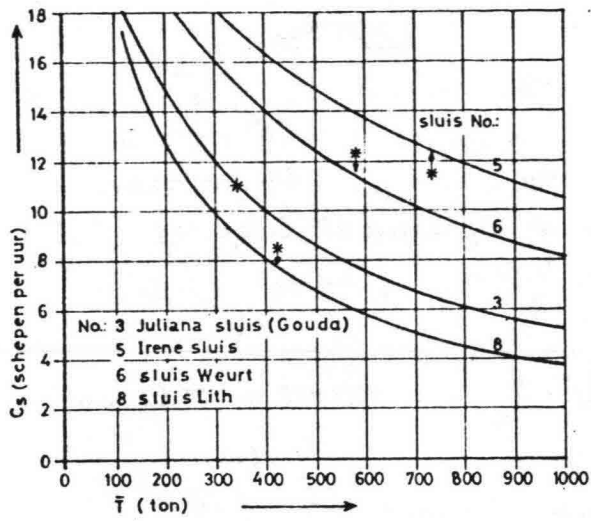
C_3 : De lustijd dient vervangen te worden door de kortere, invaartijd van het eerste schip.

F : $\bar{T}_c = \bar{T}_d$ (schutrichting) + T_b (tegenovergestelde richting)

G : Toepassing van vergelijking (7).

De berekeningsmethode is getoetst aan in de praktijk gemeten schutcapaciteiten.

Resultaat : zie FIGUUR 6.6.1.



* Praktijk waarnemingen

— Berekend

Fig.65.1 Vergelijking tussen berekende en waargenomen schutcapaciteiten (voor situering sluizen en kolkafmetingen zie fig.6.4.2)

6.7. WACHTTIJD EN SCHUTTIJD ALS ONDERDELEN VAN DE PASSEERTIJD

6.7.1. GEMIDDELDE WACHTTIJD BIJ EEN SLUIS MET EEN KOLK

DEFINITIE:

De wachttijd begint op het theoretische aankomsttijdstip en eindigt op het tijdstip dat de bedieningstijd van de eerstvolgende schutting, in de vaarrichting van het beschouwde schip, begint.

Veronderstelling:

Het aankomsttijdstip \underline{t} van het schip heeft een UNIFORME KANSVERDELING.

$$\text{m.a.w. } P_r\{t \leq \underline{t} < t + \Delta t\} = \frac{1}{p \bar{T}_c} dt \quad (13)$$

Als $T_c = \text{konstant}$ dan is

$$\bar{t}_w = \frac{1}{2} T_c$$

Als $T_c = \text{variabel}$ dan is

$$\bar{t}_w = \frac{1}{2} \bar{T}_c + \frac{\text{Var}(T_c)}{2 \bar{T}_c} \quad (14)$$

De tweede term in het rechter lid levert slechts een geringe bijdrage aan \bar{t}_w . Voor praktische doeleinden kan \bar{t}_w als volgt worden benaderd.

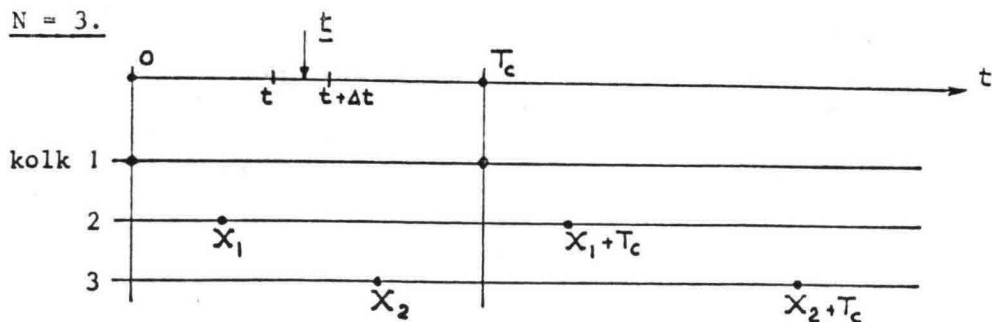
$$\bar{t}_w = \frac{1}{2} T_c \quad (15)$$

6.7.2. GEMIDDELDE WACHTTIJD BIJ EEN SLUIS MET N KOLKEN

Veronderstellingen:

1. Het aankomsttijdstip \underline{t} is UNIFORM VERDEELD
2. Per sluiskolk is $T_c = \text{KONSTANT}$
3. Als $N \geq 2$ is T_c voor alle sluiskolken even groot
4. Als $N \geq 2$ zijn de faseverschillen tussen de schutcycli uniform verdeeld.

Voorbeeld voor $N = 3$.



Het schip arriveert op een willekeurig tijdstip t tussen $t = 0$ en $t = T_c$. Het aankomsttijdstip is uniform verdeeld:

$$\Pr \{ t \leq \underline{t} < t + \Delta t \} = \frac{1}{T_c} dt$$

De schutcyclus van de eerste kolk loopt van 0 tot T_c . De begintijdstippen van de schutcycli van de 2e en 3e kolk zijn respectievelijk X_1 en X_2 . De stochastische variabelen X_1 en X_2 zijn uniform verdeeld op het interval $(0, T_c)$. De elementaire kansen met betrekking tot X_1 en X_2 zijn in dit geval:

$$\Pr \{ X_1 \leq \underline{X}_1 \leq X_1 + \Delta X_1 \} = \frac{1}{T_c} dX_1$$

en

$$\Pr \{ X_2 \leq \underline{X}_2 \leq X_2 + \Delta X_2 \} = \frac{1}{T_c} dX_2$$

Bij de berekening van t_w moeten twee gevallen onderscheiden worden $X_2 > X_1$ en $X_2 < X_1$.

Geval 1. $X_2 > X_1$.

Het aankomsttijdstip t kan liggen tussen:

- a. 0 en X_1 $t_w = X_1 - t$
- b. X_1 en X_2 $t_w = X_2 - t$
- c. X_2 en T_c $t_w = T_c - t$

Geval 2. $X_2 < X_1$.

Geval 2 is identiek aan geval 1 met dien verstande dat X_1 en X_2 verwisseld zijn. Beide gevallen zullen dus dezelfde uitkomst opleveren.

Uitkomst:

$$\bar{t}_w = \frac{1}{4} T_c$$

VOOR N KOLKEN GELDT:

$$\bar{t}_w = \frac{T_c}{N + 1} \quad (\text{hierin is } T_c = \bar{T}_c) \quad (16)$$

Opmerking:

Bij toepassing van (16) zal niet altijd aan de veronderstellingen 2 t/m 4 worden voldaan.

6.7.3. DE GEMIDDELDE SCHUTTIJD

De schuttijd begint als de invaart voltooid is en de invaardeuren gesloten kunnen worden. De schuttijd eindigt als het betrokken schip na schutting, met zijn achtersteven de uitvaardeuren passeert. De schuttijd omvat dus de bedieningstijd T_b en een gedeelte van de totale uitvaarttijd T_u .

In geval van een schutting met één schip is de schuttijd:

$$t_s = T_b + t_u$$

Omvat de schutting n schepen dat is de gemiddelde schuttijd per schip:

$$t_s = T_b + \frac{1}{2} (n + 1) t_u \quad (17)$$

In de praktijk varieert het aantal schepen per schutting.

Stel: n_k is het aantal schepen in de k^e schutting.

\bar{n} is het gemiddelde aantal schepen per schutting.

Voor de gemiddelde schuttijd geldt dan:

$$\bar{t}_s = T_b + \frac{1}{2} t_u (\bar{n} + 1) + \frac{1}{2} t_u \frac{\text{Var}(n_k)}{\bar{n}} \quad (18)$$

6.8. DE OVERLIGTIJD ALS ONDERDEEL VAN DE PASSEERTIJD

6.8.1. ALGEMENE BESCHOUWING

- Lage intensiteit : GEEN OVERLIGGERS ($t_p = t_w + t_s$)
- Toenemende intensiteit : AF EN TOE OVERLIGGERS
- Relatief hoge intensiteit : ACCUMULATIE VAN SCHEPEN

DE KANS OP OVERLIGGEN IS MEDE AFHANKELIJK VAN DE VARIATIE IN DE VERKEERSINTENSITEIT m.a.w. VAN HET INTENSITEITSPATROON.

Variatie verkeersintensiteit : . SYSTEMATISCH
 . STOCHASTISCH

Systematische opbouw I-patroon: ETMAALCYCLI
 WEEKCYCLI

Opmerking: In Nederland zijn de bedrijfstijden van veel sluizen op genoemde cycli afgestemd.

OVERLIGTIJDEN WORDEN BEPAALD m.b.v. SIMULATIES VAN HET SCHUTPROCES

- . Uitvoering op WEEKBASIS
- . Herhaalde simulaties voor verschillende weekintensiteiten (I_w)
- . Eindprodukt is de OVERLIGKURVE; $\bar{t}_o = f(I_w/C_w)$

Voor een algemeen beeld van de overligkurve zie FIGUUR 6.8.1.1.

6.8.2. DE ONTWIKKELING VAN INTENSITEITSPATRONEN

Bij de schutsimulaties wordt uitgegaan van een I-PATROON OPGEBOUWD UIT UURINTENSITEITEN.

Gebruik maken van waargenomen patronen.

De volgende werkwijze kan worden toegepast:

1. UITGAAN VAN EEN WAARGENOMEN INTENSITEITSPATROON

- . één of meer gehele weken
- . uurintensiteiten per vaarrichting

2. BEPAAL PER VAARRICHTING DE SYSTEMATISCHE STRUKTUUR VAN HET PATROON

Twee mogelijkheden

- a De SAMENSTELLING van de passerende vloot vertoont geen SYSTEMATISCHE VARIATIE over het etmaal of de week.
- b Er is wel sprake van systematische variatie.

ad a.

- . Toepassen methode FIGUUR 6.8.2.1.
- . In geval van lange waarnemingsreeks: bepalen van de gemiddelde intensiteiten van dezelfde uren op overeenkomstige dagen.

ad b.

Vloot onderverdelen in relevante categorieën; verder conform a.

3. STEL PROGNOSE OP VOOR DE TOEKOMSTIGE SYSTEMATISCHE STRUKTUUR

4. BEPAAL VOOR VERSCHILLENDE WAARDEN VAN I_w DE TOEKOMSTIGE SYSTEMATISCHE STRUKTUUR VAN HET I-PATROON

5. BEPAAL DE STOCHASTISCHE VARIATIE VOOR ELKE PERIODE VAN DE SYSTEMATISCHE STRUKTUUR WAARIN DE UURINTENSITEITEN DEZELFDE WAARDE HEBBEN

b.v. Toepassing van:

- . Poissonverdeling (willekeurig aanbod)
- . Normale verdeling (gedoseerd aanbod)
- . Empirische verdeling

6.8.3. SIMULATIE VAN HET SCHUTPROCES

Uitgegaan wordt van een GESCHEMATISEERD SCHUTPROCES

- . SIMULATIE OP UURBASIS
- . VLOOT IS OPGEBOUWD UIT EENHEIDSSCHEPEN (met laadvermogen \bar{T})

De werkwijze is als volgt:

1. Berekening van de uurcapaciteit van de sluis (C_s in sch/uur) als functie van het gemiddelde laadvermogen (\bar{T}) en voor een bepaalde waarde van de beladingstoestand (λ) van de vloot.
2. Berekening van de weekcapaciteit (C_w) door vermenigvuldiging van C_s met het aantal bedrijfsuren.
3. Bepaling van een intensiteitspatroon per vaarrichting.
4. Berekening van \bar{T} en bepaling van de bijbehorende waarden van C_s en C_w .
5. Berekening van de weekintensiteit (I_w) uit 3; voorwaarde voor de uitvoering van de simulatie is dat $I_w/C_w < 1$.
6. Bepaling van het totaal aantal overliguren in de beschouwde week volgens het in figuur 6.8.3.1 weergegeven schema.
7. Om de gemiddelde overligtijd per schip als functie van de intensiteitscapaciteitsverhouding (I_w/C_w) te kunnen bepalen wordt de bewerking vanaf punt 3 verschillende malen herhaald voor andere waarden van I_w . In het algemeen zijn vier of vijf simulaties voldoende om het gewenste functionele verband te kunnen vaststellen.

6.8.4. DE GEMIDDELDE OVERLIGTIJD EN DE VARIATIE IN DE VERKEERSINTENSITEIT

\bar{t}_o wordt bepaald door I_w/C_w en de VARIATIE IN DE VERKEERSINTENSITEIT.

Parameter voor de variatie is de VARIATIE COËFFICIENT:

$$VC = \frac{\text{standaardafwijking van uurintensiteiten}}{\text{gemiddelde uurintensiteit}} = \frac{S(I)}{\bar{I}}$$

$S(I)$ en \bar{I} worden berekend over de bedrijfsuren van de sluis.

VC wordt bepaald door de SYSTEMATISCHE en de STOCHASTISCHE variatie.

VC neemt af in geval van:

- . DOSERING VAN DE SCHEEPVAART (door nabij gelegen sluizen)
- . AFSTEMMING VAN DE KAPACITEIT OP HET AANBOD (gesloten tijden)

Voorbeeld invloed VC op de overligkurve:

- . 3 verschillende I-patronen zie FIGUUR 6.8.4.1.
- . 3 bijbehorende OVERLIGKURVEN IN FIGUUR 6.8.4.2.

Sluis no.	Aantal bedrijfsuren per week	I_w/C_w	VC	\bar{t}_o (uren)
3	168	0,60	0,91	0,9
		0,75	0,86	3,0
		0,90	0,84	9,0
1	141	0,60	0,75	0,3
		0,75	0,72	1,0
		0,90	0,71	2,0
18	96	0,60	0,61	0,0
		0,75	0,55	0,2
		0,90	0,51	0,4

Tabel 6.8.4.1.

Verband tussen intensiteit-kapaciteitsverhouding (I_w/C_w), variatiecoëfficiënt (VC) en gemiddelde overligtijd (\bar{t}_o).

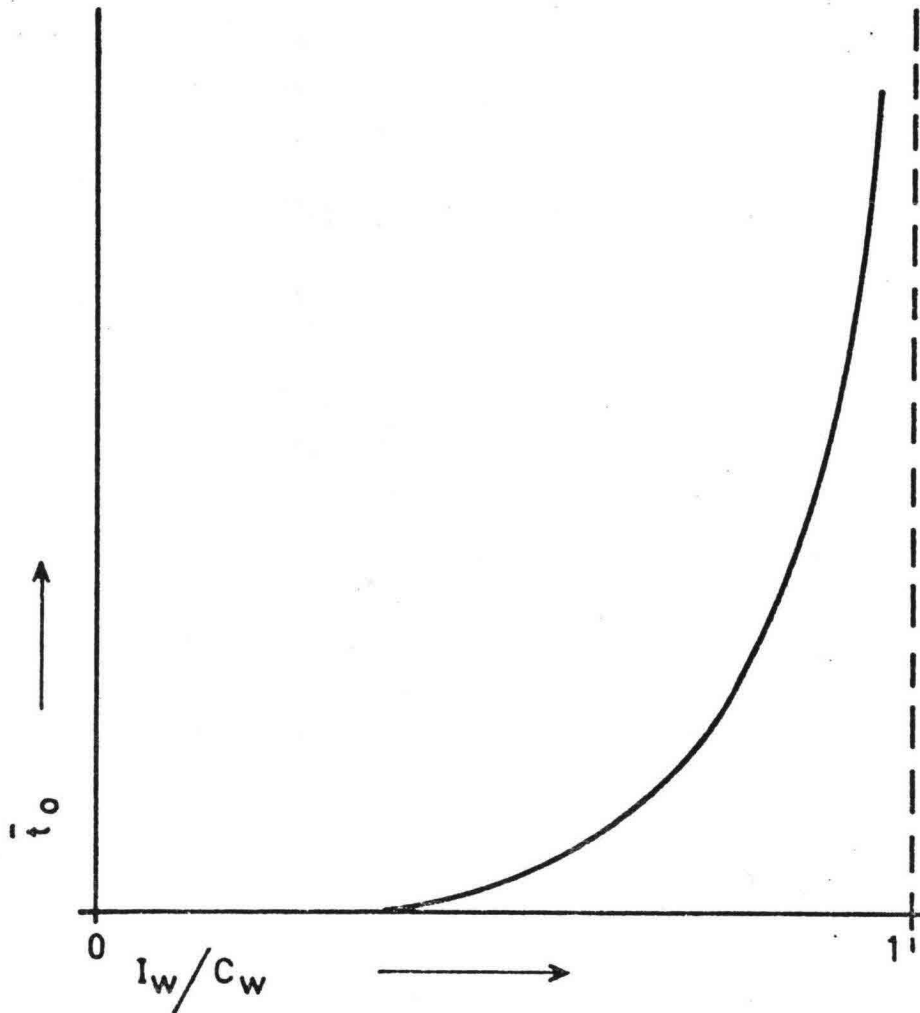


Fig. 6.8.1.1 Algemeen beeld van het verband tussen de gemiddelde waarde van de overlighetijd (\bar{t}_0) en de intensiteit-capaciteitsverhouding op weekbasis (overligkurve)

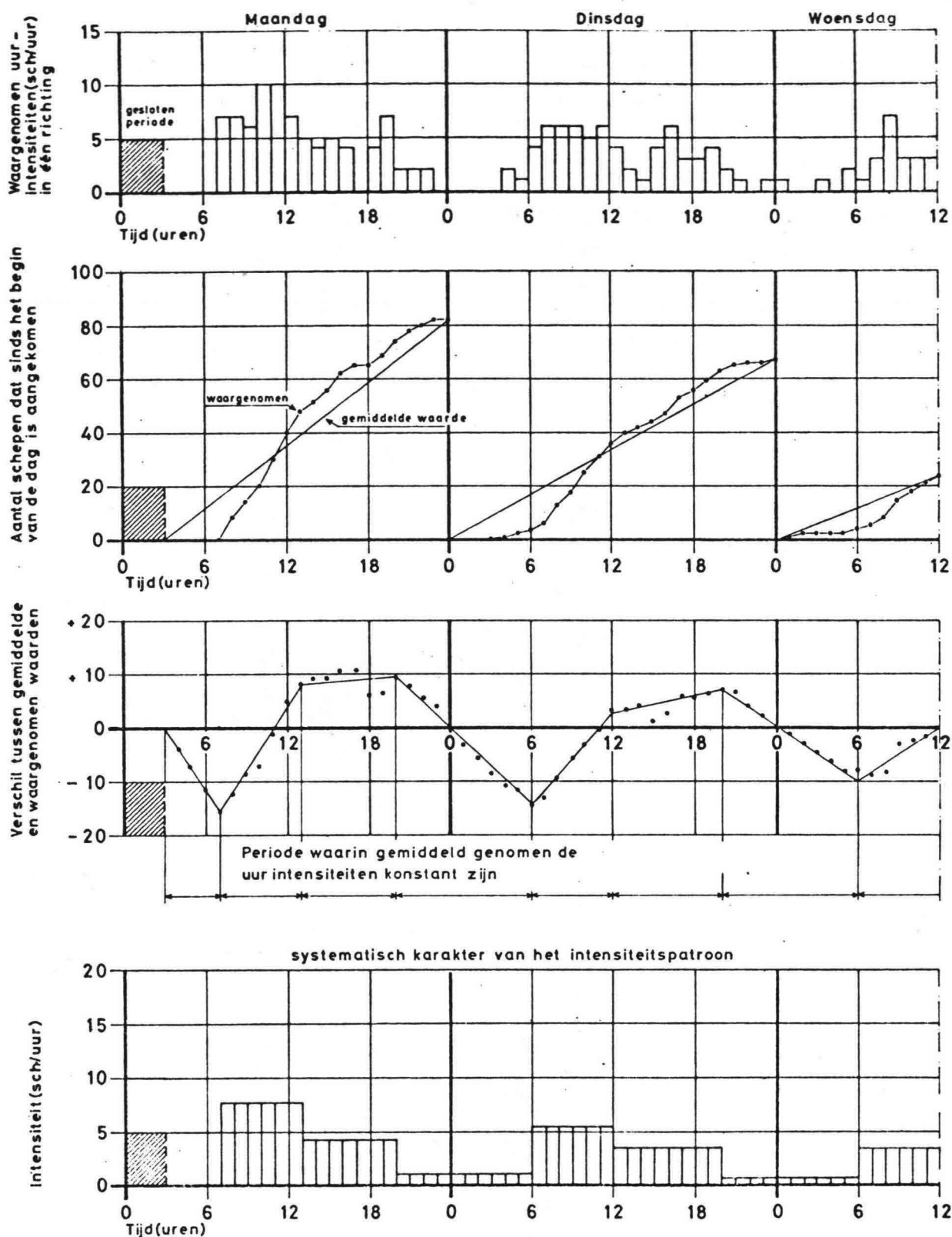


Fig.6.821 Bepaling van het systematische karakter van een waargenomen intensiteitspatroon.

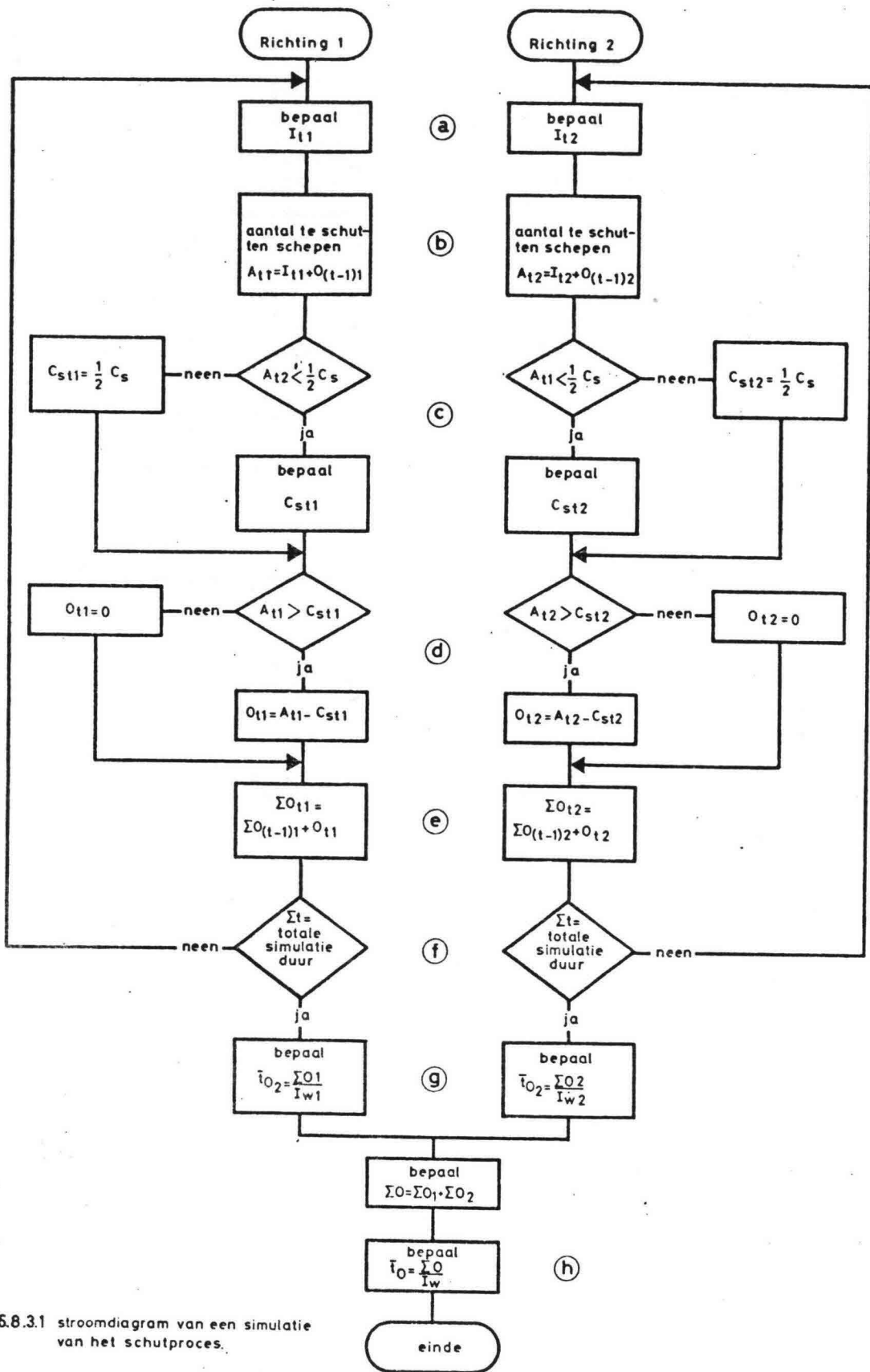


Fig 6.8.31 stroomdiagram van een simulatie van het schutproces.

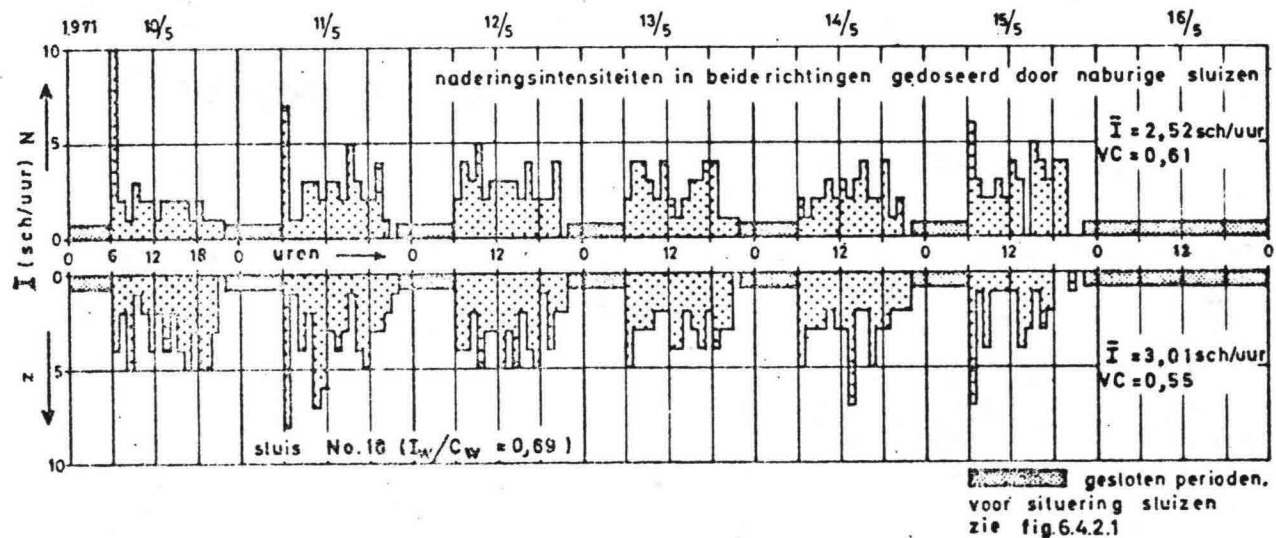
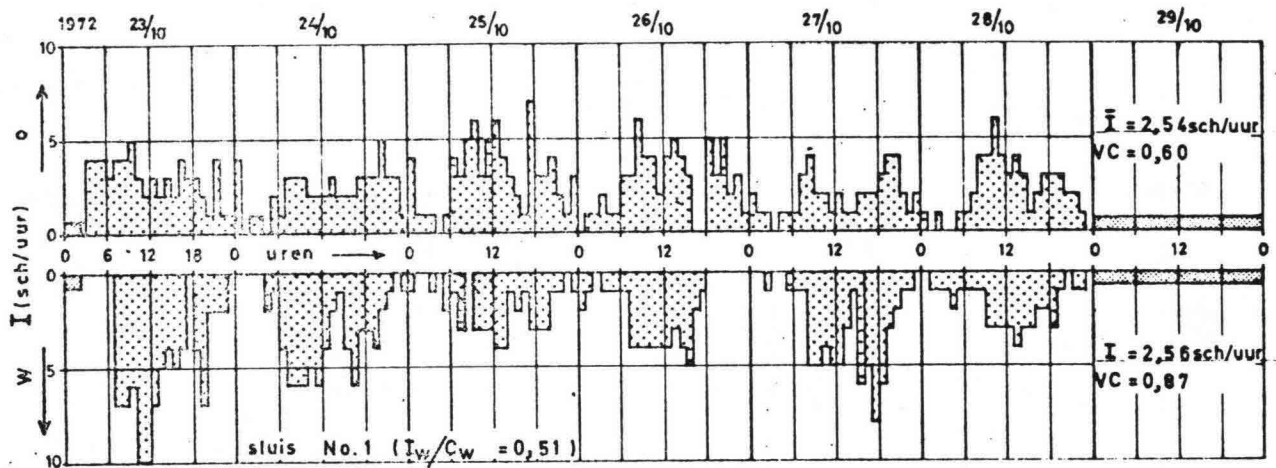
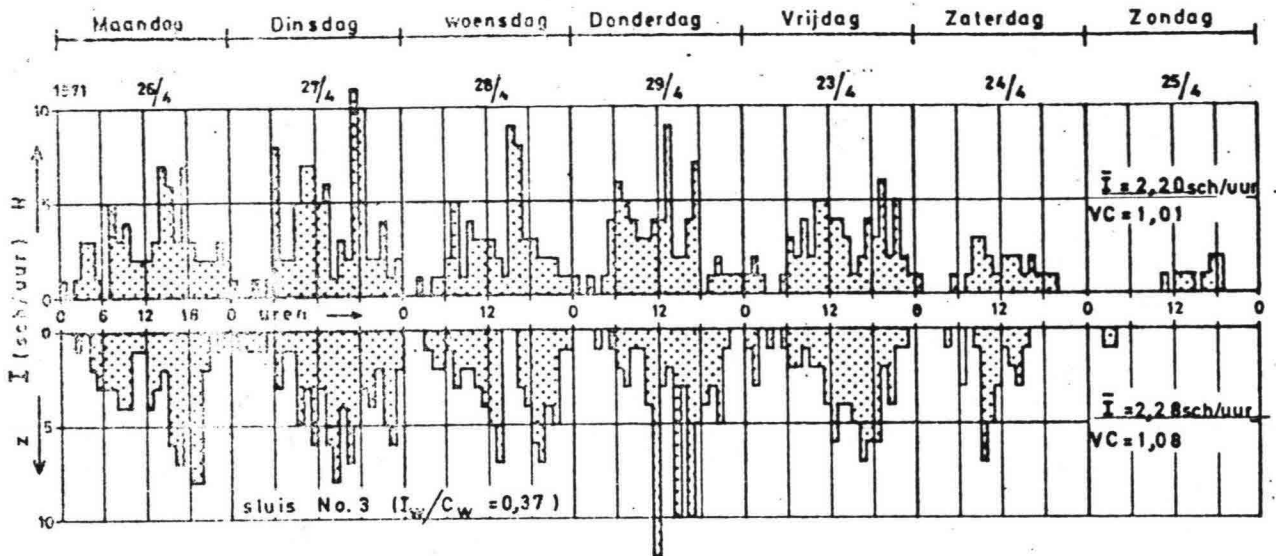


Fig.6.8.4) Waargenomen intensiteitspatronen met verschillende eigenschappen.

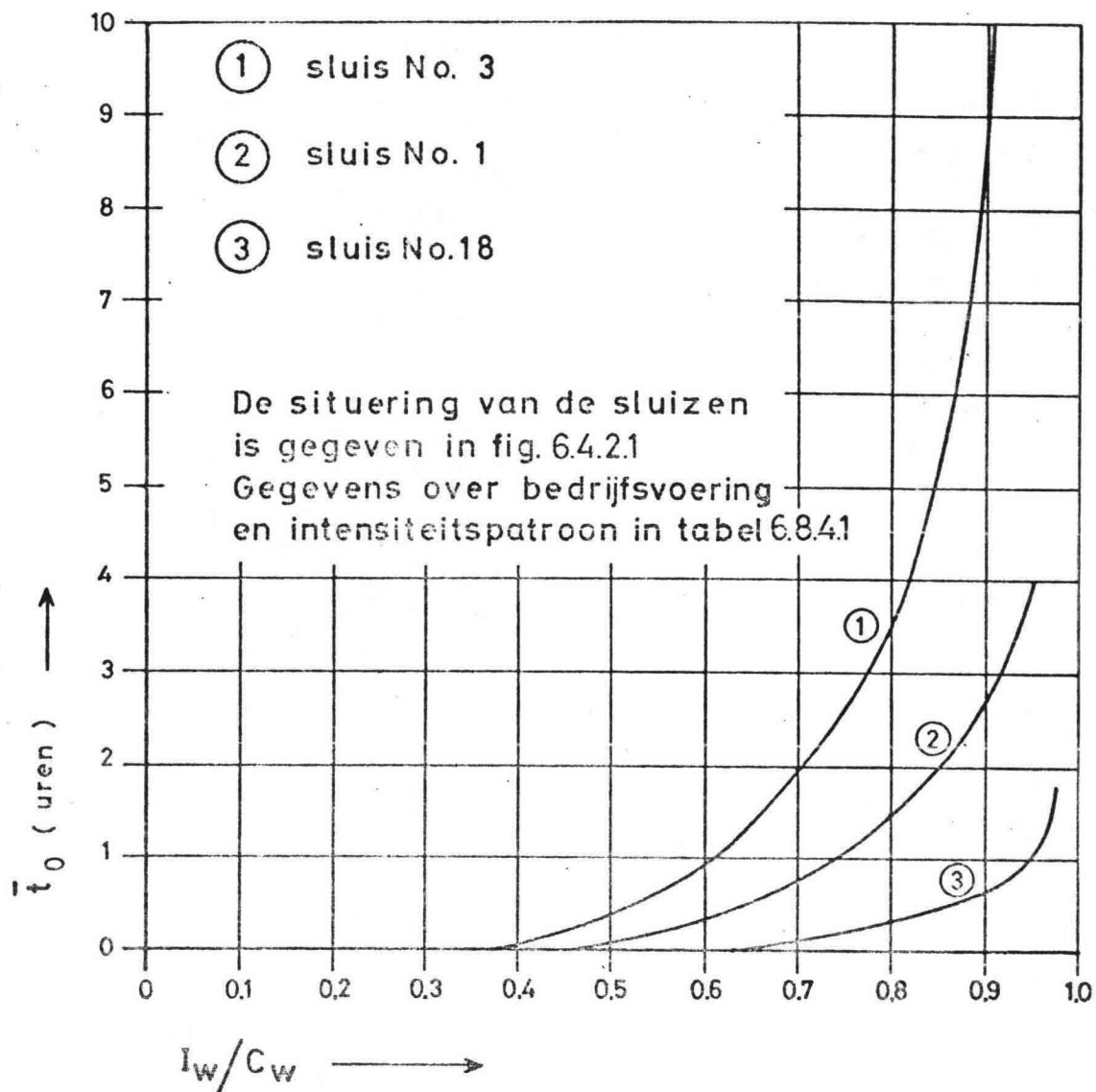


Fig. 6.8.4.2 Overlig-kurven voor verschillende omstandigheden met betrekking tot intensiteitspatroon en sluisituering.

6.9. DE TOELAATBARE JAARBELASTING

6.9.1. DE GRENSWAARDE VOOR I_w/C_w

PROGNOSES worden opgesteld op JAARBASIS.

Het begrip MAXIMAAL TOELAATBARE JAARINTENSITEIT (I_t): DIT IS DE JAARINTENSITEIT DIE NOG VERWERKT KAN WORDEN ZONDER DAT ONAANVAARDBAAR GROTE VERTRAGINGEN OPTREDEN GEDURENDE BEPAALDE PERIODEN VAN HET JAAR.

Verhouding optredende (I_o) en toelaatbare jaarintensiteit: I_o/I_t geeft de jaarbelasting van de sluis weer.

I_t wordt bepaald op basis van de OVERLIGKROMME of de PASSEERTIJDKROMME.

OVERLIGKROMME (algemeen karakter):

I_w/C_w		
VOOR VC GROOT	VOOR VC KLEIN	
<0,40	<0,65	verwaarloosbaar klein
0,40-0,60	0,65-0,85	geleidelijke stijging
>0,60	>0,85	sterke toeneming

Tabel 6.9.1.1.

DE MAXIMAAL TOELAATBARE WAARDE VAN I_w/C_w (GRENSWAARDE) LIGT, GLOBAAL GENOMEN, NET VOOR HET GEBIED WAARIN DE OVERLIGTIJD EEN STERKE TOENEMING VERTOONT.

Voor de praktijk zou van een maximum toelaatbare waarde van $\bar{t}_o = 0,50$ à $0,75$ uur kunnen worden uitgegaan. Uit de overligkurve volgt dan de maximum toelaatbare weekintensiteit. Deze dient vervolgens te worden omgerekend naar I_t .

6.9.2. WERKWIJZE

Methode 1

- Bepaal de overligkromme (m.b.v. schutsimulatie)
- Stel de grenswaarde vast voor I_w/C_w (overgangsgedebied van de geleidelijke naar sterke toeneming van de overligtijd).
- Bepaal de maatgevende weekintensiteit als een percentage van de jaarintensiteit (ligt globaal tussen de 2,10 en 2,35%)
- Bereken I_t .
- Bepaal het verhoudingsgetal I_o/I_t .

Opmerking:

De keuze van de maatgevende week is enigszins arbitrair; niet uitgaan van de drukste week (toevallige uitschieter), maar b.v. van de drukste periode van 4 à 6 weken en daarvan de gemiddelde I_w te nemen.

Methode 2 (snelle beoordeling)

- a. Neem de bedrijfstijden van de sluis en het intensiteitspatroon in beschouwing.
- b. Bepaal de grenswaarde voor I_w/I_c m.b.v. onderstaande tabel:

Bedrijfstijd van de sluis (per week)	grenswaarde I_w/I_c	
	willekeurige intensiteit	gedoseerde intensiteit
168 uur (kontinu bedrijf)	0,65	0,75
ca. 140 uur (kontinu, op zondag gesloten)	0,70	0,80
ca. 100 (gesloten perioden 'snachts en in de weekeinden)	0,75	0,85

Tabel 6.9.2.1.

- c. Ga voor de maatgevende week uit van een intensiteit gelijk aan 2,15% van de jaarintensiteit.
- d en e conform methode 1.

6.10. PRAKTISCHE TOEPASSINGEN

6.10.1. BEREKENING VAN DE SCHUTKAPACITEIT EN DE TOELAATBARE BELASTING

Rekenvoorbeeld voor type MODERNE MAAS-SLUIS ($16 \times 142 \text{ m}^2$). De berekening van de schutkapaciteit verloopt volgens het recept uit par. 6.6.

- A en B Gegevens m.b.t. de sluis en de vloot zijn vermeld in TABEL 6.10.1.1. De capaciteitsberekening wordt uitgevoerd voor een 5-tal waarden van \bar{T} . De bijbehorende l -waarden zijn ontleend aan FIGUUR 6.4.4.6.
- C De berekening van de in- en uitvaartijden is uitgevoerd in TABEL 6.10.1.2. Hierbij is gebruik gemaakt van de FIGUREN 6.4.4.1 t/m 6.4.4.5.
- D, E, De schutkapaciteit wordt berekend in TABEL 6.10.1.3. Voor de berekening F en G van n_{max} : zie FIGUUR 6.5.2.1 t/m 6.5.2.3.

Voor de berekening van I_t wordt de methode 2 uit par. 6.9.2 toegepast.

- . Stel er is sprake van niet gedoseerd verkeer
- . De bedrijfstijd is 168 uur per week (kontinu bedrijf)
De GRENSWAARDE voor $I_w/C_w = 0,65$.
- . De maatgevende $I_w = 2,15\%$ van I_t h.u.v.
 $I_t = 30,2 \times C_w \times \bar{T}$ (t . lvm/jaar)
 I_t kan nu worden vergeleken met de prognose.

In FIGUUR 6.10.1.1 worden de resultaten van de berekening weergegeven.

Algemene gegevens schutsluis
bevaarbaarheidsklasse: 5
aantal kolken $N = 1$
moderne vormgeving
bedrijfstijd: 168 uur per week

Hoofdafmetingen:			
$L = 142 \text{ m}$	$D_u = 3.5 \text{ m}$	$F_u = 56 \text{ m}^2$	$A_1 - 1 = 100 \text{ m}$
$B = 16 \text{ m}$	$D_l = 6.0 \text{ m}$	$F_l = 96 \text{ m}^2$	

Bedieningstijd:	
Kolkvulling c.q. lediging	: 7.3 min.
Openen sluisdeuren	: 1.1 min.
Sluiten sluisdeuren	: 1.6 min.
	<hr/>
T_b	: 10.0 min.

Algemene gegevens vlood:
Overwegend motorschepen.
Stroomopwaartse richting $\lambda = 0.9$
Stroomafwaartse richting $\lambda = 0.3$
Maatgevende I_w is 2.15% van jaarintensiteit.

Tabel 6.10.1.1.

Gegevens betreffende schutsluis en vlood.

\bar{T} (tonnen)			200	400	600	800	1000	
A_1 (m)			131	141	150	157	164	
opvaart	geladen	t_i	1.6	2.0	2.4	2.7	2.9	
		t_u	1.1	1.4	1.8	2.0	2.3	
		t_1	2.0	2.5	2.9	3.2	3.4	
	ongeladen	t_i	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	
		t_u	0.7	0.9	1.0	1.2	1.3	
		t_1	1.6	1.9	2.1	2.3	2.5	
	$\lambda = 0.9$	t_i	1.6	2.0	2.3	2.6	2.8	
		t_u	1.1	1.4	1.7	1.9	2.2	
		t_1	2.0	2.4	2.8	3.1	3.3	
	afvaart	geladen	t_i	1.8	2.4	2.9	3.3	3.6
			t_u	1.0	1.2	1.4	1.6	1.7
			t_1	2.2	2.9	3.4	3.8	4.1
ongeladen		t_i	1.4	1.6	1.9	2.1	2.4	
		t_u	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	
		t_1	1.7	2.0	2.3	2.5	2.8	
$\lambda = 0.3$		t_i	1.5	1.8	2.2	2.5	2.8	
		t_u	0.8	0.9	1.1	1.2	1.3	
		t_1	1.9	2.3	2.6	2.9	3.2	

Tabel 6.10.1.2.

In- en uitvaarttijden van de schepen (in minuten) voor verschillende waarden van \bar{T} .

\bar{T} (ton)		200	400	600	800	1000
$n_{\max.}$		12.2	6.6	4.4	3.1	2.4
opvaart ($\lambda = 0.9$)	t_1	2.0	2.4	2.8	3.1	3.3
	$(n-1)t_i$	17.9	11.2	7.8	5.5	3.9
	$n t_u$	13.4	9.2	7.5	5.9	5.3
	T_b	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
	T_d	43.3	32.8	28.1	24.5	22.5
afvaart ($\lambda = 0.3$)	t_1	1.9	2.3	2.6	2.9	3.2
	$(n-1)t_i$	16.8	10.1	7.5	5.2	3.9
	$n t_u$	9.8	5.9	4.8	3.7	3.1
	T_b	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
	T_d	38.5	28.3	24.9	21.8	20.2
T_c (min.)		81.8	61.1	53.0	46.3	42.7
C_s (sch/u)		16.1	11.7	9.0	7.2	6.1
C_T (ton/u)		3220	4680	5400	5760	6100
C_w (sch/week)		2637	1916	1474	1179	999

Opmerking: $C_s = 0.9 \times \frac{2n_{\max.}}{\bar{T}_c} \times 60 \cdot (\text{sch/uur})$

$$C_w = 163.8 \times C_s$$

Tabel 6.10.1.3.

Berekening schutkapaciteit

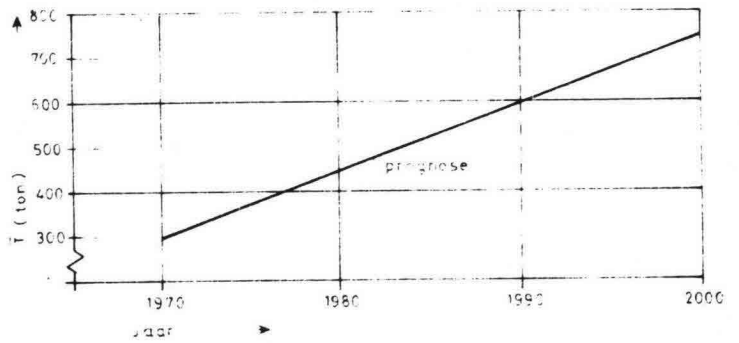
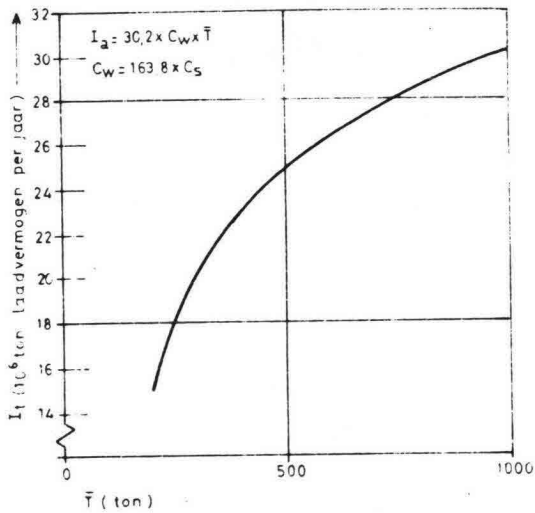
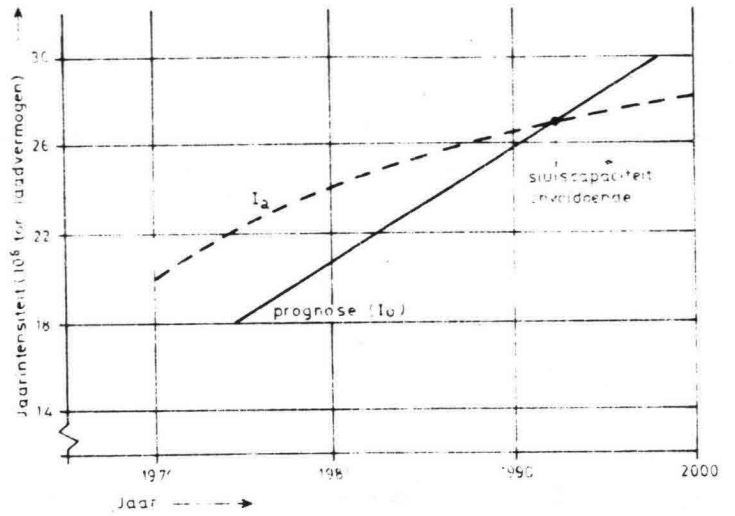
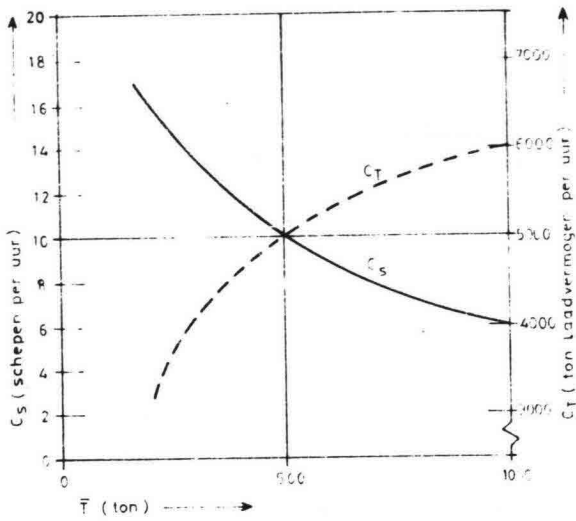


Fig. 6.10.11 Een vergelijking van de voorspelde jaarintensiteit (I_o) en de maximum toelaatbare jaarintensiteit (I_t) voor een moderne maassluis (van $16 \times 142 \text{ m}^2$)

6.10.2. VERBAND TUSSEN KOLKAFMETINGEN EN SCHUTKAPACITEIT

In Nederland worden i.h.a. grote sluiskolken gebouwd. De vraag is in dit verband wat betekent elke meter meer aan kolkbreedte of -lengte voor de schutkapaciteit. Berekeningen uitgevoerd voor verschillende B en L

- Voor $C_s = F_{ie}$ (B) ZIE FIGUUR 6.10.2.1.

Voor $B \leq \pm 11$ m is C_s relatief klein (reden: ongunstige kolkbezetting).

- Voor $C_s = F_{ie}$ (L) ZIE FIGUUR 6.10.2.2.

($T_b = 9$ min als $L = 80$ m, $T_b = 10,5$ min als $L = 200$ m).

BIJ TOENEMENDE L IS ER SPRAKE VAN AFNEMENDE KAPACITEITSWINST.

Als $B = 16$ m:

L neemt toe van 80 tot 120 m - capaciteitswinst 19%

80 tot 160 m - " 30%

80 tot 200 m - " 36%

Op grond van het voorgaande kunnen drie konkluderende opmerkingen worden gemaakt:

1. De in het verleden gehanteerde methode om bij het ontwerpen van schutsluizen uit te gaan van een schutkapaciteit per m^2 kolkoppervlak is onjuist en leidt niet tot optimale kolkafmetingen.
2. Het verdient aanbeveling om een minimum kolkbreedte van 12 m toe te passen. Dit geldt ook voor drukke vaarwegen met een lage bevaarbaarheidsklasse. Deze aanbeveling geldt niet voor sluizen die in hoofdzaak voor de recreatievaart bestemd zijn.
3. Het verdient geen aanbeveling om met het oog op de capaciteit, grote sluislengten toe te passen.

6.10.3. KEUZE VAN HET AANTAL KOLKEN

Bij een hoge verkeersintensiteit staat de ontwerper voor de keus:

- . EEN GROTE SLUISKOLK
- . TWEE KLEINERE PARALLELKOLKEN

Rekenvoorbeeld aan de hand van de volgende gegevens:

	Sluis I	Sluis II
Aantal kolken	2	1
L (m)	120	240
B (m)	12	18
D (m)	4	4
Totaal kolkopp. (m^2)	2880	4320
T_b (min.)	10	12

Resultaat KAPACITEITSBEREKENING : FIGUUR 6.10.3.1.

Opmerking: bij toenemende waarden van \bar{T} wordt het voordeel van sluis I kleiner.

Resultaat PASSEERTIJDSEBEREKENING : FIGUUR 6.10.3.2.

M.b.t. de passeertijd is sluis I duidelijk in het voordeel

- . T_c kleine kolk is korter dan T_c grote kolk
- . SLUIS I $\bar{t}_w = 1/3 \bar{T}_c$, SLUIS II: $\bar{t}_w = 1/2 \bar{T}_c$
- . C_s SLUIS I is groter dan C_s SLUIS II.

Opmerking:

Vergelijking tussen I en II heeft alleen betrekking op de verkeersafwikkeling. In de praktijk dient uiteraard ook te worden gekeken naar bouwkosten, ruimtebeslag, personeelsbezetting, bedrijfsvoering, schutwaterverlies enz.

6.11. LITERATUUR

- [1] Kooman, C. and Bruijn, P.A. de
Lock Capacity and Traffic Resistance of Locks
Rijkswaterstaat Communications nr. 22.
- [2] Koehler, R.
Verkehrsablauf auf Binnenwasserstrassen (Untersuchungen zur Leistungsfähigkeitsberechnung und Reisezeitverkürzung). Schriftenreihe des Instituts für Verkehrswesen der Universität (TH) Karlsruhe, Heft 3, 1968.
- [3] Davis, John P.
Tonnage Capacity of Locks.
Journal of Waterways and Harbours Division, ASCE,
Vol. 95, WW 2, May 1969, pp. 201-213.

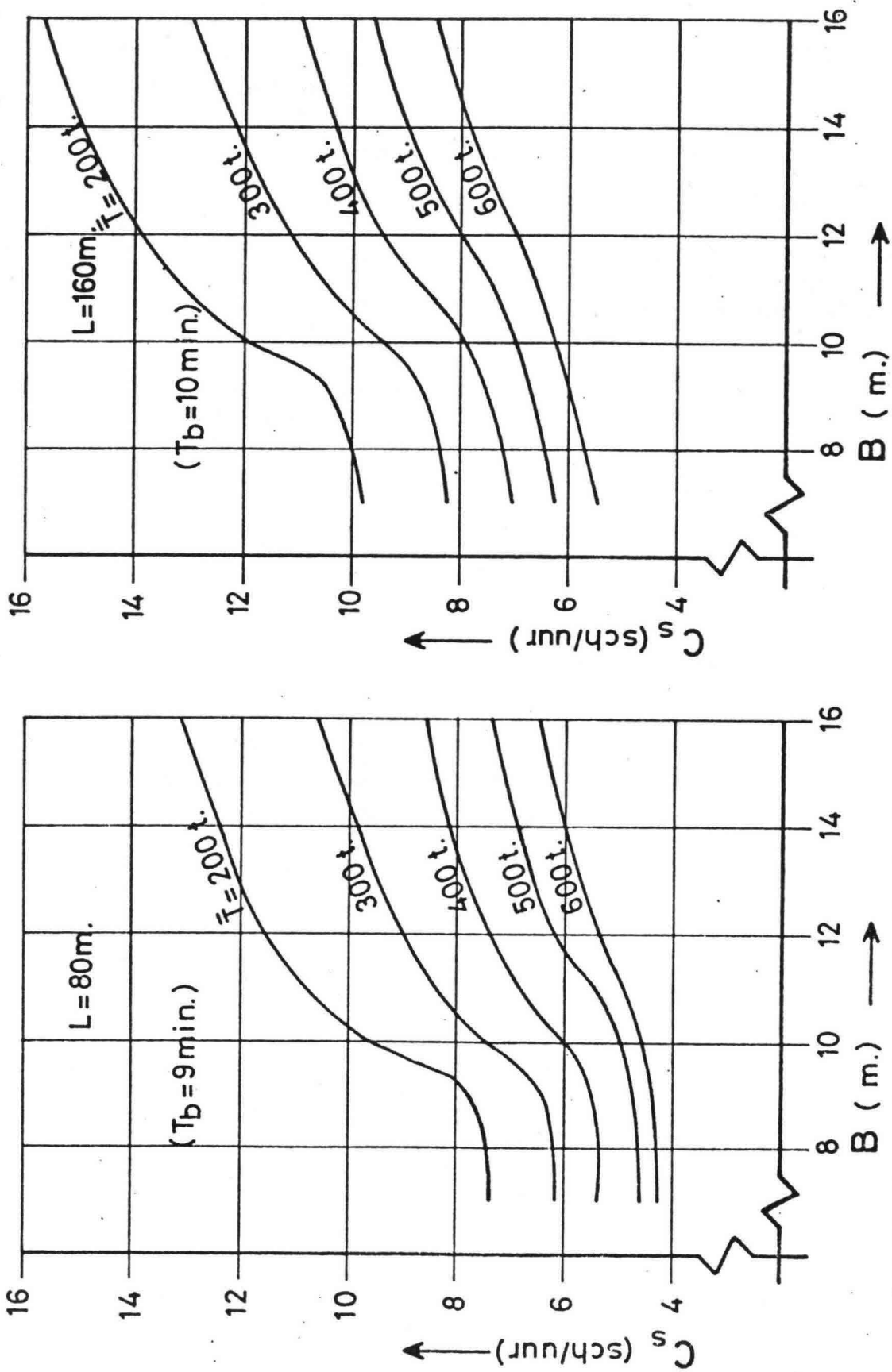


Fig.6.10.2.1 De schutcapaciteit als functie van de sluiswijdte(B)

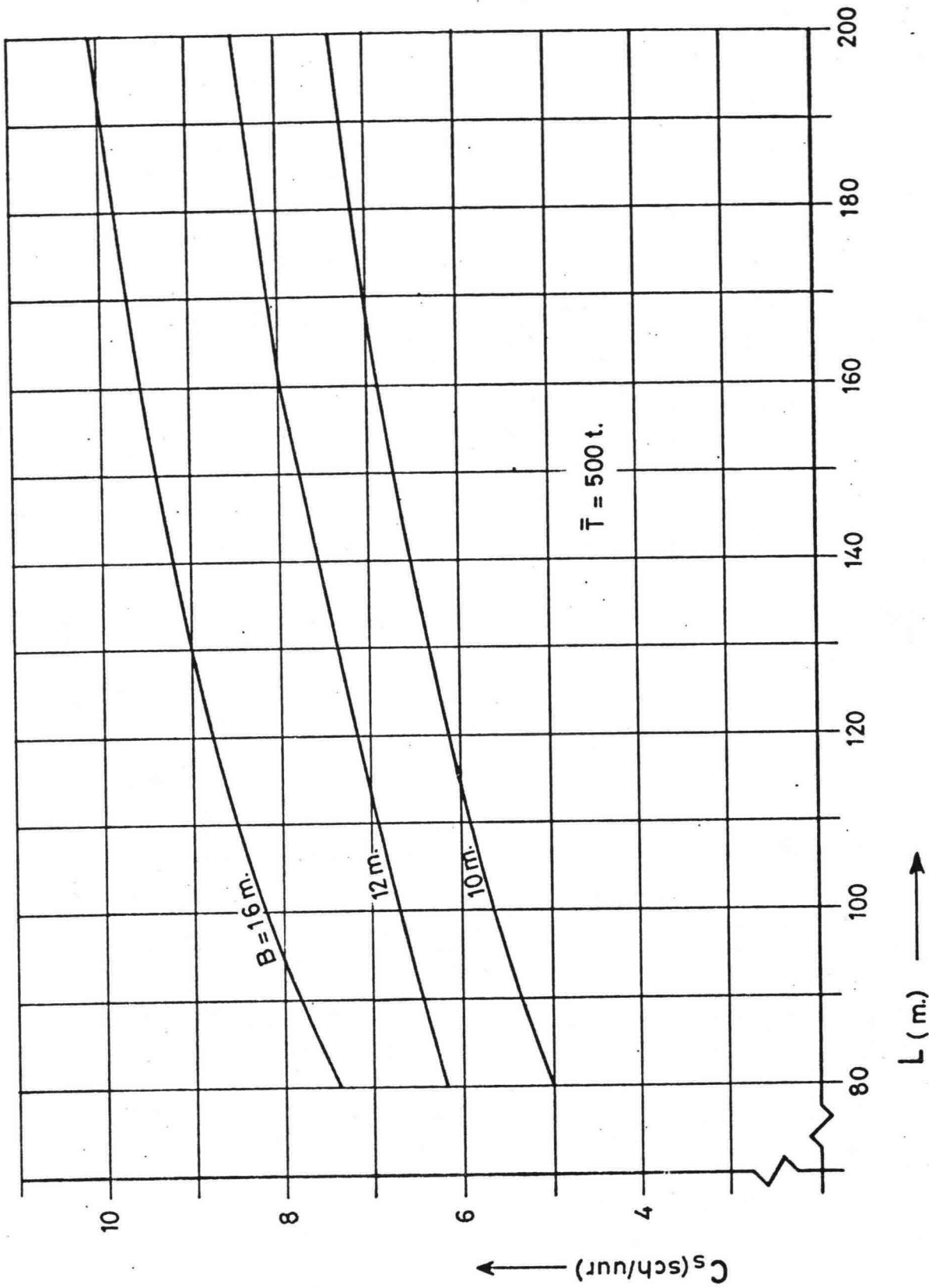


Fig.6.10.2.2 Het verband tussen schutcapaciteit (C_s) en schutlengte (L)

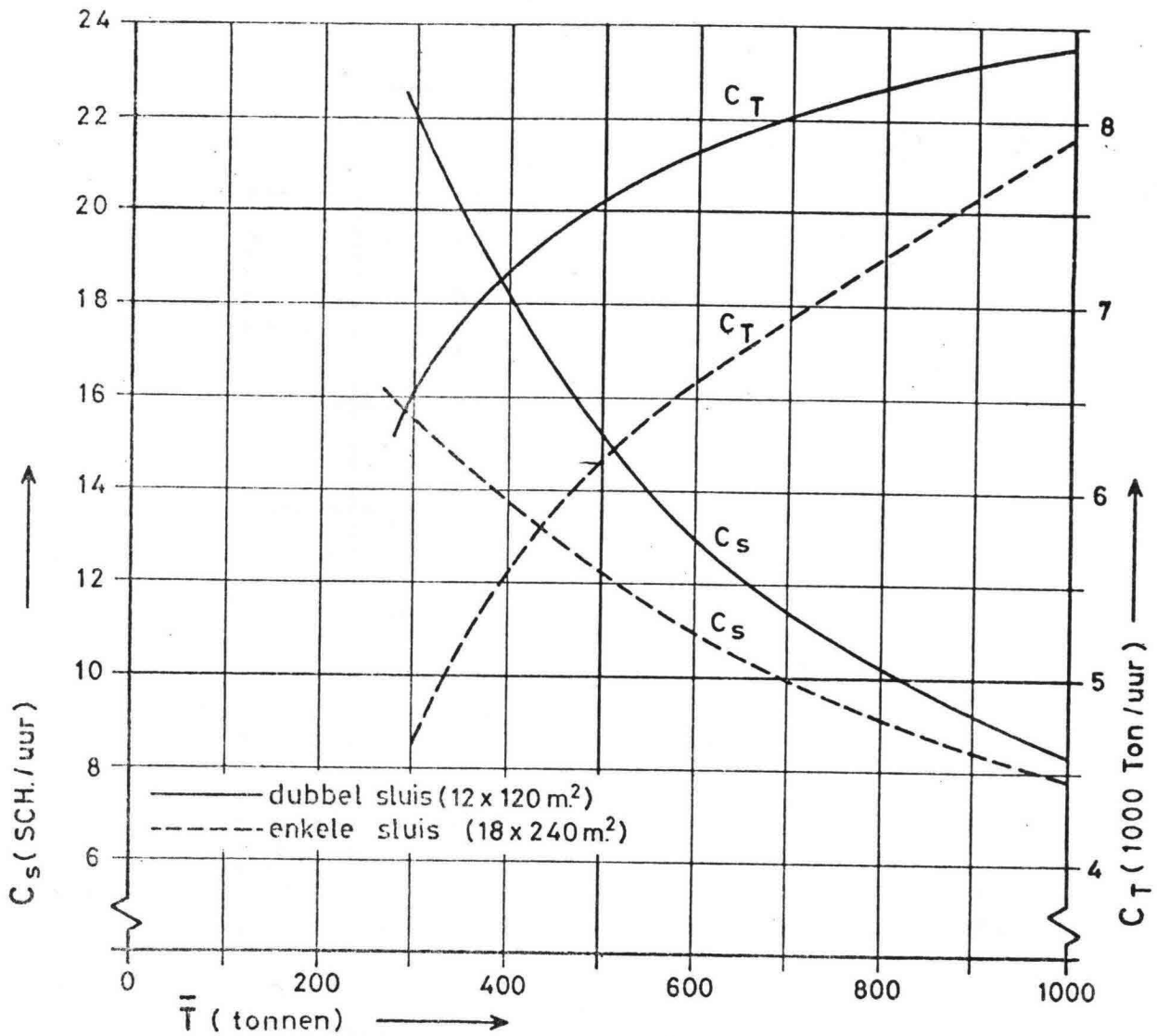


Fig 6.10.3.1 Vergelijking, gebaseerd op capaciteit, tussen een dubbele sluis met kleine kolken en een enkele sluis met een grote kolk.

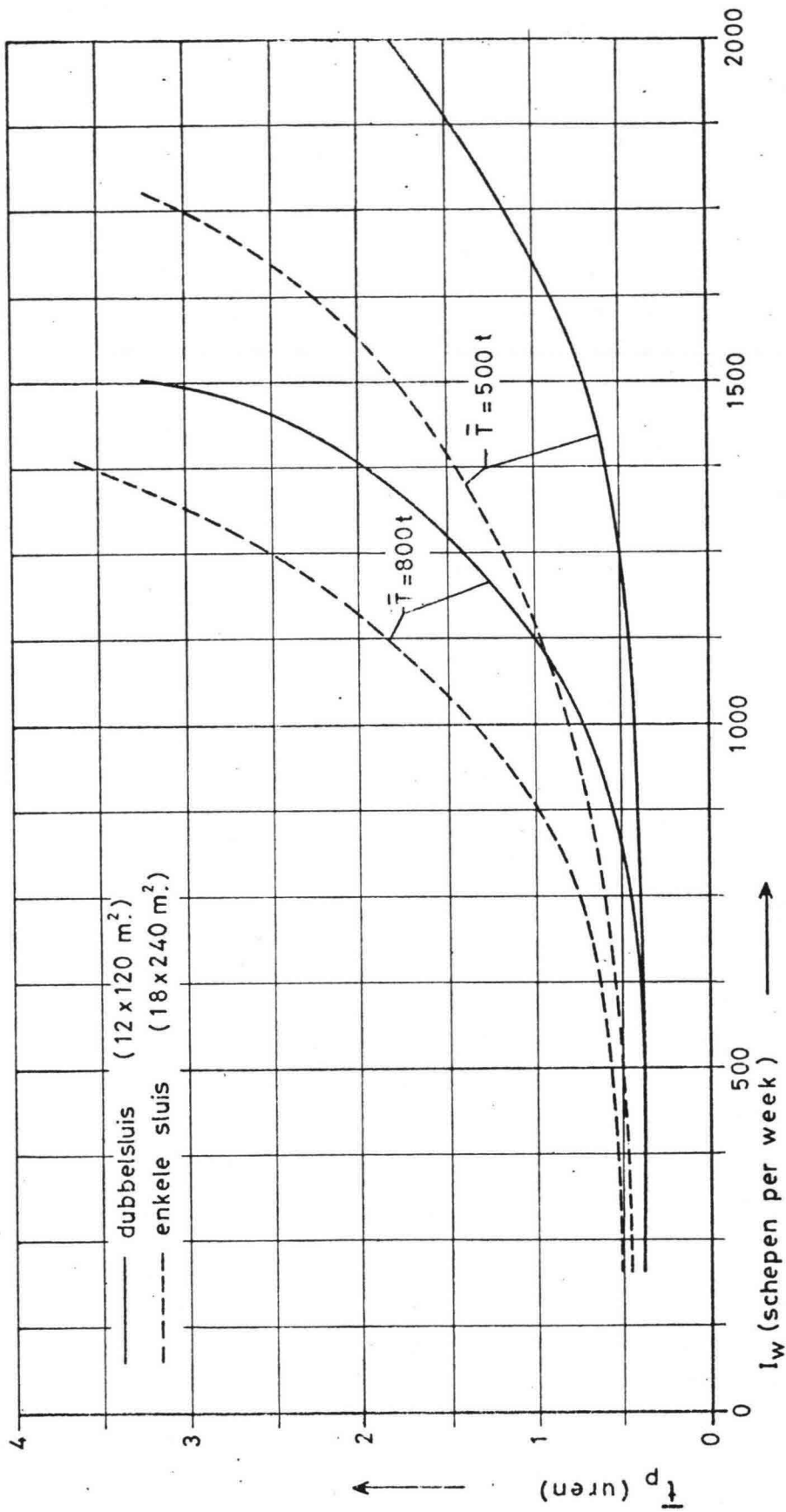


Fig. 6.10.32 Het verband tussen de gemiddelde passeertijd per schip (\bar{t}_p) en de weekintensiteit (I_w) voor een dubbelsluis met twee kleine kolken en een enkele sluis met één grote kolk

