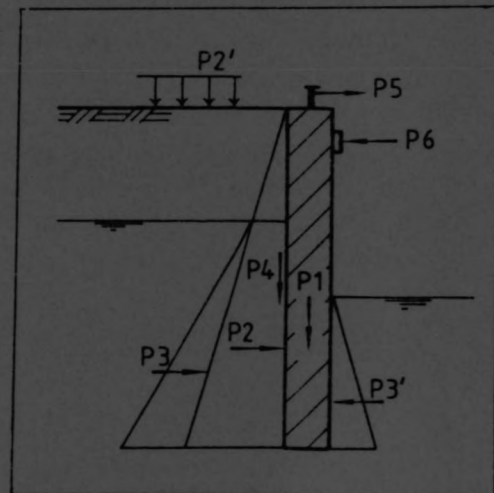


---

# AANPASSING EN VERBETERING VAN SCHUTSLUIS EN HAVENKANAAL VAN GOES

---

## DEEL 1



ONDERWERP:                   Aanpassing en verbetering van schutsluis  
                                  en havenkanaal van Goes

AFSTUDEERDER:                E. Meijer

AFSTUDEERMAAND:             Maart 1986

VAKGROEP:                    Constructieve waterbouwkunde

AFSTUDEERDOCENT:            prof. ir. A. Glerum

BEGELEIDER:                 ing. K.G. Bezuyen

AANPASSING EN VERBETERING VAN SCHUTSLUIS EN  
HAVENKANAAL VAN GOES

DEEL I VOORONDERZOEK

- funktionele maatvoering
- beroepsvaart
- pleziervaart

## Inhoud

- 0. Inleiding
- 1. Beroepsvaart -
  - 1.1. Inleiding
  - 1.2. Het schutbedrijf bij het Goessche Sas
  - 1.3. Analyse gebruiksmogelijkheden bestaande sluis
  - 1.4. Gevolgen bouw stormvloedkering
  - 1.5. Primaire waterkering
- 2. Hoofdafmetingen
- 3. Pleziervaart -
  - 3.1. Inleiding
  - 3.2. Schutcapaciteit
  - 3.3. Vlootsamenstelling
  - 3.4. Afmetingen vaartuigen
  - 3.5. Kolkvullingsdichtheid
  - 3.6. Invaartijd
  - 3.7. Uitvaartijd
  - 3.8. Bedieningstijd
  - 3.9. Berekening schutcapaciteit
  - 3.10. Combinatie beroepsvaart met pleziervaart
  - 3.11. Ligplaatscapaciteit
- 4. Conclusies en samenvatting

Literatuur

Lijst van symbolen

## Inleiding

De afsluiting van de Oosterschelde d.m.v. een stormvloedkering heeft o.a. tot gevolg dat de gebruiksmogelijkheden van de schutsluis tussen de Oosterschelde en het havenkanaal van Goes aanzienlijk minder worden. Dit betekent dat voor Goes een ontoelaatbare situatie ontstaat met het oog op de continuïteit van de huidige industriële bedrijvigheid en de noodzakelijke uitbreiding en nieuwe vestiging van bedrijven.

Voorts maakt de schutsluis deel uit van een primaire waterkering, welke waterstanden met een overschrijdingsfrequentie van eenmaal in de vijfhonderd jaar moet keren. De huidige sluis voldoet niet aan de eisen die hieraan uit constructieve overwegingen gesteld moeten worden. Aanpassing van de sluis vergt ingrijpende maatregelen. De hiertoe te vateren bedragen kunnen dan ook beter aan een nieuwe sluis besteed worden, wanneer in het kader van de Delta-aanpassingswerken toch een nieuwe, de oude vervangende, schutsluis moet worden gebouwd.

De plannen voor de bouw van een nieuwe sluis dateren reeds uit het begin van de zeventiger jaren. Een werkgroep, ontstaan door initiatief van het gemeentebestuur van Goes, heeft in juli 1973 uitgebracht een "Rapport inzake aanpassing en verbetering van schutsluis en havenkanaal van Goes". Voornoemde plannen waren gebaseerd op een volledige afsluiting van de Oosterschelde.

Inmiddels wordt de Oosterschelde afgesloten d.m.v. een beweegbare stormvloedkering. Dit heeft tot gevolg dat de oorspronkelijke plannen moeten worden herzien. Echter ook nu luidt de conclusie dat de nautische mogelijkheden van het Goessche Sas aanzienlijk minder worden.

In februari 1979 heeft de Minister van Verkeer en Waterstaat de bouw van een nieuwe schutsluis c.a. te Goes als aanpassingswerk in het kader van de Deltawet goedgekeurd.

De funktionele maatvoering van de door het Rijk te bekostigen sluis is als volgt:

- nuttige kolkbreedte: 10 m;
- nuttige kolk lengte: 86 m;
- drempeldiepte binnen- en buitenhoofd: NAP -3,00 m;
- hoogte sluisplateau: NAP +4,00 m.

De ministeriële toezegging voor dit aanpassingswerk is mede gebaseerd op het in april 1976 door een subwerkgroep uitgebrachte rapport "Aanpassing en verbetering van schutsluis en havenkanaal van Goes bij bouw van een stormvloedkering in de Oosterschelde". Uitgaande van de gebruiksmogelijkheden van de bestaande sluis bij gelijke binnen- en buitenwaterstand (NAP +1,20 m), is in het rapport beredeneerd dat m.b.t. de sluismaten, de nautische mogelijkheden van het bestaande Goessche Sas overeenkomen met het met moeite schutten van een gemotoriseerd binnenvaartschip van ca. 1000 ton, het zogenaamde "Dortmund-Eemskanaalschip". De nuttige kolkafmetingen van de "equivalente sluis", de sluis die zou moeten worden gebouwd als aanpassingswerk in het kader van de Deltawet, zijn hierop gebaseerd.

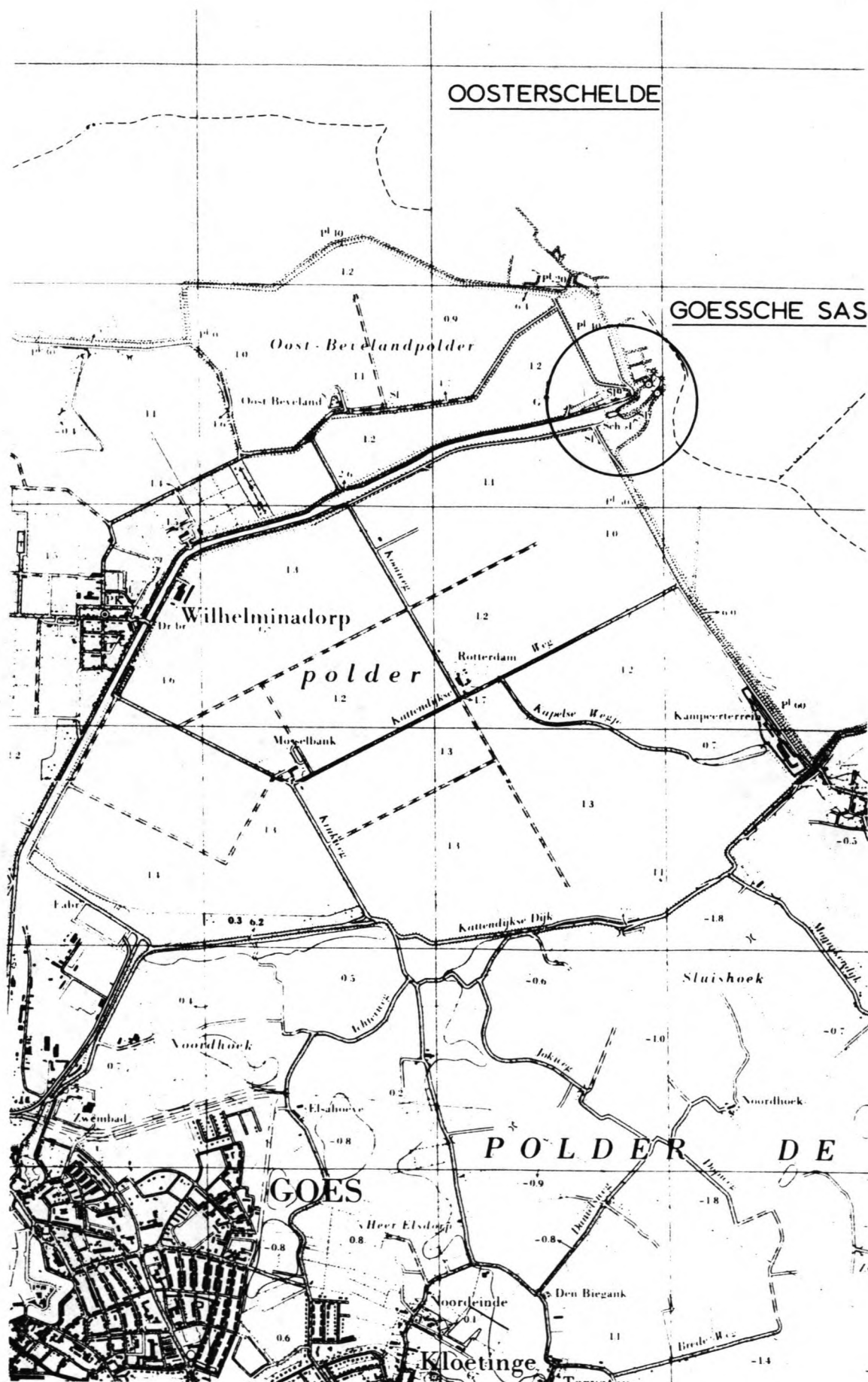
De gemeente Goes heeft zich bij raadsbesluit in mei 1979 uitgesproken voor de bouw van een grotere schutsluis. Met het oog op de toekomstige ontwikkelingen werd het wenselijk geacht om Goes bereikbaar te maken voor schepen tot ca. 1350 ton, het zogenaamde "Rijn-Hernekanaalschip" of "Europaschip". De meerkosten van het plan met de grotere sluis t.o.v. het aanpassingsplan (de equivalente sluis) zijn voor rekening van de gemeente Goes.

Teneinde de meerkosten van het plan met de grotere sluis te kunnen vaststellen is van beide plannen een voorontwerp gemaakt en is een kostenraming opgesteld. De beide plannen zouden dienen ter bepaling van de door het Rijk bij te dragen kosten.

De beide partijen, de gemeente Goes en het Rijk, konden het echter niet eens worden. Na veel touwtrekken heeft het Rijk tenslotte aan Goes een bedrag van 25 miljoen gulden beschikbaar gesteld, en Goes moest dan maar zien wat het ermee kon doen. De kosten voor de grotere sluis bleken echter voor Goes niet op te brengen. Inmiddels is dan ook het raadsbesluit weer teruggedraaid en is besloten om toch maar tot uitvoering van de equivalente sluis te komen.

De nieuwe schutsluis moet gereed zijn op het moment dat er sprake is van een aanmerkelijke reductie van het getijverschil in de Oosterschelde. Dit zal optreden tijdens het plaatsen van de dorpelbalken in de stormvloedkering, hetgeen volgens de oorspronkelijke plannen zou plaatsvinden tussen juli 1984 en september 1985. Op basis hiervan is gesteld dat de schutsluis uiterlijk 1 oktober 1985 in gebruik moet worden genomen, ongeacht de vertraging die inmiddels is opgetreden bij de bouw van de stormvloedkering.

Tijdens de uitvoering van de werkzaamheden dient het schutbedrijf bij het Goessche Sas ongehinderd voortgang te vinden. Na ingebruikstelling van de nieuwe schutsluis zal de primaire waterkering worden doorgetrokken door het huidige buitenhavenkanaal en zal de oude sluis worden geamoveerd.





## 1. Beroepsvaart

### 1.1 Inleiding

Alvorens de gebruiksmogelijkheden van de bestaande sluis te analyseren volgen eerst enige getallen die een indruk geven van de scheepvaart op Goes. We beperken ons hierbij voorlopig tot de beroepsvaart. Later zal ook de pleziervaart worden beschouwd.

De goederenomzet in de laatste jaren bedraagt gemiddeld  $650 \times 10^3$  ton met een topjaar van  $950 \times 10^3$  ton. In het algemeen geladen opvaart en ongeladen afvaart. De scheepstypen die hiervoor gebruikt worden zijn Spitsen (ca. 300 ton) en Kempenaars (ca. 500 à 600 ton). De goederen zijn hoofdzakelijk bestemd voor een drietal bedrijven, namelijk een betonfabriek, een asfaltbedrijf en een zandtransportbedrijf. Genoemde bedrijven hebben te maken met relatief hoge transportkosten, omdat men door de beperkingen van de huidige schutsluis de trend naar steeds grotere schepen niet heeft kunnen volgen.

Door uitbreiding van het industrieterrein hoopt men bovendien nieuwe bedrijven aan te trekken. In hoeverre de huidige beperkte mogelijkheden van het havenkanaal met de schutsluis tot op heden belemmerend gewerkt heeft, is niet met zekerheid vast te stellen. De bouw van een nieuwe schutsluis zal echter zeker van positieve invloed zijn.

### 1.2 Het schutbedrijf bij het Goessche Sas

In 1975 zag het scheepvaartverkeer er als volgt uit:

15	schepen	groter dan 600 ton
347	"	van 500 à 600 ton
274	"	van 400 à 500 ton
374	"	van 300 à 400 ton
324	"	tot ca. 300 ton
3534	pleziervaartuigen.	

Deze schepen (in- en uitgaand) werden verwerkt in 4061 schut-tingen. Enige andere karakteristieken:

- ca. 80 % van alle schuttingen vindt plaats tussen 06.00 uur en 18.00 uur.
- ca. 20 % van alle schuttingen vindt plaats tussen 18.00 uur en 24.00 uur.
- tussen 24.00 uur en 06.00 uur wordt niet geschut.
- op maandag, woensdag en zaterdag zijn met regelmaat duidelijk pieken in het verkeersaanbod te onderscheiden. Naar schatting tweemaal zoveel beroepsvaart dan op de andere dagen.

De schutcapaciteit van de huidige sluis onder de heersende waterstaatkundige omstandigheden wordt in belangrijke mate bepaald door het type Kempenaar. Thans is vaart met dit type mogelijk gedurende gemiddeld 6 uren per etmaal.

Op basis van deze gegevens kan een globale berekening worden gemaakt voor de praktische capaciteit van de sluis voor de beroepsvaart uitgaande van alleen 500-ton schepen.

Het aantal praktisch bruikbare schuttingen (N) per jaar van schepen van ca. 500 ton is gelijk aan:

$$N = 6 \times 52 \text{ (dagen p.j.)} \times 6 \text{ (uren p.d.)} \times 60/30 \times C$$

indien een cyclustijd van gemiddeld 30 minuten wordt aangehouden (geladen schip naar binnen, ongeladen schip of plezierjachten naar buiten).

In de coëfficiënt C komt de verdeling van het verkeersaanbod tot uitdrukking:  $C = C_1 \times C_2 \times C_3$

De term  $C_1$  geeft de verdeling van het verkeersaanbod over de dagen van de week weer: 3 dagen 100 % en 3 dagen 50 %

$$C_1 = \frac{3 \times 1 + 3 \times 0.5}{6}$$

De term  $C_2$  geeft de verdeling van het verkeersaanbod over de uren per dag weer: 12 uren 100 % , 6 uren 25 % en 6 uren 0 %

$$C_2 = \frac{12 \times 1 + 6 \times 0.2 / 0.8 + 6 \times 0}{24}$$

De term  $C_3$  brengt tot uitdrukking verstoringaspecten van het normale sluisbedrijf (slecht weer, feestdagen e.d.);

$$C_3 = 0.9 \quad (\text{Lit. 1})$$

We vinden dan voor  $N$  ca. 1425 schuttingen per jaar. De praktische capaciteit van de sluis op basis van alleen 500-ton schepen is dan:  $1425 \times 500 = 712\,500$  ton per jaar.

In het topjaar voor goederen omzet (950 000 ton), welke vanzelfsprekend niet alleen bepaald werd door het schutten van Kempenaars gedurende 6 uren per dag, is gezien de praktische ervaringen de sluiscapaciteit regelmatig dicht benaderd. Bovendien bleek het soms niet mogelijk om gedurende doodtij het verkeersaanbod in een hoogwatergolf te verwerken.

### 1.3 Analyse gebruiksmogelijkheden bestaande sluis

De afmetingen van de bestaande sluis zijn:

- dagwijdte sluishoofd: 9.00 m;
- kolkafmetingen: 40 X 17.55 m;
- drempeldiepte buitenhoofd: NAP -3.00 m;
- drempeldiepte binnenhoofd: NAP -2.00 m;

Op basis van deze gegevens kunnen de huidige gebruiksmogelijkheden worden bepaald. Hierbij wordt rekening gehouden met de volgende waterstanden, bepaald op basis van analyse van de getijbeweging bij Goes:

- tijdens springtij:      GHW = NAP + 1.80 m; GLW = NAP -1.90 m;
- tijdens gemiddeld tij:   GHW = NAP + 1.58 m; GLW = NAP -1.70 m;
- tijdens doodtij:         GHW = NAP + 1.20 m; GLW = NAP -1.50 m;

Bij vallend water wordt ervan uitgegaan dat er gedurende 20 min. voor het bereiken van de voor het beschouwde scheepstype kritische waterstand (scheepsdiepgang + kielspeling) niet meer wordt geschut. Dit principe wordt thans in de praktijk aangehouden.

De volgende mogelijkheden doen zich voor:

a. Bij waterstanden hoger dan of gelijk aan NAP + 1.20 m moet men ervan uitgaan dat er "over de vloed" geschut moet worden. Het peil in het binnenhavenkanaal ligt officieel op NAP + 1.20 m. Echter dit peil wordt al jaren geregeld hoger opgezet tot ca. NAP +1.40 m om lek- en schutverliezen te compenseren. De bodem van het binnenhoofd ligt op NAP -2.20 m, dus bij het invaren vanuit de Oosterschelde is onder voornoemde omstandigheden een minimale waterdiepte van 3.40 m in de sluis aanwezig. Hierbij dient gesteld te worden dat om de maximale schutlengte van 50 m te gebruiken, het schip met voor en achterzijde in de hoofden moet liggen.

Bij het invaren vanuit het binnenhavenkanaal is onder voornoemde omstandigheden boven de drempel van het binnenhoofd, liggend op NAP - 2.00 m altijd nog een waterdiepte van minimaal 3.20 m aanwezig.

Uit het voorgaande volgt, dat in deze situatie zowel kleinere coasters (tot ca. 400 BRT) met een diepgang tot 3.00 m en een minimale kielspeling van 0.20 m bij zeer voorzichtig varen, als binnenschepen tot ca. 500 à 600 ton (type Kempenaar; lengte 50 m; breedte 6.60 m en diepgang geladen 2.50 m) geschut kunnen worden.

De duur van de periode waarin kleinere coasters geschut kunnen worden bedraagt per etmaal:

rondom springtij	5.5 uur
rondom gemiddeld tij	4.1 uur
rondom doodtij	0.0 uur
gemiddeld	<u>3.2 uur</u>

b. Bij waterstanden lager dan minimaal NAP +1.20 m moet er "over de eb" geschut worden. Schepen langer dan 40 m zullen tot boven de drempel van het binnen hoofd dienen te varen. Deze drempel heeft een hoogte van NAP -2.00 m.

Schepen met een diepgang van 2.50 m kunnen nog geschut worden tot NAP +0.90 m, wanneer in deze situatie met een uiterste speling van 0.40 m tussen de kiel van het schip en de bovenkant van de drempel gerekend wordt.

De duur van de periode waarin Kempenaars geschut kunnen worden bedraagt per etmaal:

rondom springtij	7.1 uur
rondom gemiddeld tij	6.2 uur
rondom doodtij	4.8 uur
gemiddeld	<u>6.0 uur</u>

c. Bij buitenwaterstanden lager dan NAP +0.90 m kunnen schepen langer dan 40 m slechts geschut worden indien de som van de kielspeling en diepgang minder is dan de waterdiepte op de vloer of drempel van het binnenhoofd. Dus minder dan 3.10 m respectievelijk 2.90 m. Schepen korter dan 40 m kunnen geschut worden indien de som van kielspeling en diepgang minder is dan de waterdiepte op de drempel van het buitenhoofd (NAP - 3.00 m). Spitsen tot ca. 300 ton (l = 38.5 m; b = 5 m en d = 2.20 m) kunnen geschut worden bij buitenwaterstanden hoger dan of gelijk aan NAP -0.40 m.

De duur van de periode waarin Spitsen geschut kunnen worden bedraagt per etmaal:

rondom springtij	12.6 uur
rondom gemiddeld tij	12.8 uur
rondom doodtij	13.0 uur
gemiddeld	<u>12.8 uur</u>

d. Uitgaande van gelijke binnen- en buitenwaterstand (NAP + 1.20 m) is het mogelijk schepen langer dan 50 m te laten passeren. De breedte van het sluishoofd is dan de bepalende faktor. In aanmerking komen schepen met een laadvermogen tot ca. 1150 ton (klasse 3), zoals het Dortmund-Eemskanaalschip (1000 ton; l = 67 m; b = 8.20 m en d = 2.50 m). Voor nog grotere schepen, zoals het Europaschip (1350 ton; l = 80 m; b = 9.5 m en d = 2.50 m),

is het niet meer mogelijk om zelfs onder de gunstigste omstandigheden gebruik te maken van de bestaande sluis.

Naast voorgaande nautische aspecten dient nog vermeld te worden dat de waterverliezen uit het binnenhavenkanaal tengevolge van het schutten, gecompenseerd kunnen worden door natuurlijke waterinlaat via de sluis bij buitenwaterstanden hoger dan NAP +1.20 m. Hiervoor staat gemiddeld per etmaal een periode van 3.2 uur ter beschikking. Overigens is het thans nauwelijks mogelijk om gedurende doodtij (GHW = NAP +1.20 m) het kanaalpeil op NAP +1.20 m te houden.

#### 1.4 Gevolgen bouw stormvloedkering

Na gereedkomen van de stormvloedkering worden bij minimale doorstroomopening van  $14\ 000\ m^2$  en compartimentering  $C_3$  de volgende getijwaarden verwacht:

GHWS = NAP +1.32 tot 1.35 m      GLWS = NAP -1.27 tot 1.46 m

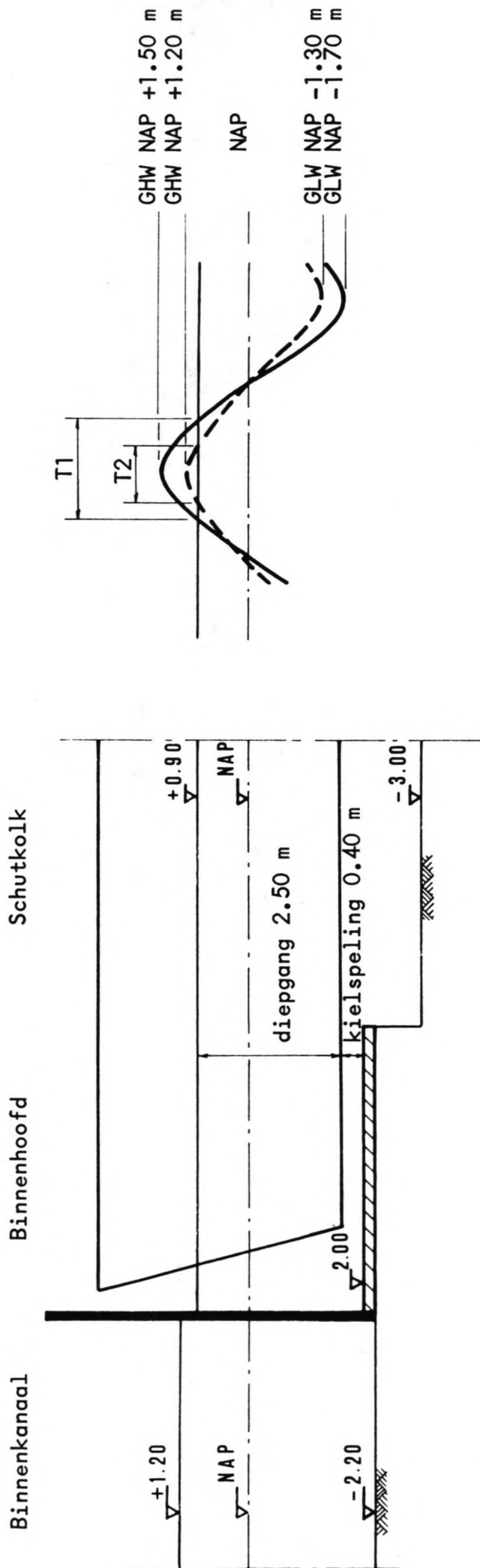
GHW = NAP +1.15 tot 1.23 m      GLW = NAP -1.20 tot 1.38 m

GHWD = NAP +0.89 tot 1.08 m      GLWD = NAP -1.09 tot 1.28 m

Variaties treden op als gevolg van de dagelijkse ongelijkheid. Bij genoemde waterstanden moet gerekend worden met een onnauwkeurigheid van 0.10 m.

Dit heeft de volgende consequenties voor de gebruiksmogelijkheden van de huidige sluis:

- a. Met uitzondering in geval van extreem hoge waterstanden is het niet meer mogelijk over de vloed te schutten.
- b. Schepen tot ca. 600 ton van het type Kempenaar met een diepgang van 2.50 m kunnen geschut worden bij buitenwaterstanden hoger dan NAP + 0.90 m, welke in de nieuwe toestand zullen optreden gedurende:



Beschikbare tijd gedurende welke Kempenaars ( $d = 2.50$  m en  $l = 40$  m) geschut kunnen worden bedraagt:  
 In de huidige situatie bij gemiddeld getij:  $2(T1-20) = 6.2$  uur per etmaal  
 In de toekomstige situatie:  $2(T2-20) = 1.9$  uur per etmaal  
 (Bij afgaand water wordt niet meer geschut vanaf 20 minuten voor het bereiken van de kritische waterstand)

Figuur 1-1 AFNAME VAN DE GEBRUIKSMOGELIJKHEDEN VAN HET GOESSCHE SAS T.G.V. DE  
 AFSLUITING VAN DE OOSTERSCHELDE D.M.V. EEN STORMVLOEDKERING VOOR  
 SCHEPEN VAN HET TYPE KEMPENAAR UITGAANDE VAN EEN GEMIDDELD GETIJ.

rondom springtij	3.8 uur
rondom gemiddeld tij	1.8 uur
rondom doodtij	0.0 uur
gemiddeld	<u>1.9 uur</u>

Vergeleken met de huidige situatie betekent dit een reductie van de gebruiksmogelijkheden tot gemiddeld 30 % van de huidige mogelijkheden. Hierbij moet worden opgemerkt dat in de periode rondom doodtij gedurende enkele dagen schutten van Kempnaars in het geheel niet meer mogelijk is.

c. De maximale waterdiepte boven de drempel van het binnenhoofd bedraagt:

rondom springtij	3.30 m
rondom gemiddeld tij	3.15 m
rondom doodtij	2.90 m

Dit betekent dat coasters van ca. 400 BRT met een diepgang van 2.80 à 3.00 m niet of nauwelijks meer geschut kunnen worden. Het is slechts mogelijk om kleinere coasters tot ca. 250 BRT met een diepgang van 2.40 à 2.60 m te schutten gedurende de volgende perioden per etmaal:

rondom springtij	4.9 uur
rondom gemiddeld tij	3.6 uur
rondom doodtij	0.0 uur
gemiddeld	<u>2.8 uur</u>

d. De schutmogelijkheden voor schepen van het type Spits (tot 300 ton) blijven ongeveer gelijk.

e. De schutmogelijkheden voor kleinere schepen (pleziervaart) nemen zelfs toe, doordat de gemiddelde minimale waterstand op de drempel van het buitenhoofd  $3.00 - 1.15 = 1.85$  m zal bedragen tegen thans  $3.00 - 1.70 = 1.30$  m.

f. Doorvaren van schepen langer dan 50 m bij gelijke binnen- en buitenwaterstand (NAP + 1.20 m) is niet meer mogelijk.



g. Gedurende de zogenaamde stagnante perioden, volgens voorlopige uitspraken gedurende ca. 4 getijden in het groeiseizoen en ca. 10 getijden daarbuiten, zal het waterpeil op de Oosterschelde op NAP kunnen liggen. In deze gevallen is de nuttige diepte in de sluis op de vloer en de drempel van het binnenhoofd 2.20 m respectievelijk 2.00 m. Schepen van het type Kempenaar en kleinere coasters kunnen dan niet geschut worden.

h. Het is niet meer mogelijk schutverliezen via natuurlijke waterinlaat te compenseren.

De algemene conclusie is dat de nautische mogelijkheden van het Goessche Sas bij realisering van de stormvloedkering aanzienlijk minder worden. Bezien vanuit de functie van de sluis, beroepsvaart en recreatievaart, zal dan sprake zijn van een voor Goes zeer ongunstige situatie. Met name de grote afname van de schutmogelijkheden voor schepen van het type Kempenaar is zeer ongunstig, omdat juist de afgelopen jaren de vaart met kleinere schepen (tot ca. 300 ton) afneemt en de vaart met grotere schepen toeneemt.

In de nieuwe waterstaatkundige situatie wordt het aantal schutbare uren beperkt tot gemiddeld 1.9 uur per etmaal. De praktische capaciteit op basis van 500-ton schepen onder voorwaarde van verkeersaanbod naar tijd conform de huidige situatie wordt dan gereduceerd tot:

$$1.9/6.0 \times 712\,500 = \text{ca. } 225\,000 \text{ ton per jaar}$$

De gevonden waarde is beduidend lager dan de huidige werkelijke jaarmzet van gemiddeld 650 000 ton per jaar.

Gedurende doodtij is bovendien het aantal schutbare uren voor schepen van 500 à 600 ton nihil. Dit zou een ontoelaatbare stagnatie van de goederenstroom tot gevolg hebben. Bovendien kan worden verwacht dat de trend naar de nog grotere schepen (Europaschip tot ca. 1350 ton) zich voortzet. Deze schepen

kunnen in het geheel niet geschut worden.

Voorgaande beschouwingen leiden tot de conclusie dat de teruggang van de gebruiksmogelijkheden van het Goessche Sas niet aanvaardbaar is en derhalve voldoende aanleiding vormt om schutsluis en havenkanaal aan te passen in het kader van de uitvoering van de Oosterschelde-afsluiting d.m.v. een beweegbare stormvloedkering.

#### 1.5 Primaire waterkering

De schutsluis maakt deel uit van een primaire waterkering. In de periode voor gereedkomen van de stormvloedkering (1986) zullen de bestaande dijken en nieuwe dijken inclusief de kunstwerken in deze dijken waterstanden met een overschrijdingsfrequentie van eenmaal in de 500 jaar moeten kunnen keren.

Bij Goes is dit een waterstand van NAP +4.80 m. Alhoewel aan de oude sluis in 1975/1976 een aantal verbeteringswerken zijn uitgevoerd, is uit voorafgaand onderzoek en uit de ervaringen bij deze verbeteringswerkzaamheden gebleken, dat de sluis uit oogpunt van waterkerende functie in de zeekering niet voldoet aan de eisen die hieraan uit constructieve overwegingen gesteld moeten worden.

Mede in verband met de thans in uitvoering zijnde dijkversterkingen dient de oude schutsluis zo spoedig mogelijk vervangen te worden door een nieuwe sluis. Hierbij kan worden aangetekend dat aanpassing van de oude sluis aan de vereiste wettelijk vastgelegde veiligheidsnorm, ingrijpende maatregelen zou vergen.

De hiertoe te voteren bedragen kunnen beter aan een nieuwe sluis besteed worden, vooral ook omdat in het kader van de Delta-aanpassingswerken toch een nieuwe sluis gebouwd moet worden.

## 2. Hoofdafmetingen

Onder de hoofdafmetingen van een schutsluis wordt verstaan de nuttige kolk lengte, de nuttige kolk breedte, de diepte van de binnen- en buitendrempel alsmede de hoogte van de sluishoofden en kolkwanden.

De volgende factoren zijn bepalend voor de breedte en lengte van de schutkolk:

- het grootste schip
- de maatgevende combinatie van schepen
- de scheepvaartintensiteit

De keuze van de sluisafmetingen wordt bepaald door de beroepsvaart. Vervolgens kan dan worden bekeken welke mogelijkheden de sluis biedt voor de pleziervaart. De scheepvaart op Goes heeft een vrij lage intensiteit, zodat "het grootste schip" hier de maatgevende faktor is.

We zullen in het volgende twee varianten beschouwen. Uitgaande van de eis dat de nieuw te bouwen sluis tenminste dezelfde gebruiksmogelijkheden heeft als de oude, is gesteld dat een schip van 1000 ton, het Dortmund-Eemskanaalschip ( $l = 67$  m;  $b = 8.20$  m en  $d = 2.50$  m), moet kunnen worden geschut. We noemen dit de equivalente sluis. Rekening houdend met de tendens naar het gebruik van steeds grotere schepen is door Goes te kennen gegeven, dat een Europaschip (1350 ton;  $l = 80$  m;  $b = 9.50$  m;  $d = 2.50$  m) moet kunnen worden geschut. Deze variant noemen we de grote sluis. Er worden geen beperkingen van buitenaf opgelegd. De vaarroutes van de schepen van en naar Goes zijn algemeen en leggen geen verdere beperkingen aan het scheepstype op. Het knelpunt is in feite de schutsluis en het havenkanaal van Goes zelf. Wat betreft de kleinere coasters die vroeger een enkele maal Goes aandeden met een lading hout, kan worden opgemerkt dat dit tegenwoordig via Vlissingen over land wordt aangevoerd. In de nieuwe situatie behoeft hier geen rekening mee te worden gehouden.

Uit de breedte van het maatgevende schip volgt de gewenste nuttige kolkbreedte. Bij moderne schutsluizen is voorts de doorvaartbreedte van de hoofden gelijk aan de schutkolkbreedte. Als regel wordt een extra breedte van 20 à 25 % aangehouden. De nuttige kolk lengte volgt uit de scheepslengte plus 10 % (Lit 1). Dit resulteert in de volgende afmetingen:

<u>equivalente sluis:</u>	$B = 8.2 + 0.2 \text{ à } 0.25 \times 8.2 \longrightarrow$	$B = 10 \text{ m}$
	$L = 67 + 0.1 \times 67 \longrightarrow$	$L = 75 \text{ m}$
<u>grote sluis:</u>	$B = 9.5 + 0.2 \text{ à } 0.25 \times 9.5 \longrightarrow$	$B = 12 \text{ m}$
	$L = 80 + 0.1 \times 80 \longrightarrow$	$L = 88 \text{ m}$

De diepgang van zowel het Dortmund-Eemskanaalschip als het Rijn-Hernekanaalschip bedraagt 2.50 m, zodat voor beide varianten dezelfde drempeldiepte en hoogte van het sluisplateau geldt. Gesteld is dat uitgaande van het gemiddeld hoog- en laagwater springtij de schutsluis continu gebruikt moet kunnen worden. Na afsluiting van de Oosterschelde bedraagt het gemiddeld laagwater springtij: GLWS = NAP -1.50 m. Met een scheepsdiepgang van 2.50 m en een kielspeling van 0.50 m resulteert dit in een drempeldiepte van NAP -4.50 m.

De maximale waterstand die verwacht wordt na afsluiting van de Oosterschelde bedraagt NAP +3.50 m. Met een minimale theoretische waakhoogte van 0.50 m resulteert dit in een hoogte van het sluisplateau van NAP +4.00 m. Enige overslag wordt geaccepteerd. In de periode na het gereedkomen van de schutsluis, maar voor het gereedkomen van de stormvloedkering, een periode van 1 à 2 jaar, moet worden gerekend met een stormvloedpeil van NAP +4.80 m. De dijken langs de Oosterschelde en dus ook langs het toekomstige buitenhavenkanaal zijn hierop afgestemd. M.b.t. de sluis zou gedurende die periode een tijdelijke noodkering over het buitenhoofd kunnen worden aangebracht.

### 3. Pleziervaart

#### 3.1 Inleiding

Tot nu toe is in de beschouwing van de schutsluis uitgegaan van de beroepsvaart. Echter voor de gemeente Goes is ook de vraag van belang hoe groot de jachthavencapaciteit van de haven en het gebied van het havenkanaal van Goes is, uitgaande van de schutcapaciteit van de sluis bij het Goessche Sas. Met behulp van een berekening van de schutcapaciteit kan een schatting worden gemaakt van het maximale aantal ligplaatsen achter het Goessche Sas of in Goes, dat mogelijk is zonder ernstige stagnatie van het waterverkeer bij de sluis.

Teneinde tot een vergelijking te komen worden de volgende twee varianten beschouwd:

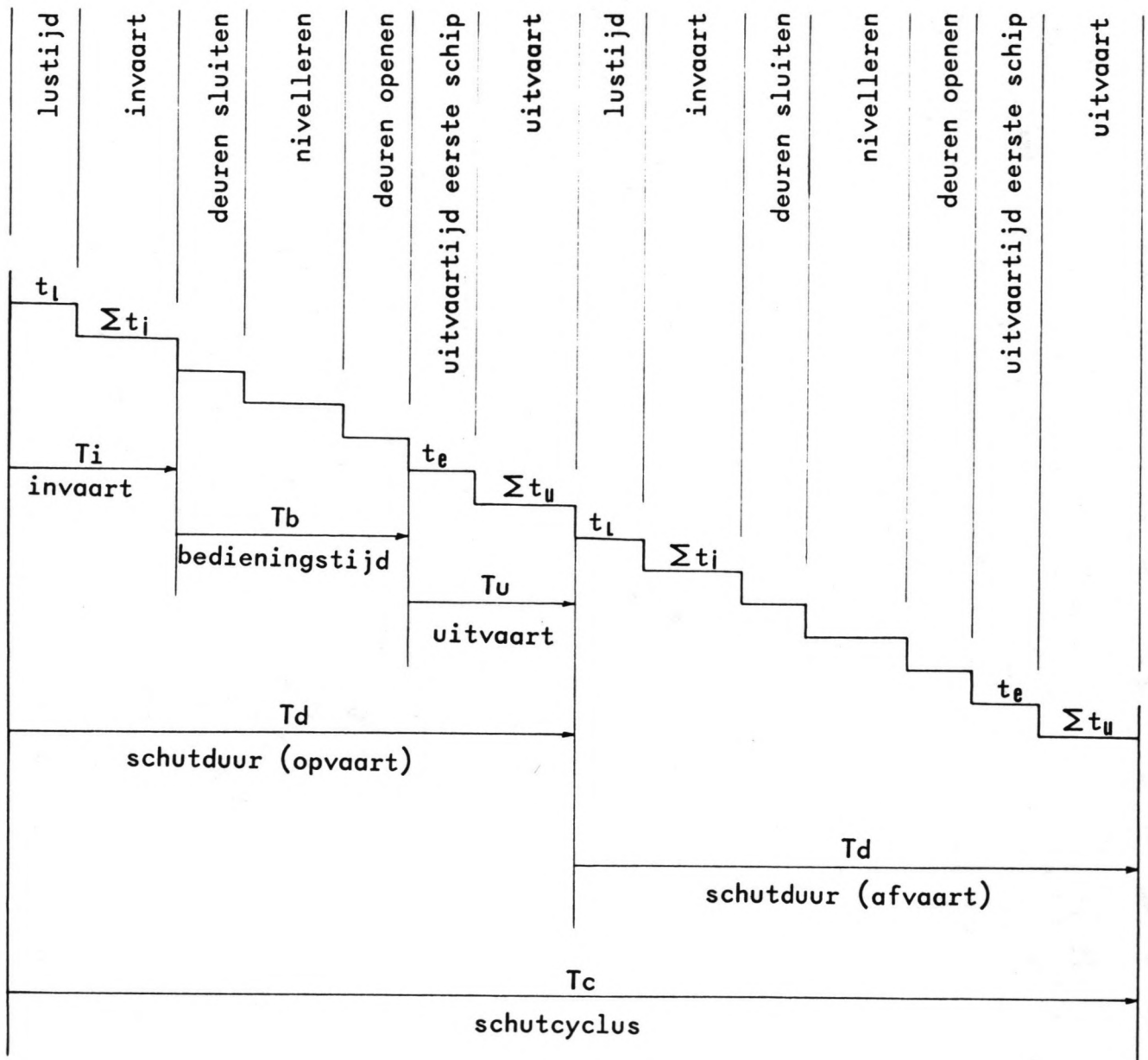
- de equivalente sluis;  $L = 75$  m en  $B = 10$  m
- de grote sluis;  $L = 88$  m en  $B = 12$  m

In beide gevallen wordt uitgegaan van een drempeldiepte van NAP -4.50 m en een hoogte van het sluisplateau van NAP +4.00 m. Om een indruk te krijgen van de nauwkeurigheid van de berekeningsmethode en om een vergelijking te maken, is ook de bestaande sluis (dagwijdte sluishoofd 9.50 m; kolkafmetingen 40 X 17.55 m) in de beschouwing opgenomen.

#### 3.2 Schutcapaciteit

De pleziervaartcapaciteit van een schutsluis is het maximum aantal jachten dat onder voorkomende omstandigheden per tijdseenheid gemiddeld kan worden geschut, als het schutbedrijf continu werkt. In Lit 2 is een methode aangegeven met behulp waarvan de pleziervaartcapaciteit van een schutsluis kan worden bepaald.

Ter verduidelijking van de berekening en de hierbij gehanteerde begrippen volgt nu eerst een uiteenzetting van het schutproces. Het schutproces is een cyclisch proces (Fig 3-1).



Figuur 3-1 Onderdelen van de schutcyclus

Een schutting door opvaart wordt gevolgd door een tegengestelde schutting door afvaart; er geldt:

$$T_c = T_{d1} + T_{d2}$$

waarin:

$T_c$  = duur gehele schutcyclus

$T_{d1}$  = duur schutting in opvaart

$T_{d2}$  = duur schutting in afvaart

De duur van een schutting is opgebouwd uit drie onderdelen:

- de totale duur van de invaart ( $T_i$ )
- de bedieningstijd ( $T_b$ )
- de totale duur van de uitvaart ( $T_u$ )

er geldt dus:

$$T_d = T_i + T_b + T_u$$

De invaartijd kan worden gesplitst in de lustijd ( $t_1$ ) van het eerste invarende schip en de som van de invaarvolgtijden ( $t_i$ ) van de hiernavolgende schepen (aantal  $n$ ):

$$T_i = t_1 + \sum_{j=2}^n t_{ij}$$

Evenzo kan de uitvaartijd worden opgedeeld in de tijd die het eerste schip nodig heeft om naar buiten te varen ( $t_e$ ) en de som van de uitvaarvolgtijden van de overige schepen ( $t_u$ ):

$$T_u = t_e + \sum_{j=2}^n t_{uj}$$

De bedieningstijd wordt bepaald door:

- het sluiten van de deuren
- het nivelleren van de kolk
- het openen van de deuren

Bij voldoende aanbod uit beide richtingen geldt voor de capaciteit in jachten per uur ( $C_s$ ) de volgende vergelijking:

$$C_s = \frac{2n_{\max}}{T_c} \cdot 60$$

Hierin zijn  $n_{\max}$  en  $T_c$  gemiddelde waarden van respectievelijk het maximum aantal pleziervaartuigen in de kolk en de duur van de schutcyclus in minuten.

Indien in een bepaalde situatie slechts verkeer uit één richting geschut behoeft te worden, dan geldt:

$$C_s = \frac{n_{\max}}{T_c} \cdot 60$$

waarin  $T_c = T_d + T_b$

### 3.3 Vlootsamenstelling

Enkele karakteristieken van de pleziervaartvloot zijn van belang voor de bepaling van de schutcapaciteit. De pleziervaart is onder te verdelen in de volgende drie categoriën:

- motorjachten
- zeiljachten
- overige pleziervaartuigen, zoals speedboten, roeiboten en vaartuigen met een waterverplaatsing groter dan 15 ton.

De motorjachten en zeiljachten omvatten tesamen landelijk gezien 85 à 95 % van de pleziervaartvloot. Een groepje in de categorie overige pleziervaartuigen zijn de vaartuigen met een waterverplaatsing van meer dan 15 ton, zoals oude binnen- en vissersvaartuigen. Steeds meer worden deze vaartuigen als recreatievaartuig gebruikt. Noemenswaardig in dit verband is dat deze groep volgens het bestaande vaarreglement geldt als groot vaartuig en behandeld moet worden als de meeste beroepsvaartuigen. Uit waarnemingen blijkt dat zowel grotere als kleinere jachten Goes aandoen. Ondanks de ligging aan de Oosterschelde blijkt de vlootsamenstelling niet overwegend uit zeewaardige jachten te bestaan. Er is geen reden om aan te nemen dat dit in de toekomst ingrijpend zal veranderen. We zullen daarom in het vervolg een gemiddelde aanhouden van 50 % motorjachten en 50 % zeiljachten.



Dit beeld stemt aardig overeen met dat van het gehele Delta-gebied, welke volgens waarnemingen een vlootsamenstelling te zien geeft van 58 % motorjachten en 42 % zeiljachten (Lit 2).

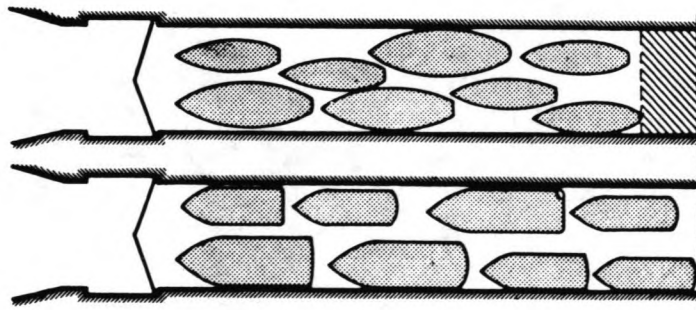
### 3.4 Afmetingen vaartuigen

Bij de berekening van de schutcapaciteit van de pleziervaart speelt met betrekking tot de kolkvulling een tweetal aspecten een belangrijke rol, namelijk:

- de lengte en breedte van het vaartuig
- de uitwendige vormgeving van het vaartuig

Bij een schutting met pleziervaartuigen met een groot oppervlak kunnen minder vaartuigen in de kolk afmeren dan bij een schutting met jachten met een klein oppervlak. Gemakshalve wordt met het jachtoppervlak in dit verband bedoeld het produkt van scheeps-lengte en scheepsbreedte.

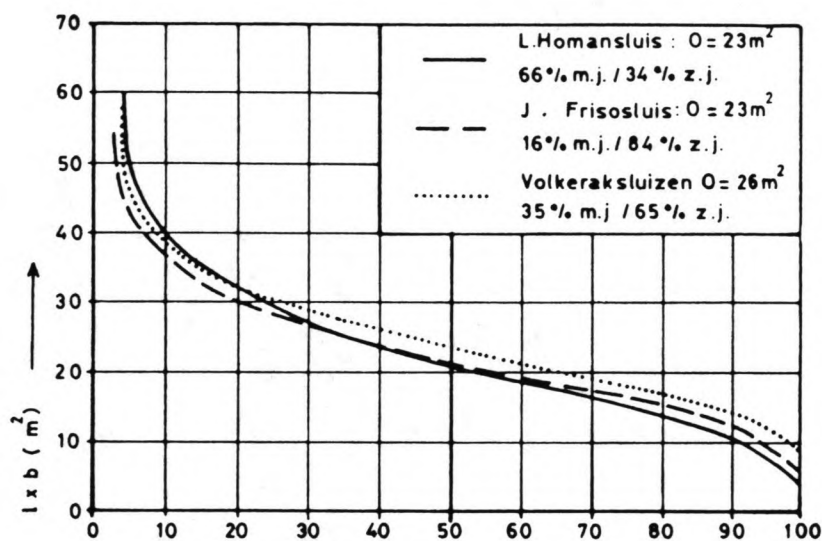
In de tweede plaats speelt de uitwendige vormgeving van het pleziervaartuig een rol. Bij een motorjacht is in vergelijking met een zeiljacht sprake van een rechthoekige vorm. Uit onderzoeken is gebleken dat de kolkpakking dichter wordt naarmate het aandeel van de zeiljachten in de vloot toeneemt. Dit verschijnsel wordt duidelijk in onderstaande figuur.



Figuur 3-2 Verschil in kolkpakking tussen een schutting met alleen motorjachten en een schutting met alleen zeiljachten.

In de figuur is op schematische wijze het effect weergegeven van de vlootsamenstelling op de kolkpakking. Ten gevolge van de relatief ronde vormen van de zeiljachten, in tegenstelling tot die van de motorjachten, kan bij schuttingen met veel zeiljachten een betere kolkvulling bereikt worden.

In figuur 3-3 zijn overschrijdingsfrequenties weergegeven van het jachtoppervlak ( $l \times b$ ), zoals waargenomen bij een drietal sluizen.



Figuur 3-3 Overschrijdingsfrequenties van het waargenomen jachtoppervlak bij drie sluizen.

Uit het continue verloop blijkt dat in de vloot van motorjachten en zeiljachten geen duidelijke klassen zijn te onderscheiden, zoals in de binnenvaart. Een opvallende standaardisatie in breedte dan wel in lengte is niet aanwezig. De gemiddelde jachtgrootte heeft een belangrijke invloed op de gemiddelde in- en uitvaarvolgtijden, het maximum aantal schepen in de kolk enz. Als parameter voor de gemiddelde jachtgrootte is het gemiddelde jachtoppervlak ( $\bar{O}$ ) geïntroduceerd.

Voor de bepaling van het gemiddeld jachtoppervlak geldt in het algemeen:

$$O = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n (l_j \cdot b_j)$$

waarin:

$O$  = gemiddeld jachtoppervlak in  $m^2$

$n$  = aantal jachten

$l_j$  = lengte van het  $j$ -de jacht in  $m$

$b_j$  = breedte van het  $j$ -de jacht in  $m$

In ons geval wordt een gemiddeld jachtoppervlak van  $25 m^2$  aangehouden, hetgeen overeenstemd met het beeld bij de Volkeraksluizen (Fig 3-3).

### 3.5 Kolkvullingsdichtheid

Om de schutcapaciteit te kunnen berekenen is het nodig om het gemiddeld maximum aantal jachten dat in een kolk geschut kan worden ( $n_{\max}$ ) te bepalen. Deze grootte kan als volgt worden berekend:

$$n_{\max} = \frac{d \cdot L \cdot B}{O}$$

waarin:

$n_{\max}$  = gemiddeld maximum aantal jachten in de kolk

$L$  = schutlengte van de kolk in  $m$

$B$  = schutbreedte van de kolk in  $m$

$d$  = kolkvullingsdichtheid

Door deling van  $O$  en  $d$  wordt het gemiddelde virtuele jachtoppervlak ( $O_v$ ) verkregen:

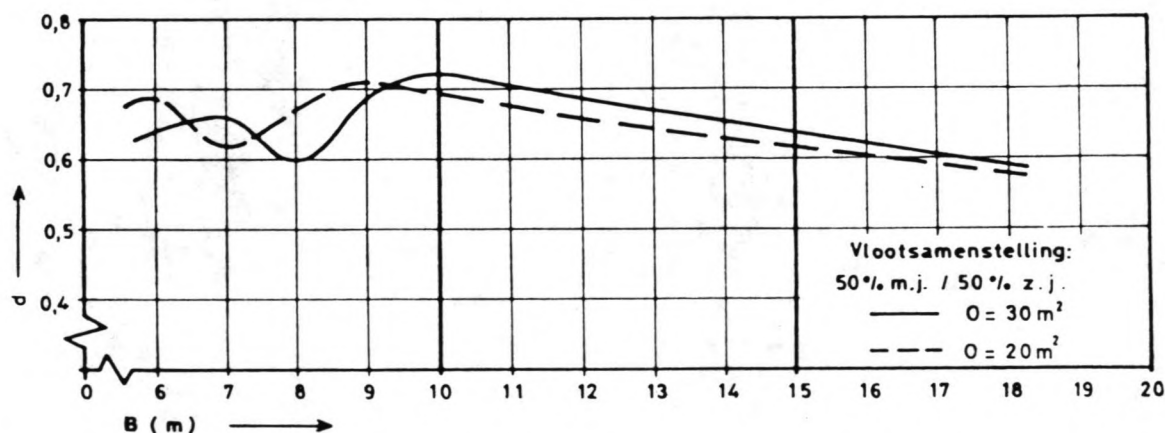
$$O_v = \frac{O}{d}$$

Dit virtuele gemiddelde jachtoppervlak is het beslag dat ieder jacht gemiddeld legt op het kolkoppervlak, indien sprake is van schuttingen met volle kolken. Een volle kolk is in dit verband een kolk, zodanig gevuld met jachten, dat het relatief zeer veel tijd en moeite kost om nog een jacht mee te schutten.

De kolkvullingsdichtheid ( $d$ ) is van een groot aantal factoren afhankelijk, zoals:

- de sluisbreedte
- het gemiddeld jachtoppervlak
- de vlootsamenstelling
- menselijk gedrag
- uitrusting van de sluis
- enz.

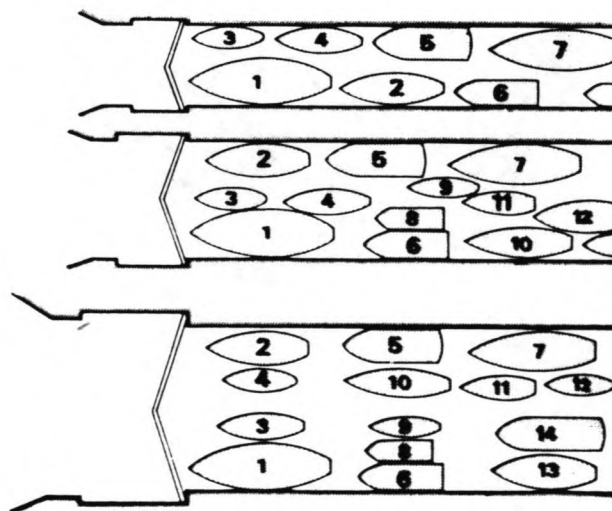
De sluisbreedte, het gemiddeld jachtoppervlak en de vlootsamenstelling zijn meetbare grootheden. De overige factoren zijn echter niet in een getal uit te drukken. Uit vele waarnemingen is de volgende figuur ontstaan, welke het verband weergeeft tussen de kolkvullingsdichtheid ( $d$ ) en de sluisbreedte ( $B$ ) voor twee verschillende gemiddelde jachtoppervlakken ( $O$ ). Hierbij is uitgegaan van een vloot, bestaande uit 50 % zeiljachten en 50 % motorjachten.



Figuur 3-4 Verband tussen de kolkvullingsdichtheid en de sluisbreedte voor een tweetal waarden van  $O$ .

Uit de figuur blijkt dat tot een sluisbreedte van 9 à 10 m de jachtbreedte in relatie tot de sluisbreedte van duidelijk merkbare invloed is op de kolkpakking. Bij  $Q = 30 \text{ m}^2$  bijvoorbeeld behoort een gemiddelde jachtbreedte van ca. 3 m. Dit betekent dat bij een 7 m brede kolk de jachten netjes tweedik kunnen afmeren. Een kolk met een breedte van 8 m is voor driedik afmeren net te smal en voor tweedik aan de ruime kant. Dit resulteert in een relatief lage  $d$ . Pas bij een kolkbreedte van 10 m is driedik afmeren goed mogelijk. Daar komt nog bij dat in het laatste geval de lege "gaten" in de kolk makkelijker kunnen worden opgevuld. Hierdoor is de kolkvullingsdichtheid bij een 10 m brede kolk wat hoger dan bij een van 7 m breed.

Vanaf een kolkbreedte van ca. 10 m neemt de kolkvullingsdichtheid af. De oorzaak hiervan ligt in het feit dat de vormgeving en breedte van het vaartuig in relatie tot de sluisbreedte steeds minder belangrijk worden. Daarentegen gaat de ordening een belangrijke rol spelen. Naarmate de sluisolk breder wordt, zullen de jachten steeds meer naast elkaar afmeren. Een gevolg van dit naast-elkaar-afmeren is dat het niet benutte kolkoppervlak toeneemt.



Figuur 3-5 Verandering in het kolkvullingspatroon bij een toenemende sluisbreedte.

### 3.6 Invaartijd

In 3.2 is al de totale invaartijd van de jachten door de volgende algemene formule weergegeven:

$$T_i = t_1 + \sum_{j=2}^n t_{ij}$$

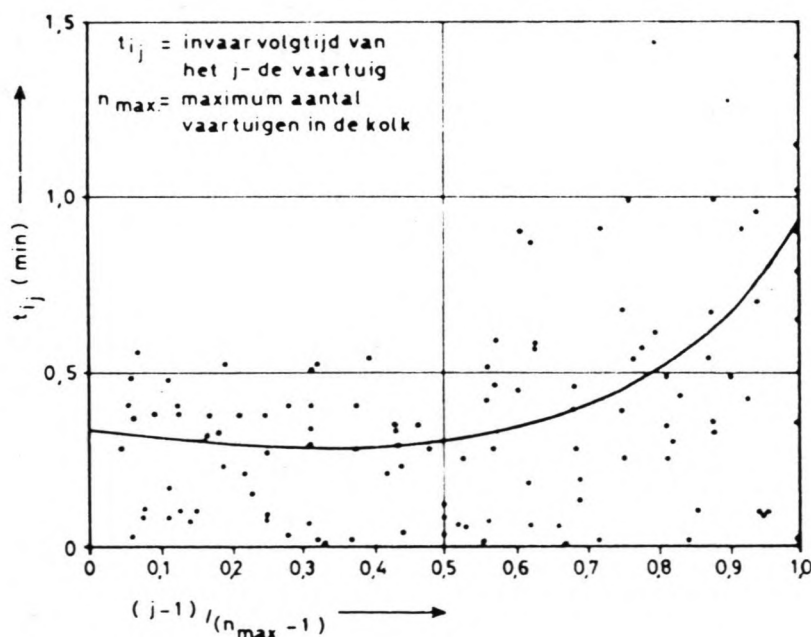
waarin:

$t_1$  = lustijd (van het eerste invarende schip)

$t_{ij}$  = invaarvolgtijd van het  $j$ -de vaartuig

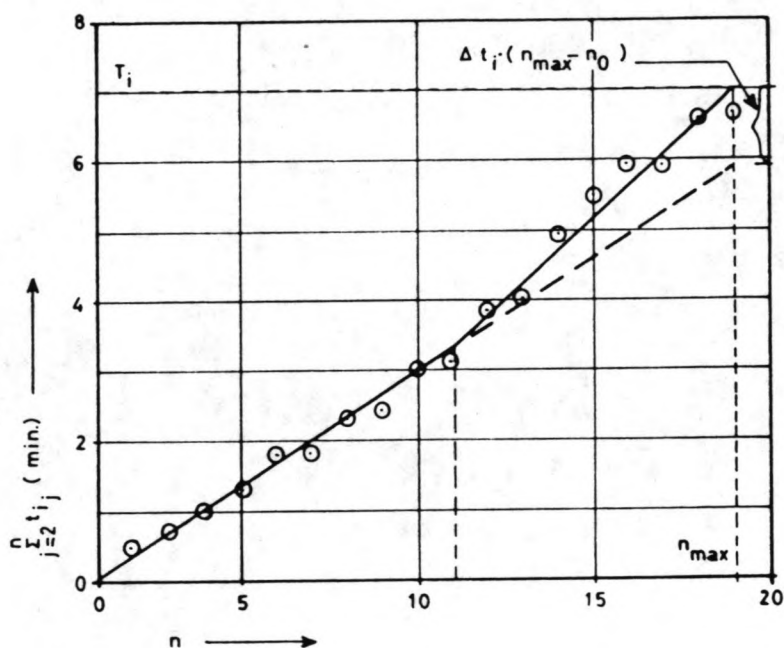
$n$  = aantal vaartuigen dat bij de invaart betrokken is

In figuur 3-6 is ter illustratie het verloop van de invaarvolgtijden weergegeven tijdens het vollopen van de schutkolk. Uit het verloop van de door waarnemingen gevonden punten blijkt dat vanaf een vullingspercentage van 60 à 70 % een toename van de invaarvolgtijden optreedt. Oorzaak hiervan is het langzamer invaren van de jachten t.g.v. het volraken van de schutkolk. Bij de bepaling van de schutcapaciteit is met dit verschijnsel van toenemende invaarvolgtijden rekening gehouden.



Figuur 3-6 Verloop van de invaarvolgtijden tijdens het vollopen van de kolk

De invaarvolgtijd is dus afhankelijk van de mate van kolkbezetting (vullingsgraad). Bij volle schuttingen is de invaarvolgtijd van de laatste invarende schepen systematisch hoger dan van de eerste invarende schepen. De toename van de invaarvolgtijd vindt meestal ineens plaats. Dit is te zien in figuur 3-7, waarin als voorbeeld voor een volle schutting het verband tussen het aantal volgschepen en de som van de invaarvolgtijden is weergegeven.



Figuur 3-7 Verband tussen het aantal volgschepen en de som van de invaarvolgtijden van de ingevaren schepen.

De totale invaarvolgtijd bestaat derhalve uit twee delen, namelijk een deel met nagenoeg constante invaarvolgtijden ( $t_{\min}$ ) en een deel met relatief hogere, eveneens nagenoeg constante, invaarvolgtijden ( $t_{\min} + \Delta t_{ij}$ ). Het vullingspercentage waarbij de invaarvolgtijden duidelijk beginnen op te lopen, wordt de kritische vullingsgraad ( $V_{kr}$ ) genoemd (knikpunt in figuur 3-7). De gemiddelde minimale invaarvolgtijd ( $t_{\min}$ ) is gelijk aan de richtingscoëfficiënt van de lijn getrokken vanuit de oorsprong van het assenstelsel.

De hellingstoename van de lijn bij het knikpunt is de gemiddelde verhoging van de invaarvolgtijd ( $\Delta t_i$ ).

De totale invaartijd kan als volgt in formule vorm worden weergegeven:

$$T_i = t_l + (n_{\max} - 1)t_{i\min} + (n_{\max} - n_0) \cdot \Delta t_i$$

waarin:

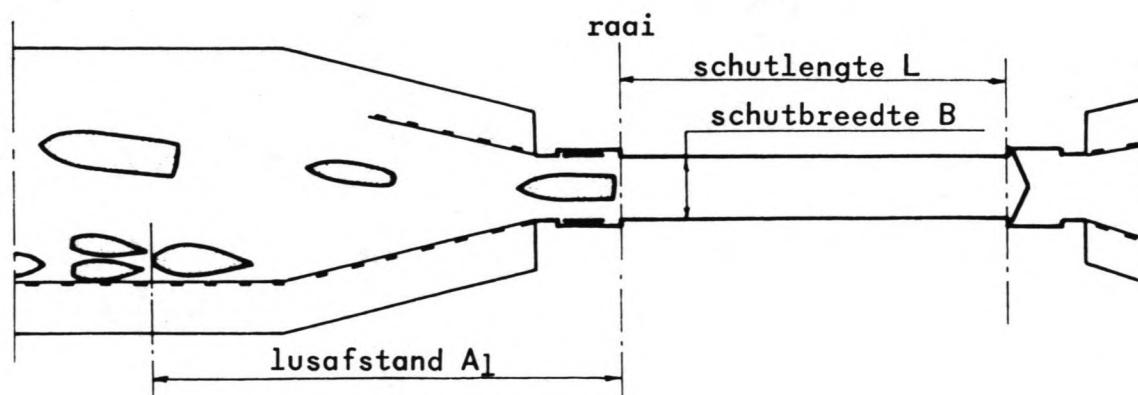
$n_0$  = gemiddeld aantal jachten in de kolk, waarbij nog net geen sprake is van het systematisch oplopen van de invaarvolgtijden.

Bovendien geldt:

$$V_{kr} = \frac{n_0}{n_{\max}}$$

De totale invaartijd kan dus worden berekend als  $t_l$ ,  $t_{i\min}$ ,  $\Delta t_i$  en  $V_{kr}$  bekend zijn (voor  $n_{\max}$  zie blz. 3-7).

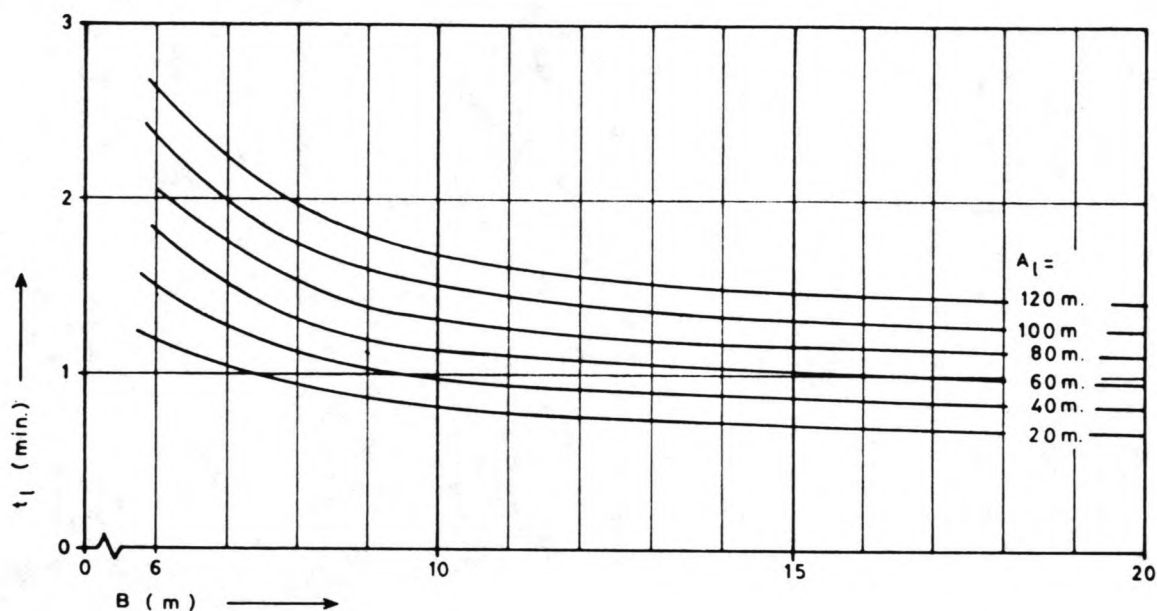
De gemiddelde lustijd ( $t_l$ ) is de tijd tussen het moment dat het achterschip van het laatste uitvarende vaartuig een denkbeeldige raai t.p.v. het sluishoofd passeert tot het moment dat het achterschip van het eerste invarende vaartuig dezelfde raai passeert. Deze raai ligt zodanig, dat, wanneer het achterschip van het laatste vaartuig de raai passeert, de sluisdeuren gesloten kunnen worden.



Figuur 3-8 Lusafstand



In figuur 3-9 is de lustijd weergegeven als functie van de sluisbreedte voor verschillende lusafstanden. Vanzelfsprekend zal, naarmate de lusafstand groter wordt, de gemiddelde lustijd toenemen. Naarmate de sluisbreedte toeneemt, kan het laatste uitvarende jacht eerder de weg vrijmaken voor het invarende jacht, waardoor de lustijd zal afnemen.

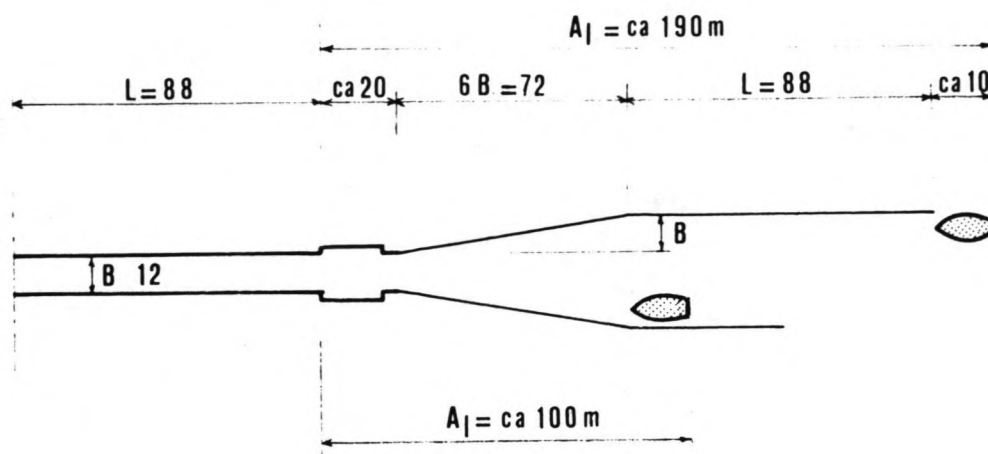


Figuur 3-9 Gemiddelde lustijd als functie van de sluisbreedte voor diverse lusafstanden.

De lusafstand voor de bestaande sluis bedraagt 50 m. Voor de nieuwe te bouwen sluis zal deze ca. 190 m bedragen, indien ervan wordt uitgegaan dat ter plaatse van de wachtwerken voor de beroepsvaart geen voorzieningen voor de pleziervaart worden aangebracht (Fig 3-10). Hiermee moet eventueel rekening gehouden worden, omdat de beroepsvaart te allen tijde voorrang krijgt en geen al te grote hinder van de pleziervaart mag ondervinden. Bovendien brengen deze voorzieningen ook extra kosten met zich mee.

Worden deze voorzieningen wél aangebracht, te denken valt aan een soort signaleringssysteem voor het geval een beroepsvaarder in aantocht is, dan zal de lusafstand ca. 100 m bedragen (Fig 3-10).

Een alternatief is om aparte voorzieningen voor de pleziervaart te treffen ter linkerzijde van het havenkanaal. Ook in dat geval zal de lusafstand ca. 100 m bedragen. De voor- en nadelen zullen tegen elkaar moeten worden afgewogen. Om tot een vergelijk te komen zijn beide waarden in de capaciteitsberekening opgenomen.

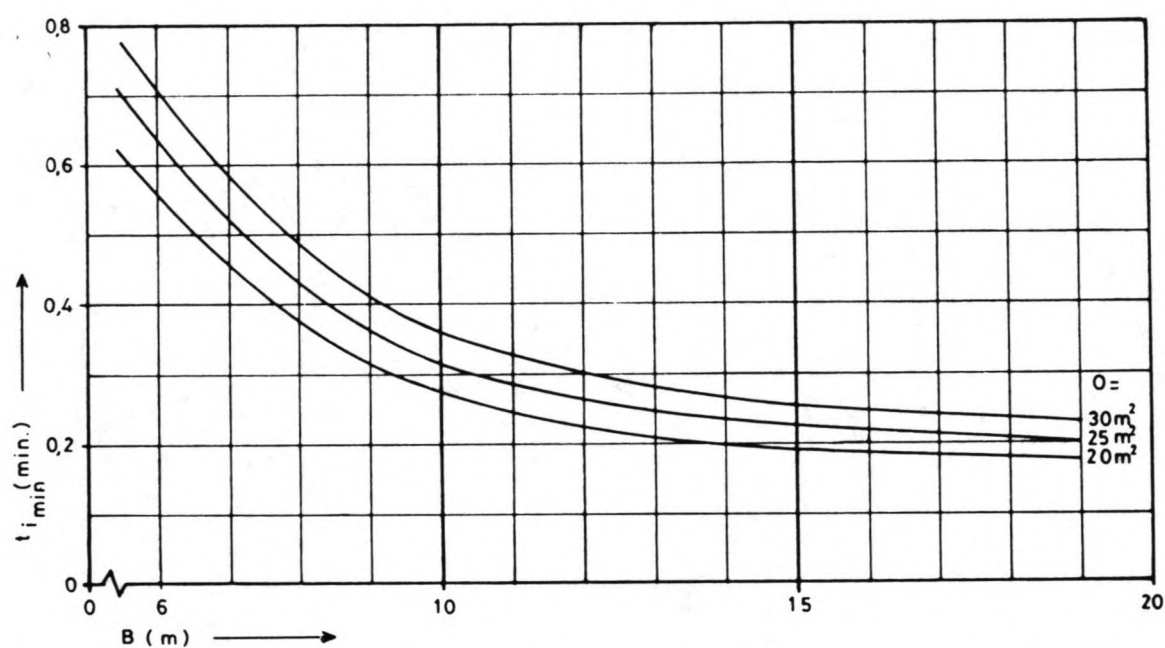


Figuur 3-10 Bepaling lusafstand

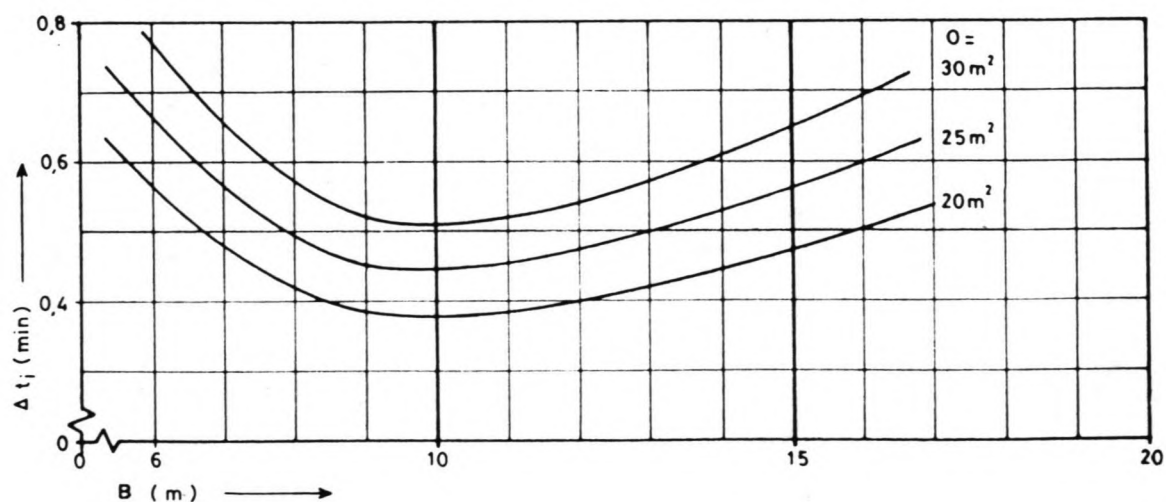
In figuur 3-11 is de gemiddelde minimale invaarvolgtijd ( $t_{\min}$ ) weergegeven als functie van de sluisbreedte ( $B$ ) voor verschillende jachtoppervlakken ( $O$ ). Hieruit blijkt dat, naarmate de sluis kolk breder wordt, de volgtijden van de invarende jachten korter worden. Dit is verklaarbaar omdat, naarmate de kolk breder is, makkelijker gelijktijdig invaart kan plaatsvinden.

In figuur 3-12 is de gemiddelde verhoging van de minimale invaarvolgtijd ( $\Delta t_i$ ) weergegeven als functie van de sluisbreedte voor verschillende jachtoppervlakken. Bij een toename van de sluisbreedte tot 9 à 10 m neemt  $\Delta t_i$  af. De reden is dezelfde als voor  $t_{\min}$ . Naarmate de sluisafmetingen verder toenemen, gaan een aantal andere aspecten een tegengestelde invloed uitoefenen op het verloop van  $\Delta t_i$ . In de eerste plaats wordt de kolkpakking steeds

minder effectief (d neemt af). Dit betekent dat voor de allerlaatste jachten die nog met de schutting mee willen d.m.v. "verhalen" van de reeds afgemeerde jachten in de kolk de benodigde ruimte in de kolk gecreëerd moet worden. Deze procedure vergt evenwel relatief veel tijd. In de tweede plaats wordt het bij grotere sluisen voor het sluispersoneel steeds moeilijker om effectief in te grijpen. Het gevolg is dat  $\Delta t_i$  gaat oplopen bij toenemende sluisafmetingen.



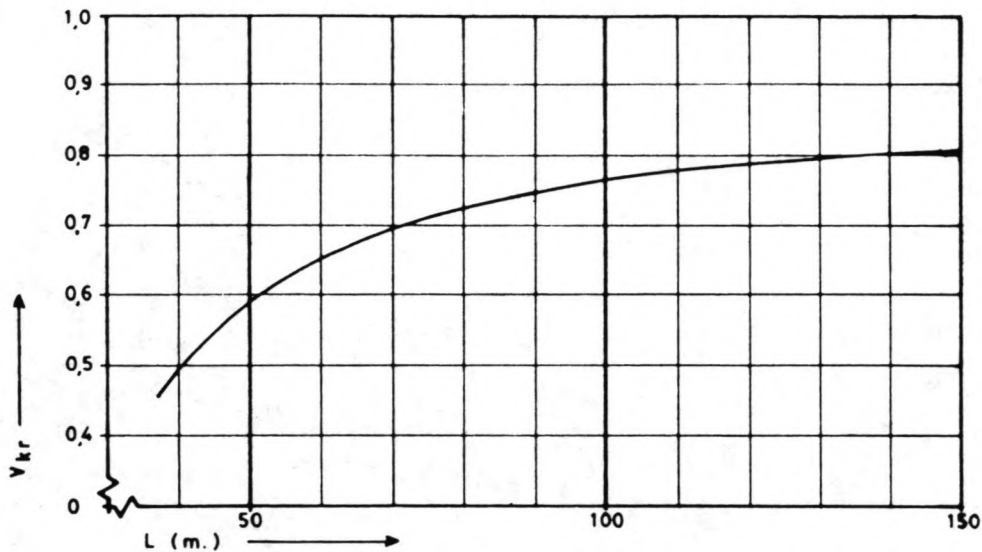
Figuur 3-11 Verband tussen de gemiddelde minimale invaarvolgtijd, de sluisbreedte en het gemiddelde jachtoppervlak.



Figuur 3-12 Verband tussen de gemiddelde verhoging van de minimale invaarvolgtijd, de sluisbreedte en het gemiddelde jachtoppervlak.

De gemiddelde kritische vullingsgraad ( $V_{kr}$ ) is het quotiënt van het aantal vaartuigen in de kolk, waarbij de invaarvolgtijden van de invarende jachten systematisch gaan toenemen, en het maximum aantal jachten in de kolk.

In figuur 3-13 is het verband tussen  $V_{kr}$  en de schutlengte ( $L$ ) weergegeven. Uit metingen is geen duidelijke relatie tussen  $V_{kr}$  en het gemiddelde jachtoppervlak gebleken.



Figuur 3-13 Verband tussen de kritische vullingsgraad en de schutlengte.

### 3.7 Uitvaartijd

Zoals we eveneens in 3.2 hebben gezien, kan de totale uitvaartijd van de jachten worden weergegeven door:

$$T_u = t_e + \sum_{j=2}^n t_{uj}$$

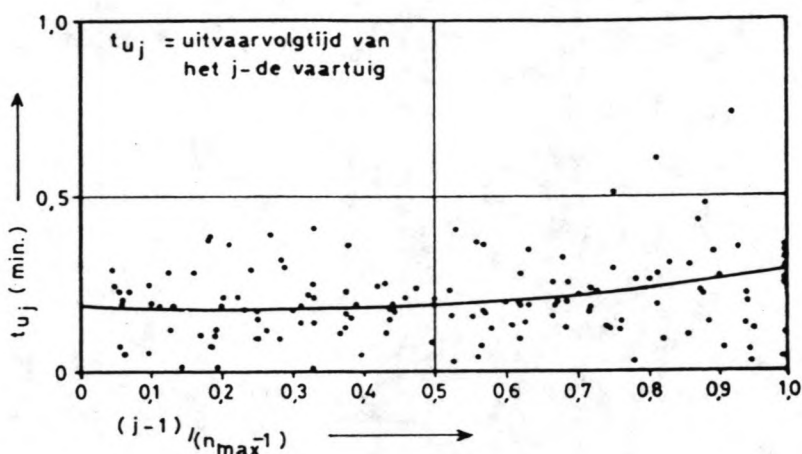
waarin:

$t_e$  = uitvaartijd van het eerste vaartuig

$t_{uj}$  = invaarvolgtijd van het  $j$ -de vaartuig

$n$  = aantal vaartuigen dat bij de schutting betrokken is.

In figuur 3-14 is het verloop weergegeven van de invaarvolgtijden als functie van het kolkvullingspercentage. Dit percentage is,

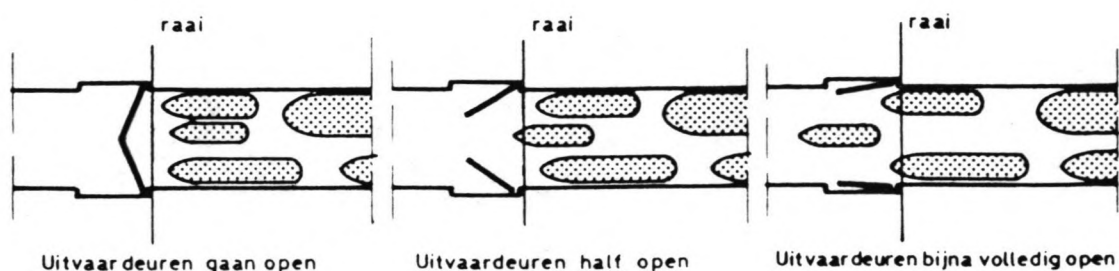


Figuur 3-14 Verloop van de uitvaarvolgtijden tijdens het uitvaren

evenals bij de invaarvolgtijden, berekend over de volgschepen, dus exclusief het eerste schip. Uit het verloop van de curve kan worden opgemaakt, dat in vergelijking met de invaarvolgtijden, de gemiddelde uitvaarvolgtijden een duidelijk vlakker verloop te zien geven. De uitvaartijden lopen enigszins op als de laatste jachten uitvaren. Gezien de relatief geringe veranderingen in het verloop van de gemiddelde uitvaarvolgtijden is bij de capaciteitsberekening volstaan met een gemiddelde uitvaarvolgtijd ( $t_u$ ) voor alle uitvarende jachten m.u.v. het eerste uitvarende jacht. De gemiddelde totale uitvaartijd kan derhalve als volgt worden bepaald:

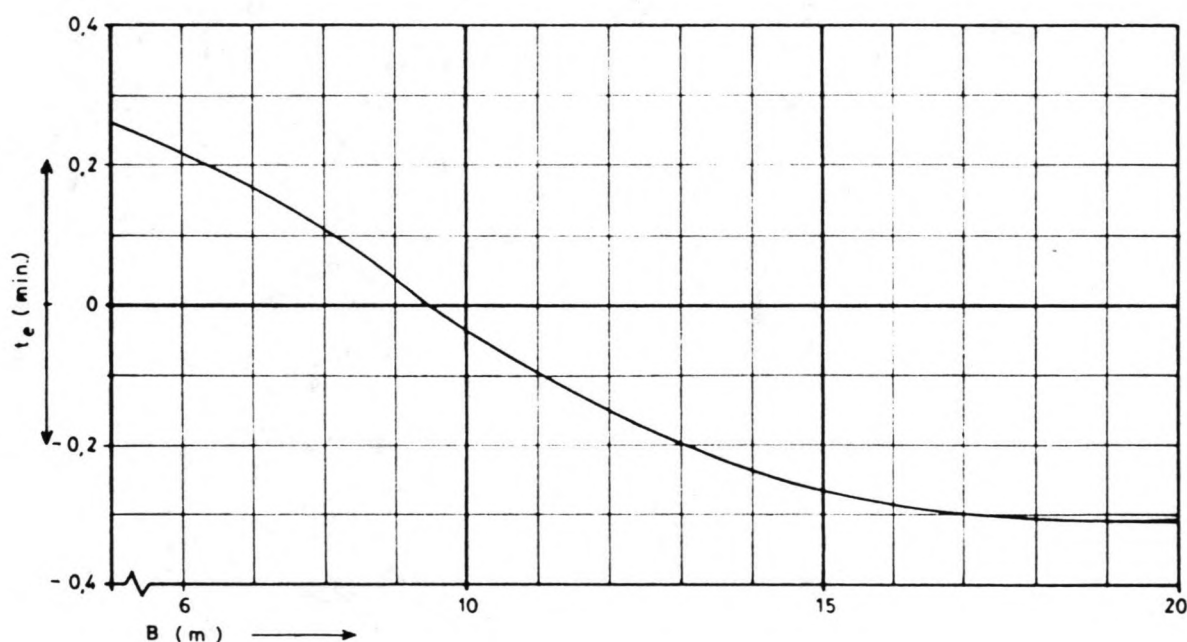
$$T_u = t_e + (n-1) \cdot t_u$$

De gemiddelde uitvaartijd van het eerste vaartuig ( $t_e$ ) is de tijdsduur die verstrijkt vanaf het moment dat de sluisdeuren geheel geopend zijn, tot het moment dat het achterschip van het eerste vaartuig de draaipunten van de sluisdeuren passeert. Met name bij de bredere sluiskolken komt het zeer frequent voor dat het eerste uitvarende vaartuig de raai passeert voordat de sluisdeuren geheel geopend zijn. Uitgaande van de definitie is  $t_e$  in een dergelijke situatie negatief.



Figuur 3-15 Begin van de uitvaart

In figuur 3-16 is het verband weergegeven tussen  $t_e$  en de sluisbreedte ( $B$ ). Hier valt inderdaad op dat bij een sluisbreedte van meer dan 9 à 10 m het eerste jacht de raai reeds gepasseerd is, voordat de deuren geheel geopend zijn.

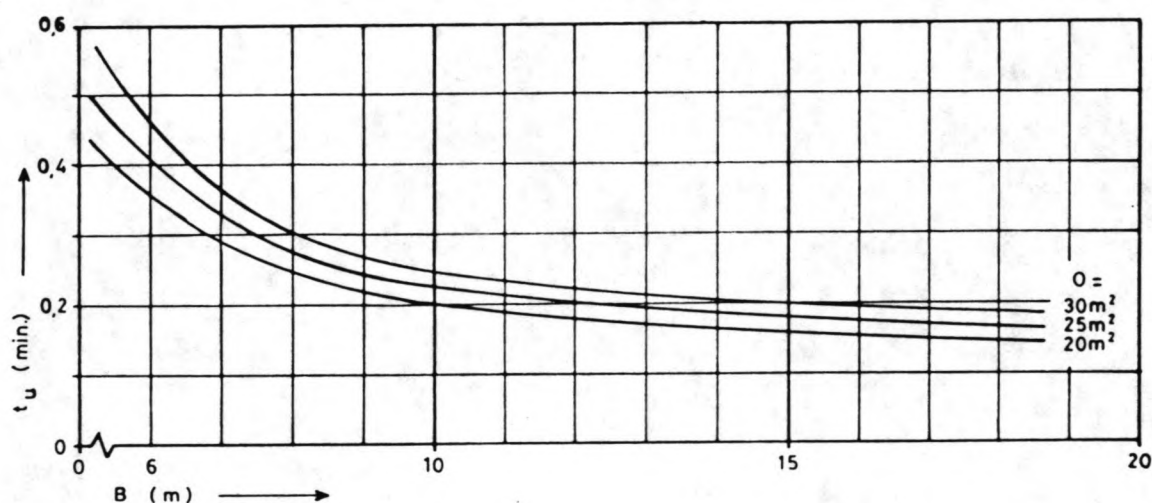


Figuur 3-16 Verband tussen de uitvaartijd van het eerste schip en de sluisbreedte.

Zoals wel duidelijk zal zijn, is de grafiek samengesteld door waarnemingen bij sluisen met puntdeuren. Indien, zoals in ons geval wellicht mogelijk is, roldeuren worden toegepast, dan

kan  $t_e$  waarschijnlijk niet negatief worden. We zullen in dat geval een aanname voor  $t_e$  moeten doen aangezien hier geen gegevens van bekend zijn. Het lijkt redelijk hiervoor de uitvaarvolgtijd van de overige schepen te nemen, zodat  $t_e = t_u$ . De fout die hiermee eventueel gemaakt wordt is verwaarloosbaar omdat  $t_e$  zelf slechts een zeer klein onderdeel van de totale schutduur uitmaakt.

De gemiddelde uitvaarvolgtijd ( $t_u$ ) is in figuur 3-17 weergegeven als functie van de sluisbreedte en het gemiddelde jachtoppervlak. Het blijkt dat naarmate de sluiscolk breder wordt  $t_u$  afneemt.



Figuur 3-17 Verband tussen de gemiddelde uitvaarvolgtijd, de sluisbreedte en het gemiddeld jachtoppervlak.

### 3.8 Bedieningstijd

De bedieningstijd ( $T_b$ ) begint op het moment dat de invaart van het laatste vaartuig voltooid is en eindigt op het moment dat de deuren aan de uitvaartzijde geheel geopend zijn. De bedieningstijd is in drie opeenvolgende onderdelen te splitsen: de netto sluitingstijd van de deuren, de nivelleertijd en de openingstijd van de deuren. Het verschil tussen de openingstijd en de netto sluitingstijd is afhankelijk van het bewegings-

mechanisme van de deuren. Doorgaans verschillen de beide tijdsduren nauwelijks van elkaar. Het sluiten van de deuren zal echter nimmer precies een aanvang nemen op het moment dat het laatste invarende vaartuig de raai passeert. Het sluispersoneel zal zich er eerst van willen overtuigen dat de jachten inderdaad vrijliggen van de deuren, hetgeen extra tijd in beslag neemt. Bij de capaciteitsberekening wordt deze extra tijd bij de netto sluitingstijd opgeteld. De hierdoor verkregen bruto sluitingstijd is dan ook groter dan de openingstijd.

De nivelleertijd is afhankelijk van het verval, de kolkafmetingen en het vul- en ledigingssysteem.

Voor de bestaande sluis geldt een bedieningstijd van ca. 10 minuten bij een gemiddeld verval (1.20 m). Voor de nieuw te bouwen sluis zal een aanneme moeten worden gemaakt. Bestudering van een aantal sluizen van nagenoeg dezelfde afmetingen en met een even groot verval geeft de volgende waarden te zien:

- bruto sluitingstijd      2.4 min
- openingstijd              2.0 min
- nivelleertijd             5.0 min
- totale bedieningstijd    9.4 min

We zullen dan ook voor de nieuwe sluis een bedieningstijd van 10 minuten aanhouden. Om de invloed van de bedieningstijd op de capaciteit te onderzoeken, zullen nog twee waarden in de berekening worden opgenomen, namelijk  $T_b = 12.5$  min en  $T_b = 7.5$  min. Mogelijk kan een kortere of langere bedieningstijd een rol spelen bij de keuze van de afsluitmiddelen.

### 3.9 Berekening schutcapaciteit

De berekening van de schutcapaciteit is weergegeven in tabel 3-I (blz. 3-22). Hierbij is de volgende procedure gevolgd:

- 1) Vaststellen van de basisgegevens:



## Sluisgegevens

- schutlengte (L) in m
- sluisbreedte (B) in m
- lusafstand ( $A_1$ ) in m
- bedieningstijd ( $T_b$ ) in min

## Vlootgegevens:

- gemiddeld jachtoppervlak (O) in  $m^2$   
(voorts is steeds uitgegaan van een vlootsamenstelling van 50 % motor- en 50 % zeiljachten).

2) M.b.v. de in de voorgaande paragrafen gepresenteerde grafieken zijn achtereenvolgens  $d$ ,  $V_{kr}$ ,  $t_1$ ,  $t_{imin}$ ,  $\Delta t_i$ ,  $t_e$  en  $t_u$  bepaald.

3) Vervolgens zijn  $n_{max}$ ,  $n_o$ ,  $T_i$ ,  $T_u$  en  $T_d$  berekend:

$$n_{max} = \frac{dLB}{O}$$

$$n_o = V_{kr} \cdot n_{max}$$

$$T_i = t_1 + (n_{max} - 1)t_{imin} + (n_{max} - n_o)\Delta t_i$$

$$T_u = t_e + (n_{max} - 1)t_u$$

$$T_d = T_i + T_b + T_u$$

4) Tenslotte is de schutcapaciteit berekend. Hierbij wordt onderscheidt gemaakt tussen:

- éénrichtingsverkeer

$$C_I = \frac{n_{max}}{T_d + T_b} \cdot 60 \quad (\text{schepen/uur})$$

- tweerichtingsverkeer

$$C_{II} = \frac{n_{max}}{2T_d} \cdot 60 \quad (\text{schepen/uur per richting})$$

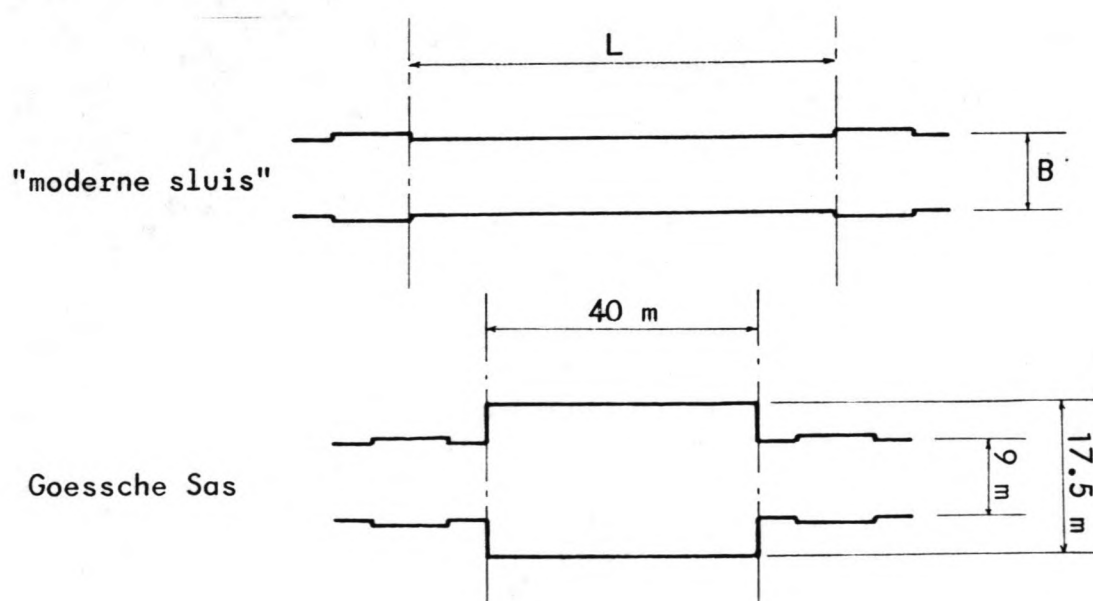
(de faktor 60 is nodig voor omrekening van minuten naar uren)

TABEL 3-I BEREKENING SCHUTCAPACITEIT PLEZIERVAART

grootheid	huidige sluis	equivalente sluis	grote sluis			
B (m)	9/17.5	10	12	12	12	12
L (m)	40	75	88	88	88	88
A <sub>1</sub> (m)	50	190	190	110	190	190
T <sub>b</sub> (min)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	12.5
O (m <sup>2</sup> )	25	25	25	25	25	25
d	0.60	0.71	0.68	0.68	0.68	0.68
V <sub>kr</sub>	0.49	0.72	0.74	0.74	0.74	0.74
t <sub>l</sub> (min)	1.1	2.25	2.15	1.5	2.15	2.15
t <sub>imin</sub> (min)	0.36	0.31	0.26	0.26	0.26	0.26
Δt <sub>i</sub> (min)	0.45	0.45	0.47	0.47	0.47	0.47
t <sub>e</sub> (min)	0.04	-0.04	-0.15	-0.15	0.20	-0.15
t <sub>u</sub> (min)	0.25	0.22	0.20	0.20	0.20	0.20
n <sub>max</sub>	16.85	21.30	28.72	28.72	28.72	28.72
n <sub>o</sub>	8.23	15.34	21.25	21.25	21.25	21.25
T <sub>i</sub> (min)	10.7	11.2	12.9	12.2	12.9	12.9
T <sub>u</sub> (min)	4.0	4.4	5.4	5.4	5.7	5.4
T <sub>d</sub> (min)	24.7	25.6	28.3	27.6	28.6	30.8
CI (sch/uur)	29.1	35.9	45.0	45.8	44.6	39.8
CII(sch/uur)	20.5	25.0	30.5	31.2	30.1	28.0

Ter vergelijking is ook de berekening van de schutcapaciteit van de bestaande sluis in de tabel opgenomen. De gehanteerde methode is echter alleen geldig voor moderne sluisen, waarvan de doorvaartbreedte van het sluishoofd gelijk is aan de schutkolkbreedte. Het Goessche Sas heeft echter nog een verouderde vormgeving (Fig 3-18). Dit betekent dat voor de breedte (B) twee waarden zijn ingevoerd, namelijk een voor de kolkbreedte en een voor de doorvaartbreedte van het sluishoofd (respectievelijk 17.5 en 9 m). Waar dit van belang is, is met de desbetreffende waarde gerekend. Voorts kan men zich afvragen in hoeverre de grafieken geldigheid hebben.

Het uiteindelijk resultaat echter, de berekende schutcapaciteit voor eenrichtingsverkeer ( $C_I = 29.1 \text{ s/u}$ ), komt goed overeen met de waarnemingen van de havendienst van naar schatting maximaal ca. 30 schepen per uur.



Figuur 3-18 Vergelijking vormgeving Goessche Sas met een moderne sluis.

Voor de grote sluis is ook de schutcapaciteit berekend, indien de lusafstand 110 m bedraagt. Dit is het geval, indien de pleziervaart gebruik mag maken van de wachtwerken voor de beroepsvaart of indien speciale voorzieningen ter linkerzijde van het havenkanaal getroffen worden. De berekening laat echter zien, dat de lusafstand slechts een kleine invloed heeft op de schutcapaciteit:

$$C_I = 45.0 \text{ s/u voor } A_l = 190 \text{ m}$$

$$C_I = 45.8 \text{ s/u voor } A_l = 110 \text{ m}$$

M.a.w. het lijkt geen bezwaar om de pleziervaart op wat grotere afstand te laten wachten. Aparte voorzieningen ter linkerzijde van het havenkanaal kunnen dan ook achterwege blijven. Indien geen beroepsvaart aanwezig is kan eventueel wel van de wachtwerken gebruik worden gemaakt.

De invloed van  $t_e$  op de schutcapaciteit is, zoals te verwachten viel, eveneens gering:

$$C_I = 45.0 \text{ s/u voor } t_e = -0.15 \text{ min}$$

$$C_I = 44.6 \text{ s/u voor } t_e = 0.20 \text{ min}$$

Voor de keuze van de afsluitmiddelen, bijvoorbeeld tussen punten en roldeuren, speelt dit geen rol van betekenis.

Verkorting of verlenging van de bedieningstijd met 2.5 min geeft een af- respectievelijk toename van 12 à 13 % van de schutcapaciteit te zien:

$$C_I = 45.0 \text{ s/u voor } T_b = 10.0 \text{ min}$$

$$C_I = 39.8 \text{ s/u voor } T_b = 12.5 \text{ min}$$

$$C_I = 51.7 \text{ s/u voor } T_b = 7.5 \text{ min}$$

Bij de keuze van de afsluitmiddelen kan dit eventueel wél een rol spelen. Voorts dient bij het ontwerp van het vul- en ledig-systeem te worden nagegaan of aan de gestelde nivelleertijd (ca. 5 min bij een gemiddeld verval) kan worden voldaan.

### 3.10 Combinatie beroepsvaart met pleziervaart

Zowel in de huidige als in de toekomstige situatie moet rekening gehouden worden met een combinatie van beroepsvaart en recreatievaart. Een capaciteitsberekening voor de beroepsvaart alleen was niet erg zinvol gezien de lage intensiteit van die beroepsvaart, maar de beroepsvaart heeft wel invloed op de pleziervaartcapaciteit, ook al betreft het maar een enkel schip.

In Lit 1 staat de berekeningsmethode van de beroepsvaartcapaciteit beschreven. Deze vertoont vanzelfsprekend grote gelijkenis met die van de pleziervaart. De vraag is hoe beide methodes gecombineerd kunnen worden.

Hiertoe beschouwen we de invloed die de beroepsvaart, gegeven een bepaalde beroepsvaartintensiteit, heeft op de pleziervaartcapaciteit van de sluis. We kunnen dit doen, omdat de beroepsvaart te allen tijde voorrang krijgt. Wanneer dus een beroepsvaarder gesloten moet worden, zal de pleziervaartcapaciteit van de sluis dalen. Mede gezien de lage beroepsvaartintensiteit en omdat in de huidige situatie hoofdzakelijk gevaren wordt met schepen van 500 à 600 ton, zullen we ervan uitgaan dat zich (mogelijk) één schip van het type Kempenaar (600 ton;  $l = 50$  m;  $b = 6.6$  m en  $d = 2.5$  m) in de kolk bevindt.

We onderscheiden nu twee gevallen:

- Eenrichtingsverkeer beroepsvaart en pleziervaart in dezelfde richting
- Eenrichtingsverkeer beroepsvaart met pleziervaart in tegenovergestelde richting

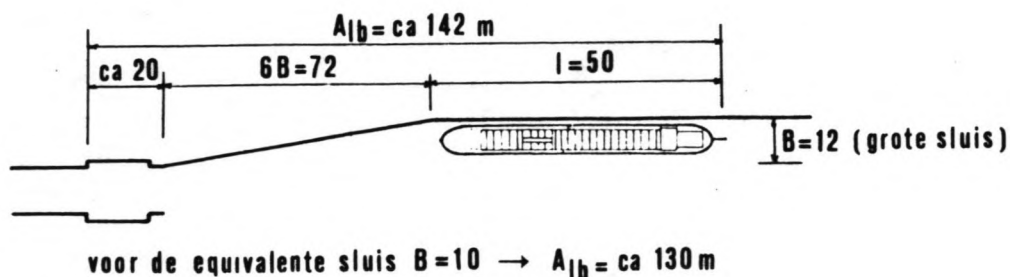
De resultaten van de berekening zijn samengevat in tabel 3-II (blz. 3-33). Hierbij is de volgende procedure gevolgd:

1) Vaststellen van de basisgegevens:

Sluisgegevens

- schutlengte (L) in m
- sluisbreedte (B) in m

- lusafstand beroepsvaarder ( $A_{lb}$ ) in m  
deze bedraagt voor de huidige sluis 85 m; voor de equivalente sluis (zie fig 3-19) 130 m en voor de grote sluis 142 m.



Figuur 3-19 Bepaling lusafstand beroepsvaarder

De lusafstand van de pleziervaart kan achterwege blijven, want in het eerste geval (bv+plv in dezelfde richting) heeft slechts met volgtijden te worden gerekend (het eerste plezierjacht volgt de beroepsvaarder) en in het tweede geval (bv+plv in tegengestelde richting) kunnen de berekende waarden van  $T_i$  uit tabel 3-I worden overgenomen.

- bedieningstijd ( $T_b$ ) in min
- oppervlakte natte doorsnede boven de drempel ( $F$ ) in  $\text{m}^2$   
Hierbij is uitgegaan van de gemiddelde waterstand (NAP).  
Met een drempeldiepte  $d$  vinden we dan:  
voor de huidige sluis:  $F = d \times B = 3 \times 9 = 27 \text{ m}^2$   
voor de equivalente sluis:  $F = 4.5 \times 10 = 45 \text{ m}^2$   
voor de grote sluis:  $F = 4.5 \times 12 = 54 \text{ m}^2$

#### Vlootgegevens

- gemiddeld jachtoppervlak ( $O$ ) in  $\text{m}^2$
- vlootsamenstelling 50 % motor- en 50 % zeiljachten
- beroepsvaarder type Kempenaar

- 2) Bepaling van de in- en uitvaartijden ( $t_{ib}$  en  $t_{ub}$ ) alsmede de lusttijd ( $t_{lb}$ ) m.b.v. de grafieken uit Lit 1 (Fig 3-21 t/m 3-25). Hierbij is uitgegaan van een gemiddelde voor geladen en ongeladen schepen:
- Uit Fig 3-21 en 3-22 kan  $t_{ib}$  worden bepaald; voor de lusttijd geldt nu:  $t_{lb} = t_{ib} + \text{correctie}$ ; deze correctie kan worden bepaald m.b.v. Fig 3-23.
  - Uit Fig 3-24 en 3-25 kan  $t_{ub}$  worden bepaald.

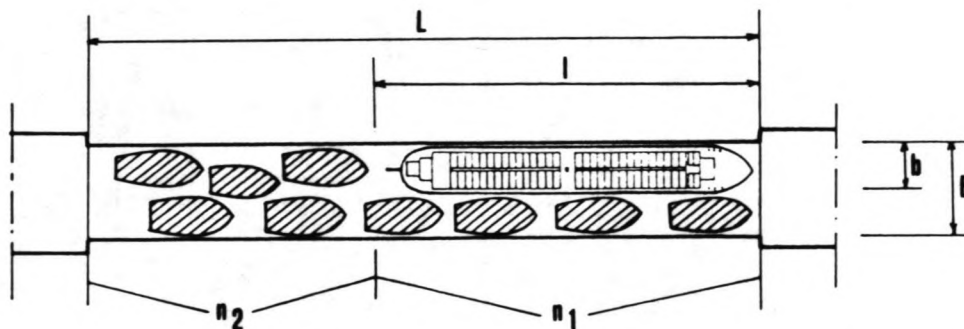
- 3) Het totaal aan lusttijd en uitvaartijd van de beroepsvaarder (we zullen dit  $T_{dd}$  noemen) kan nu worden berekend:

$$T_{dd} = t_{lb} + t_{ub}$$

Tellen we hier de bedieningstijd bij op, dan vinden we de schutduur ( $T_{db}$ ) voor alleen de beroepsvaarder:

$$T_{db} = T_{dd} + T_b$$

- 4) Bepaling van de in- en uitvaartijden van de pleziervaart. Hier zijn dus twee gevallen te onderscheiden:
- geen beroepsvaarder aanwezig; hiervoor gelden de waarden uit tabel 3-I.
  - met de beroepsvaarder in de kolk; de berekening verloopt nu in feite analoog, m.d.v. dat  $n_{\max}$  (het maximaal aantal plezierjachten in de kolk) vervangen wordt door  $n_1$  en  $n_2$ :  
 $n_1$  = aantal jachten per kolkvulling naast de beroepsvaarder  
 $n_2$  = aantal jachten per kolkvulling achter de beroepsvaarder



Figuur 3-20 Kolkvulling beroepsvaarder met plezierjachten

Het kolkoppervlak (01) naast de beroepsvaarder bedraagt:

$$O1 = l \cdot (B - b)$$

waarin:

B = schutkolkbreedte

b = breedte van de beroepsvaarder

l = lengte van de beroepsvaarder

Het kolkoppervlak (02) achter de beroepsvaarder bedraagt:

$$O2 = B \cdot (L - l)$$

waarin:

L = schutkolklengte

M.b.v. Fig 3-4 kan nu weer de kolkvullingsdichtheid ( $d_1$  en  $d_2$ ) worden bepaald; tenslotte kunnen  $n_1$  en  $n_2$  worden berekend:

$$n_1 = \frac{d_1 \cdot O1}{0}$$

$$n_2 = \frac{d_2 \cdot O2}{0}$$

De gemiddelde minimale invaarvolgtijd ( $t_{imin}$ ) kan worden bepaald m.b.v. Fig 3-11 en de gemiddelde verhoging van de minimale invaarvolgtijd ( $\Delta t_i$ ) m.b.v. Fig 3-12.

Gaan we ervan uit dat de kritische vullingsgraad ( $V_{kr}$ ) nog niet bereikt wordt tijdens het invaren van de schepen naast de beroepsvaarder, dan bedraagt de totale invaartijd van de schepen naast de beroepsvaarder:  $n_1 \times t_{imin1}$

De kritische vullingsgraad volgt uit Fig 3-13, nú voor het kolkgedeelte achter de beroepsvaarder. Hiermee kan  $n_0$  berekend worden:  $n_0 = n_2 \times V_{kr}$

De totale invaartijd van de schepen achter de beroepsvaarder is dan de som van de  $n_0$  schepen met de gemiddelde minimale invaarvolgtijd ( $t_{imin2}$ ) en de  $n_2 - n_0$  schepen met de gemiddelde verhoogde minimale invaarvolgtijd ( $t_{imin2} + \Delta t_i$ ), dus  $n_2 \times t_{imin2} + (n_2 - n_0) \times \Delta t_i$



De totale invaartijd van alle plezierjachten ( $T_{ip}$ ), is dus:

$$T_{ip} = n_1 \cdot t_{imin1} + n_2 \cdot t_{imin2} + (n_2 - n_0) \cdot \Delta t_i$$

Een soortgelijke procedure kan worden gevolgd voor de uitvaartijd. De uitvaarvolgtijden volgen weer uit Fig 3-17.

Ook hier nemen we aan dat de beroepsvaarder voorrang krijgt, en dus als eerste uitvaart, zodat het eerste plezierjacht de beroepsvaarder "volgt".

De uitvaartijd van de "naastliggers" is dan:  $n_1 \times t_u$

De uitvaartijd van de "achterliggers" is:  $n_2 \times t_u$

In tegenstelling met de invaart behoeft nu slechts met één  $t_u$  gerekend te worden. Omdat de beroepsvaarder al is uitgevaren, kunnen ook de naastliggers over de gehele kolkbreedte uitvaren. De totale uitvaartijd van de plezierjachten ( $T_{up}$ ), is dus:

$$T_{up} = (n_1 + n_2) \cdot t_u$$

- 5) De totale schutduur van beroepsvaarder met pleziervaart, inclusief de bedieningstijd is:

$$T_{d(b+p)} = T_{db} + T_{ip} + T_{up}$$

- 6) Tenslotte kan de totale cyclustijd worden bepaald. We onderscheiden hier de twee gevallen:

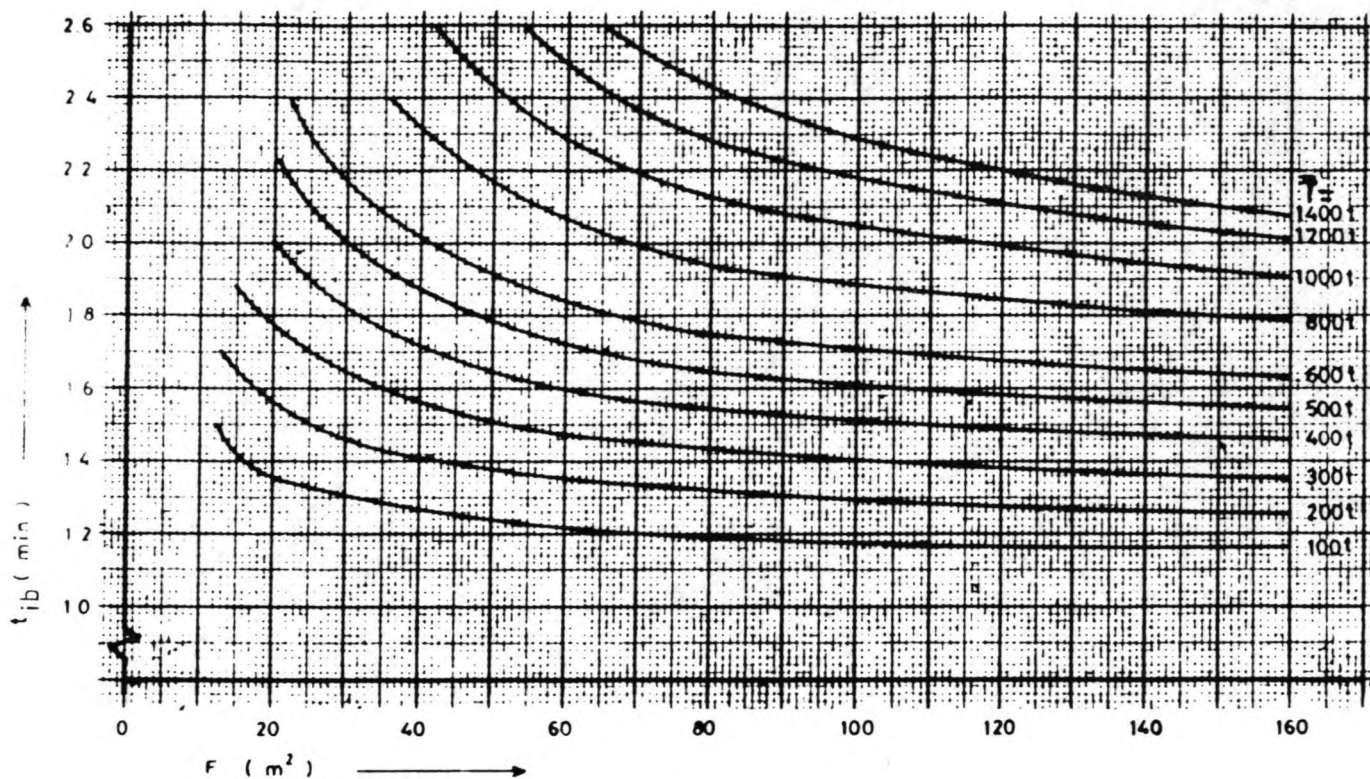
- Eenrichtingsverkeer beroepsvaart en pleziervaart in dezelfde richting:

$$T_{sI} = T_{d(b+p)} + T_b$$

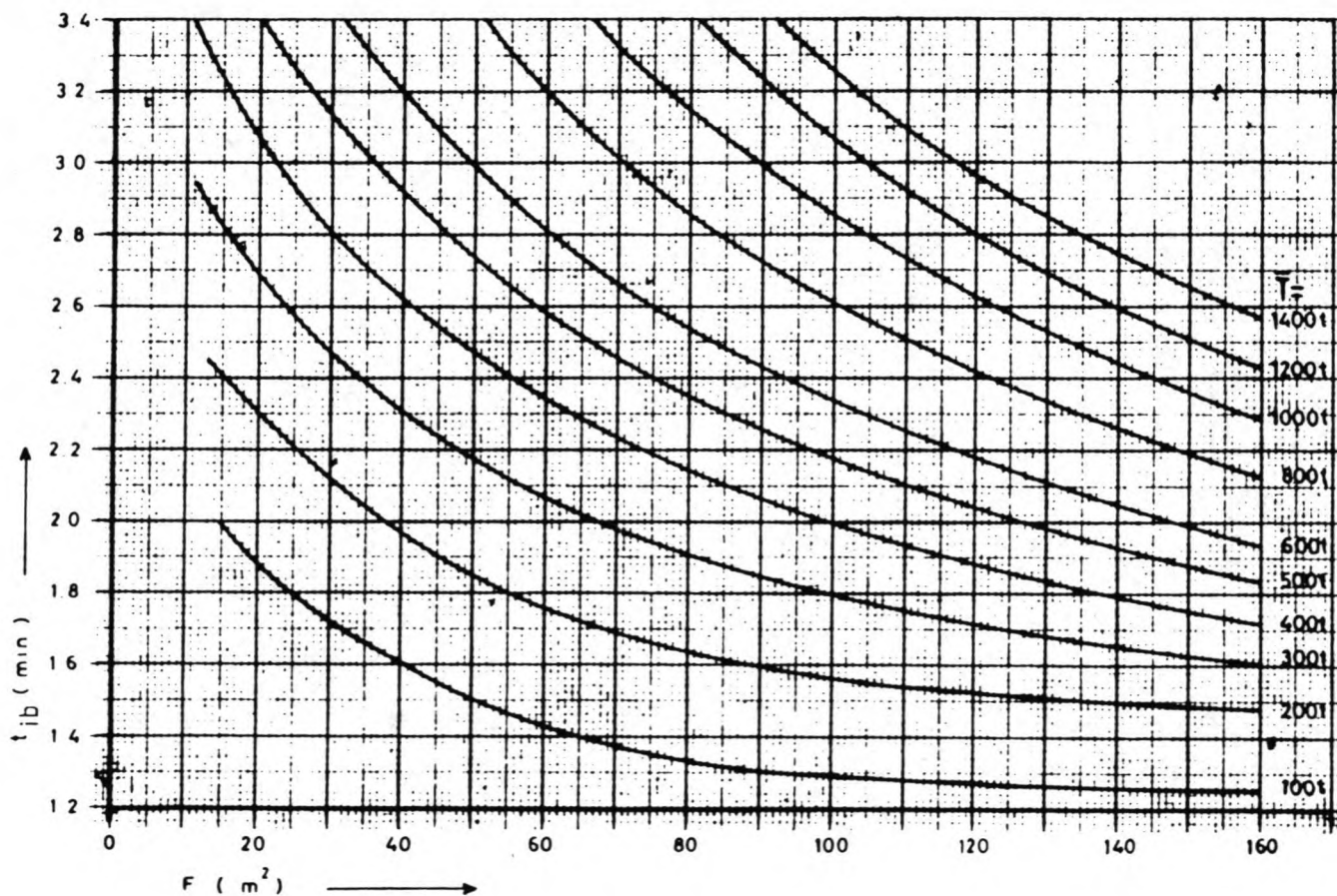
- Eenrichtingsverkeer beroepsvaart en pleziervaart in tegenovergestelde richting:

$$T_{sII} = T_{db} + T_{dp}$$

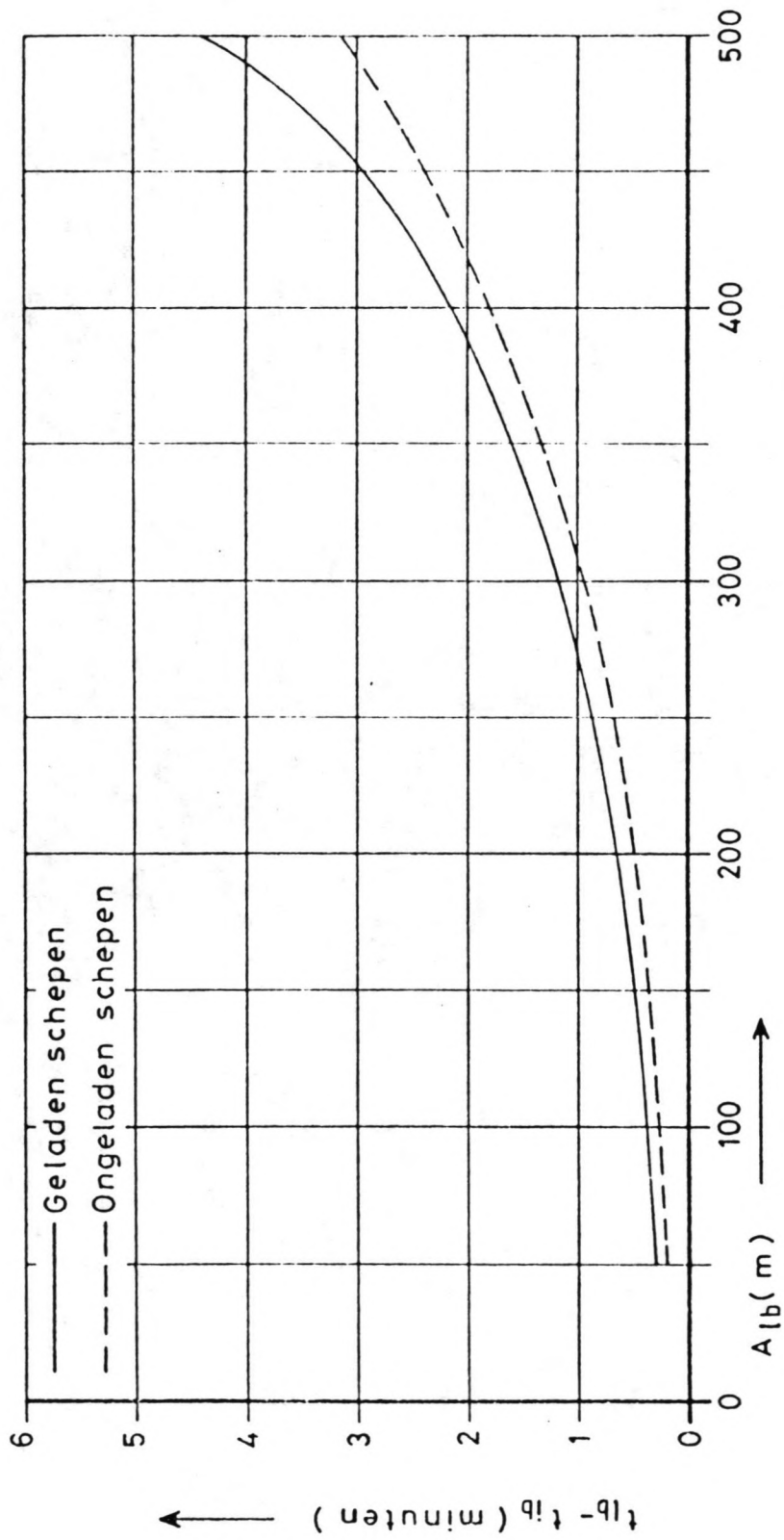
waarin  $T_{dp}$  = schutduur pleziervaart alleen =  $T_d$  uit tabel 3-I.



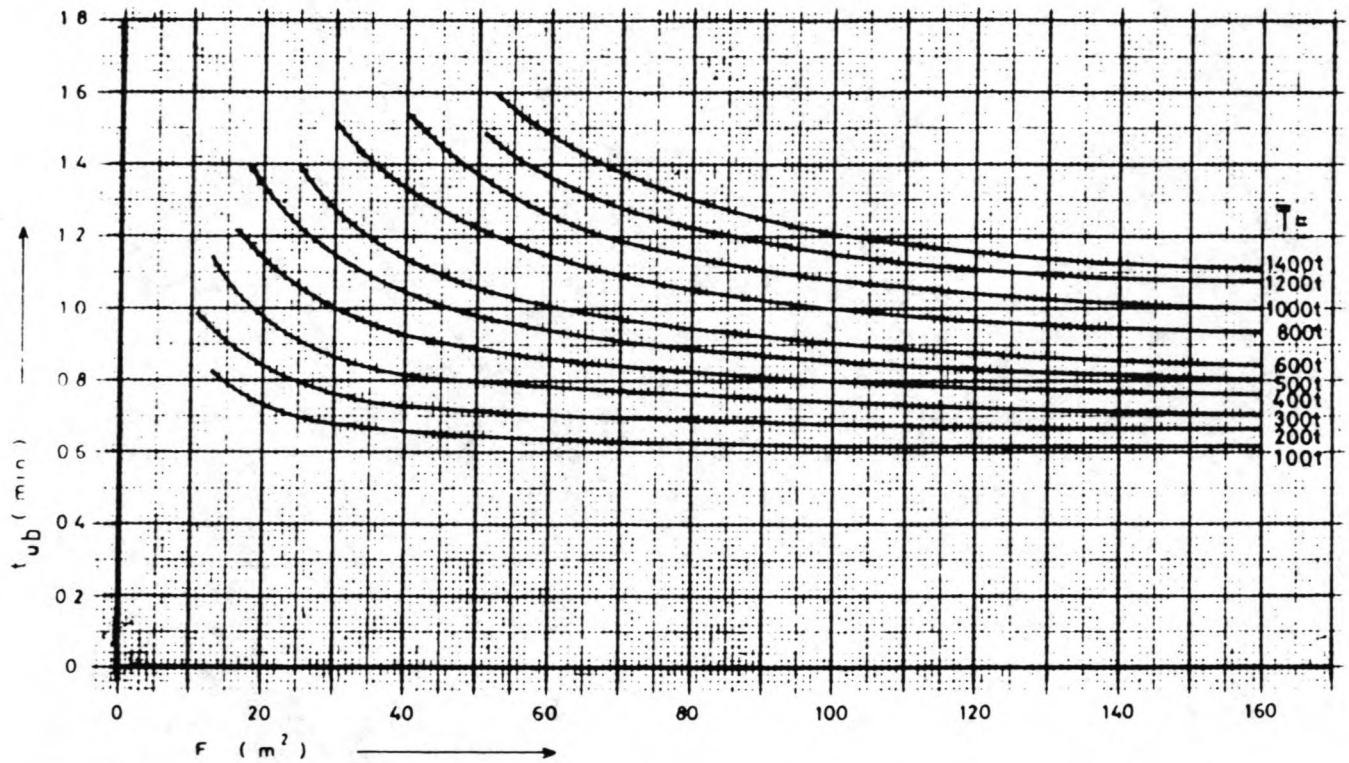
Figuur 3-21 Verband tussen de invaartijd van ongeladen schepen met eigen aandrijving en  $F$  voor verschillende laadvermogens



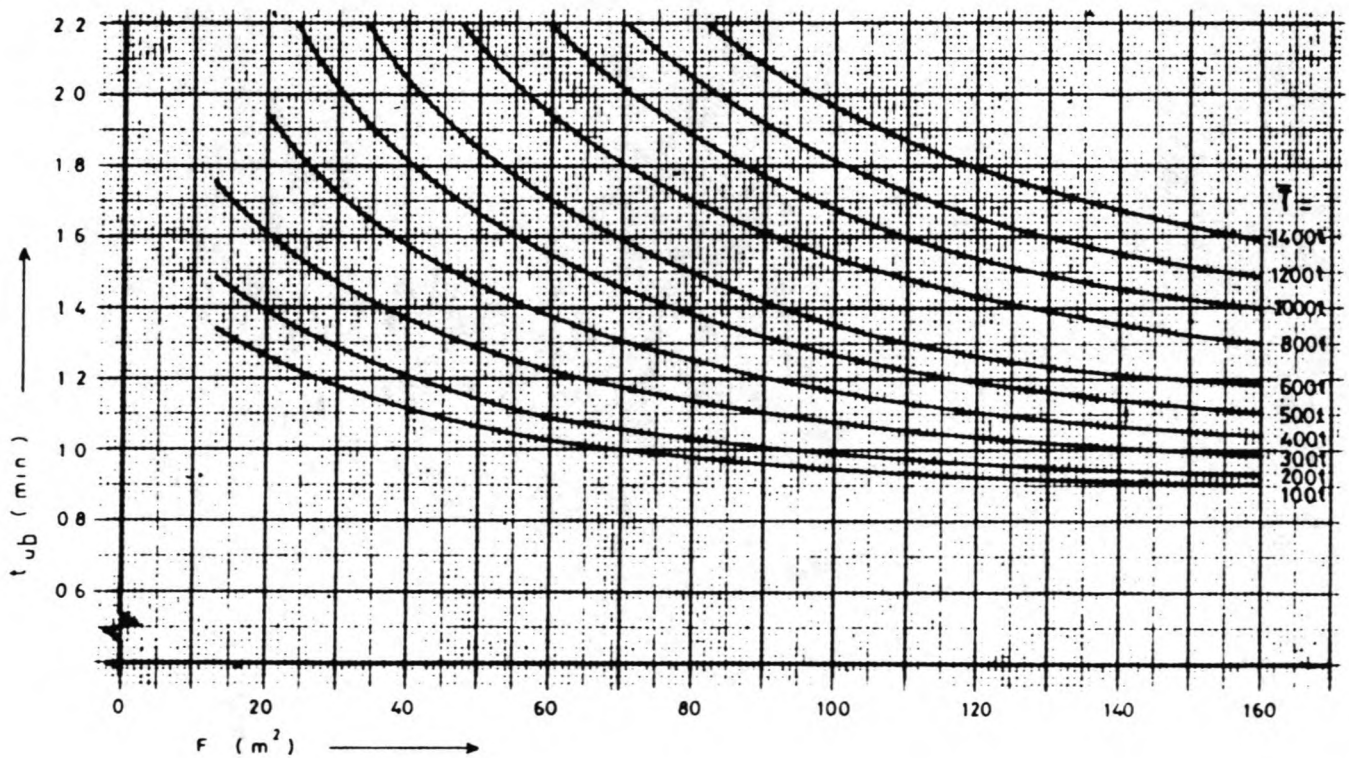
Figuur 3-22 Verband tussen de invaartijd van geladen schepen met eigen aandrijving en  $F$  voor verschillende laadvermogens



Figuur 3-23 Correctiegrafiek voor de lustijd  $t_{lb}$



Figuur 3-24 Verband tussen de uitvaartijd van ongeladen schepen met eigen aandrijving en  $F$  voor verschillende laadvermogens

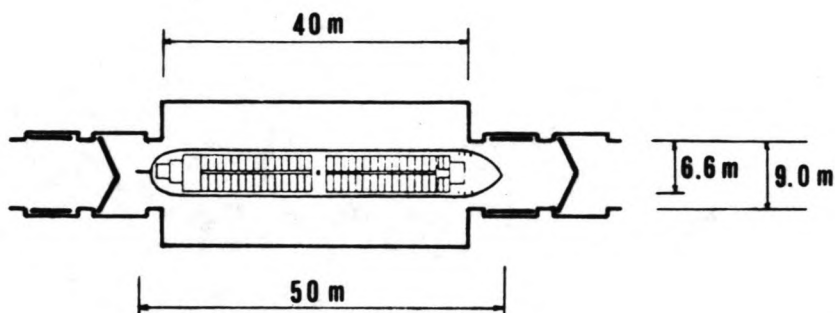


Figuur 3-25 Verband tussen de uitvaartijd van geladen schepen met eigen aandrijving en  $F$  voor verschillende laadvermogens

TABEL 3-II BEREKENING CYCLUSTIJDEN PLEZIERVAART IN  
COMBINATIE MET BEROEPSVAART

grootheid	huidige sluis	equivalente sluis	grote sluis
B (m)	9/17.5	10	12
L (m)	40	75	88
F (m <sup>2</sup> )	27	45	54
A <sub>1b</sub> (m)	85	130	142
O (m <sup>2</sup> )	25	25	25
b (m)	6.6	6.6	6.6
l (m)	50	50	50
t <sub>ib</sub> (min)	2.89	2.52	2.40
corr (min)	0.35	0.45	0.50
t <sub>1b</sub> (min)	3.24	2.97	2.90
t <sub>ub</sub> (min)	1.91	1.52	1.41
T <sub>db</sub> (min)	15.2	14.5	14.3
O <sub>1</sub> (m <sup>2</sup> )		170	270
O <sub>2</sub> (m <sup>2</sup> )		250	456
d <sub>1</sub>		0.6	0.65
d <sub>2</sub>		0.71	0.68
n <sub>1</sub>		4.08	7.02
n <sub>2</sub>		7.10	12.40
V <sub>kr</sub>		0.2	0.46
n <sub>o</sub>		1.42	5.70
t <sub>imin1</sub> (min)		1.0	0.72
t <sub>imin2</sub> (min)		0.31	0.26
Δt <sub>i</sub> (min)		0.45	0.47
T <sub>ip</sub> (min)		8.84	11.42
t <sub>u</sub> (min)		0.22	0.20
T <sub>up</sub> (min)		2.46	3.88
T <sub>d(b+p)</sub> (min)		26.5	29.6
T <sub>sI</sub> (min)	-	41.0	43.9
T <sub>sII</sub> (min)	39.9	40.1	42.6

Voor de bestaande sluis is geen berekening van de schutduur voor de beroepsvaarder met pleziervaart in de tabel opgenomen. De lengte van een Kempenaar (50 m) is groter dan de kolk lengte (40 m), zodat het schip zowel van voren als van achteren in de sluishoofden komt te liggen. Dit betekent dat er geen plezierjachten langs kunnen. Het meeschutten van plezierjachten in dit geval zou betekenen dat deze eerst zouden moeten invaren, hetgeen een omslachtige procedure is die veel extra tijd in beslag neemt. Ervan uitgaande dat de beroepsvaart geen hinder van de pleziervaart mag ondervinden is gesteld dat in geval een beroepsvaarder geschut moet worden er geen pleziervaart bij kan.



Figuur 3-26 Het schutten van een Kempenaar in de bestaande sluis

Tenslotte kan nu de pleziervaartcapaciteit berekend worden, indien de beroepsvaartintensiteit bekend is.

I) Eenrichtingsverkeer beroepsvaart en pleziervaart in dezelfde richting.

Stel de beroepsvaartintensiteit is  $I_b$  schepen per uur.

Het aantal schuttingen per uur, waarbij een beroepsvaarder betrokken is, is dan eveneens  $I_b$ . Het aantal meegeschutte plezierjachten is dan:  $I_b \times (n_1 + n_2)$ .

De tijd die hiermee gemoeid gaat is:  $I_b \times T_{sI}$  minuten per uur. Omgerekend naar "uren" per uur:  $I_b \times T_{sI}/60$ .

Er is dus nog  $1 - I_b \times T_{sI}/60$  "uur" per uur over voor het

schutten van pleziervaart alleen. Het aantal plezierjachten dat in die tijd geschut kan worden is:  $C_I \times (1 - I_b \times T_{sI}/60)$ . Hierin is  $C_I$  de maximale pleziervaartcapaciteit voor eenrichtingsverkeer (Tabel 3-I).

De maximale pleziervaartcapaciteit van de sluis voor de combinatie beroepsvaart en pleziervaart in dezelfde richting is dus:

$$C_{I(p+b)} = C_I \cdot \left(1 - I_b \cdot \frac{T_{sI}}{60}\right) + I_b \cdot (n_1 + n_2)$$

Als  $1 - I_b \times T_{sI}/60 = 0$ , dus als  $I_b = 60/T_{sI}$ , dan wordt de maximale capaciteit voor de beroepsvaart (in combinatie met recreatievaart) bereikt. Dit blijkt voor alle sluizen het geval als  $I_b = \text{ca. } 1.5$  schepen per uur. Bij een grotere intensiteit van de beroepsvaart zal deze t.o.v. de pleziervaart voorrang krijgen. In de praktijk komt dit erop neer dat er meer dan een beroepsvaarder tegelijk geschut wordt, of dat er een groter schip, bijvoorbeeld een Europaschip, geschut wordt. In dat geval is er geen plaats meer voor plezierjachten en dus neemt de pleziervaartcapaciteit (snel) af. In tabel 3-III zijn de resultaten van de berekening samengevat (blz. 3-36).

## II) Eenrichtingsverkeer beroepsvaart en pleziervaart in tegenovergestelde richting.

Stel weer de beroepsvaartintensiteit bedraagt  $I_b$  schepen per uur. Het aantal terug geschutte jachten in cycli met de beroepsvaart is dan:  $I_b \times n_{\text{max}}$ .

De tijd die ermee gemoeid gaat:  $I_b \times T_{sII}/60$  "uur" per uur. Beschikbare tijd voor schuttingen zonder beroepsvaart:

$$1 - I_b \times T_{sII}/60.$$

Hierin kunnen  $C_I \times (1 - I_b \times T_{sII}/60)$  jachten geschut worden.  $C_I$  is weer de maximale pleziervaartcapaciteit voor eenrichtingsverkeer (Tabel 3-I).

De maximale pleziervaartcapaciteit van de sluis voor de combinatie beroepsvaart met pleziervaart in tegenovergestelde richting is dan:

$$C_{II(p+b)} = C_I \cdot \left(1 - I_b \cdot \frac{T_{sII}}{60}\right) + I_b \cdot n_{max}$$

In de volgende tabel zijn de berekende resultaten van de pleziervaartcapaciteit bij verschillende  $I_b$  samengevat.

TABEL 3-III PLEZIERVAARTCAPACITEIT IN COMBINATIE MET BEROEPSVAART

Ib	huidige sluis		equivalente sluis		grote sluis	
	P → ← B	P → ← B	P → ← B	P → ← B	P → ← B	P → ← B
0.0	29.1	29.1	35.9	35.9	45.0	45.0
0.5	23.0	27.8	29.2	34.6	38.3	43.4
1.0	16.9	26.5	22.6	33.2	31.5	41.8
1.5	10.8	25.3	16.8	32.0	24.7	40.2

### 3.11 Ligplaatscapaciteit

Uitgaande van de pleziervaartcapaciteit van de schutsluis kan nu een schatting worden gemaakt van het aantal ligplaatsen, dat mogelijk is in de jachthaven van Goes.

I.h.a. kunnen we stellen:

$$C_d = \alpha \cdot L$$

waarin:

$C_d$  = schutcapaciteit per dag

$L$  = aantal ligplaatsen

$\alpha$  = percentage schepen dat uitvaart

Namelijk niet alle schepen in de jachthaven zullen elke dag uitvaren.



Indien Cd en  $\alpha$  bekend zijn, kan L worden berekend. Teneinde een enigszins zinvolle berekening te maken, is inzicht nodig in het gedragpatroon van de scheepvaart op Goes, zowel van de beroepsvaart als van de pleziervaart.

De beroepsvaart op Goes heeft de volgende kenmerken:

- i.h.a. geladen opvaart en ongeladen afvaart
- ca. 1000 schepen per jaar groter dan 300 ton
- op maandag, woensdag en zaterdag zijn regelmatig pieken in het verkeersaanbod te onderscheiden. Naar schatting tweemaal zoveel als op de andere dagen
- 80 % van alle schuttings vindt plaats tussen 06.00 en 18.00 uur

De pleziervaart op Goes heeft de volgende kenmerken:

- in 1979 werden in de zomermaanden juni, juli en augustus respectievelijk 800, 1950 en 1300 schepen per richting geschut
- de maximale dagintensiteit op zon- en feestdagen bedroeg 225 schepen; voorts zijn de volgende intensiteiten waargenomen:
 

5 maal ( 9%)	meer dan 100 schepen per dag per richting
11 (20%)	80
26 (48%)	60
- de maximale dagintensiteit op werkdagen bedroeg 136 schepen:
 

5 maal ( 4%)	meer dan 100 schepen per dag per richting
10 ( 8%)	80
25 (20%)	60
- in de huidige situatie bedraagt het aantal ligplaatsen in Goes ca. 300

Uit het voorgaande blijkt dat:

- op 10 % van het aantal zondagen ca. 33 % van alle schepen uitvaart
- 50 % 20 %
- 10 % werkdagen 25 %
- 20 % 20 %

De afvaart concentreert zich in een periode van enkele uren in de ochtend en de opvaart gedurende enkele uren aan het eind van de middag. We zullen aannemen dat 80 % van het aantal schepen in 3 uren in- en uitvaart.

De volgende situaties worden onderscheiden:

- een drukke zondag (juli, vakantieperiode) zonder beroepsvaart; de pleziervaartcapaciteit per dag per richting is dan:

$$Cd_1 = \frac{1}{0.8} \cdot 3 \cdot C_I$$

De ligplaatscapaciteit waarbij slechts 10 % van het aantal (zon)dagen sprake is van stagnatie bij de sluis is dan:

$$L_1 = Cd_1 \cdot \frac{1}{0.33}$$

- een drukke werkdag met enige beroepsvaart; de drukke periode van de pleziervaart zal gedeeltelijk samenvallen met de vakantieperiode van de bedrijven en de beroepsvaart. We zullen aannemen dat de intensiteit de helft is van de maximale d.w.z 0.5 schepen per uur per richting. De maximale pleziervaartcapaciteit is dan:

$$Cd_2 = \frac{1}{0.8} \cdot 3 \cdot C_{I(p+b)}$$

waarin  $C_{I(p+b)}$  volgt uit tabel 3-III voor  $I_b = 0.5$

De ligplaatscapaciteit is dan:

$$L_2 = Cd_2 \cdot \frac{1}{0.25}$$

- een matig drukke werkdag met normale beroepsvaart; gerekend moet worden op gemiddeld ca. 5 schepen per dag per richting; we zullen aannemen dat dit neerkomt op een maximale uurintensiteit van 1 schip per uur per richting.

De maximale pleziervaartcapaciteit is dan:

$$Cd_3 = \frac{1}{0.8} \cdot 3 \cdot C_{I(p+b)}$$

waarin  $C_{I(p+b)}$  volgt uit tabel 3-III voor  $I_b = 1.0$

De ligplaatscapaciteit is dan:

$$L_3 = Cd_3 \cdot \frac{1}{0.2}$$

De berekende resultaten zijn in onderstaande tabel samengevat.

TABEL 3-IV LIGPLAATSCAPACITEIT

	huidige sluis	equivalente sluis	grote sluis
L <sub>1</sub>	330	410	510
L <sub>2</sub>	345	440	575
L <sub>3</sub>	320	425	590

- voor de nieuwe sluisvarianten is de situatie op een drukke zondag maatgevend
- voor de huidige sluis blijkt dat de maximale ligplaatscapaciteit wel ongeveer bereikt is
- de huidige ligplaatsen in Goes zijn bestemd voor passanten; de ligduur is beperkt tot enige dagen. Bij uitbreiding van het aantal ligplaatsen ligt het in de bedoeling een gedeelte hiervan als vaste ligplaats te bestemmen. Dit betekent dat naar verhouding minder schepen zullen uitvaren (naar schatting 10 à 15 %)

Het aantal ligplaatsen dat mogelijk zal zijn na de bouw van een nieuwe sluis kan daarom gesteld worden:

Voor de equivalente sluis: 450

Voor de grote sluis: 575

#### 4. Conclusies en samenvatting

De afsluiting van de Oosterschelde d.m.v. een beweegbare stormvloedkering, maakt de bouw van een nieuwe schutsluis in het havenkanaal naar Goes noodzakelijk. De achteruitgang in schutmogelijkheden van met name de grotere schepen is hier de voornaamste oorzaak van. Bovendien maakt de schutsluis deel uit van een primaire waterkering. De bestaande sluis voldoet niet aan de eisen, die uit constructieve overweging op grond van de Deltawet, hieraan gesteld moeten worden.

De bouw van een nieuwe sluis maakt het mogelijk om in te spelen op de door Goes voorgestane uitbreiding van industrie en een vergroting van de jachthavencapaciteit.

Hiermee rekening houdend kan gesteld worden dat de bouw van de "grote sluis" het meest gewenst is.

Hoewel in eerste instantie Goes eveneens zijn keuze hierop had laten vallen, is men inmiddels uit financiële overwegingen hierop teruggekomen. De meerkosten van de grote sluis t.o.v. het door de regering beschikbaar gestelde bedrag voor de bouw van een equivalente sluis, bleken voor Goes niet op te brengen. Uiteindelijk is dan ook gekozen voor uitvoering van de equivalente sluis.

In dit afstudeerverslag zal als alternatief de variant van de grote sluis verder worden uitgewerkt.

De funktionele maten van deze sluis zijn:

- nuttige kolkbreedte 12 m
- nuttige kolk lengte 88 m
- drempeldiepte NAP - 4.50 m
- hoogte sluisplateau NAP + 4.00 m

De sluis is dan geschikt voor schepen tot 1350 ton, het zogenaamde "Europaschip".

Het mogelijk aantal ligplaatsen in de jachthaven van Goes is dan ca. 575.

## Literatuur

1. Collegediktaat verkeerswaterbouwkunde b.o. f 13 C,  
ir. C. Kooman
2. Pleziervaart en verkeerskunde; hoofdstuk d, de afwikkeling  
van de pleziervaart via sluizen,  
ir. J.G. Hillen en ing. C.G. den Hartog

## Lijst van gebruikte symbolen (1)

$A_1$	lusafstand
$A_{1b}$	lusafstand beroepsvaarder
$B$	nuttige kolkbreedte
$b$	breedte
$C$	coëfficiënt (algemeen) capaciteit
$C_I$	schutcapaciteit bij éénrichtingsverkeer
$C_{II}$	schutcapaciteit bij tweerichtingsverkeer
$C_{I(p+b)}$	pleziervaartcapaciteit bij eenrichtingsverkeer voor combinatie beroepsvaart en pleziervaart in dezelfde richting
$C_{II(p+b)}$	idem bij tegengesteld verkeer
$C_d$	schutcapaciteit per dag
$C_s$	schutcapaciteit (algemeen)
$d$	diepgang kolkvullingsdichtheid
$d_1$	idem voor het gedeelte naast de beroepsvaarder
$d_2$	idem voor het gedeelte achter de beroepsvaarder
$F$	oppervlak natte doorsnede boven de sluisdrempel
$H$	verval
$h$	hoogte
$L$	nuttige kolk lengte aantal ligplaatsen
$l$	lengte
$N, n$	aantal (algemeen)
$n_1$	aantal pleziervaartuigen naast de beroepsvaarder
$n_2$	aantal pleziervaartuigen achter de beroepsvaarder
$n_{max}$	gemiddeld maximum aantal jachten in de kolk
$n_0$	gemiddeld aantal jachten in de kolk waarbij nog net geen sprake is van het systematisch oplopen van de inaarvolgtijden

Lijst met gebruikte symbolen (2)

$O$	gemiddelde jachtoppervlak
$O_1$	kolkoppervlak naast de beroepsvaarder
$O_2$	kolkoppervlak achter de beroepsvaarder
$T_b$	bedieningstijd
$T_c$	duur totale schutcyclus
$T_d$	schutduur in een richting
$T_{db}$	schutduur beroepsvaarder in een richting
$T_{dd}$	som invaar- en uitvaartijd beroepsvaarder
$T_{d(b+p)}$	schutduur beroepsvaarder met pleziervaart in een richting
$T_i$	totale invaartijd (pleziervaart)
$T_{sI}$	cyclustijd beroepsvaarder met pleziervaart in dezelfde richting
$T_{sII}$	cyclustijd beroepsvaarder met pleziervaart in tegenovergestelde richting
$T_u$	totale uitvaartijd (pleziervaart)
$t_e$	uitvaartijd eerste schip
$t_i$	invaarvolgtijd
$t_{ib}$	invaartijd beroepsvaarder
$t_{imin}$	gemiddelde minimale invaarvolgtijd
$t_{imin1}$	idem voor de jachten naast de beroepsvaarder
$t_{imin2}$	idem voor de jachten achter de beroepsvaarder
$\Delta t_i$	gemiddelde verhoging van de minimale invaarvolgtijd
$t_l$	lusttijd
$t_u$	uitvaarvolgtijd
$t_{ub}$	uitvaartijd beroepsvaarder

