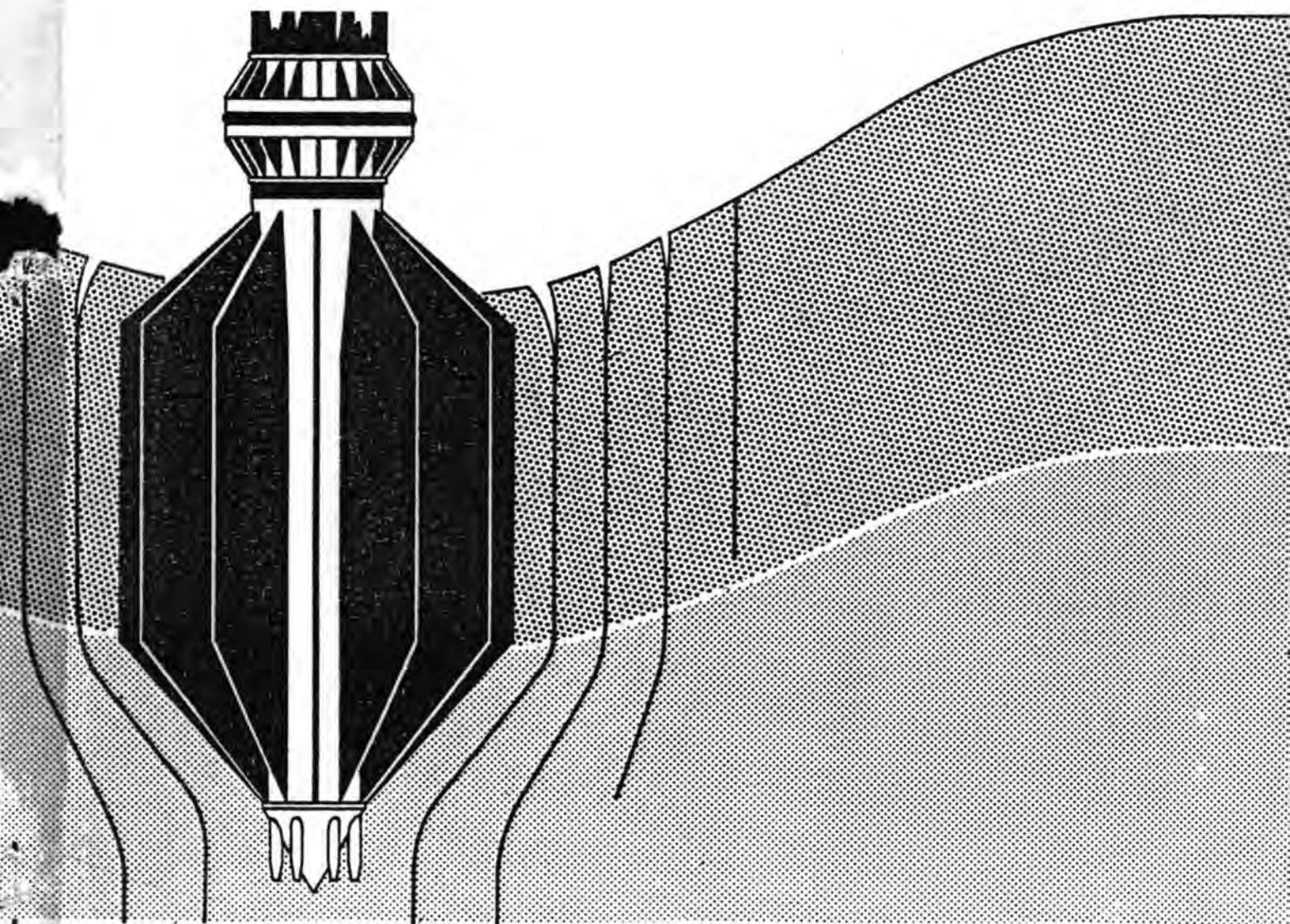


EVALUATIE NOTA
VERDICHTEN

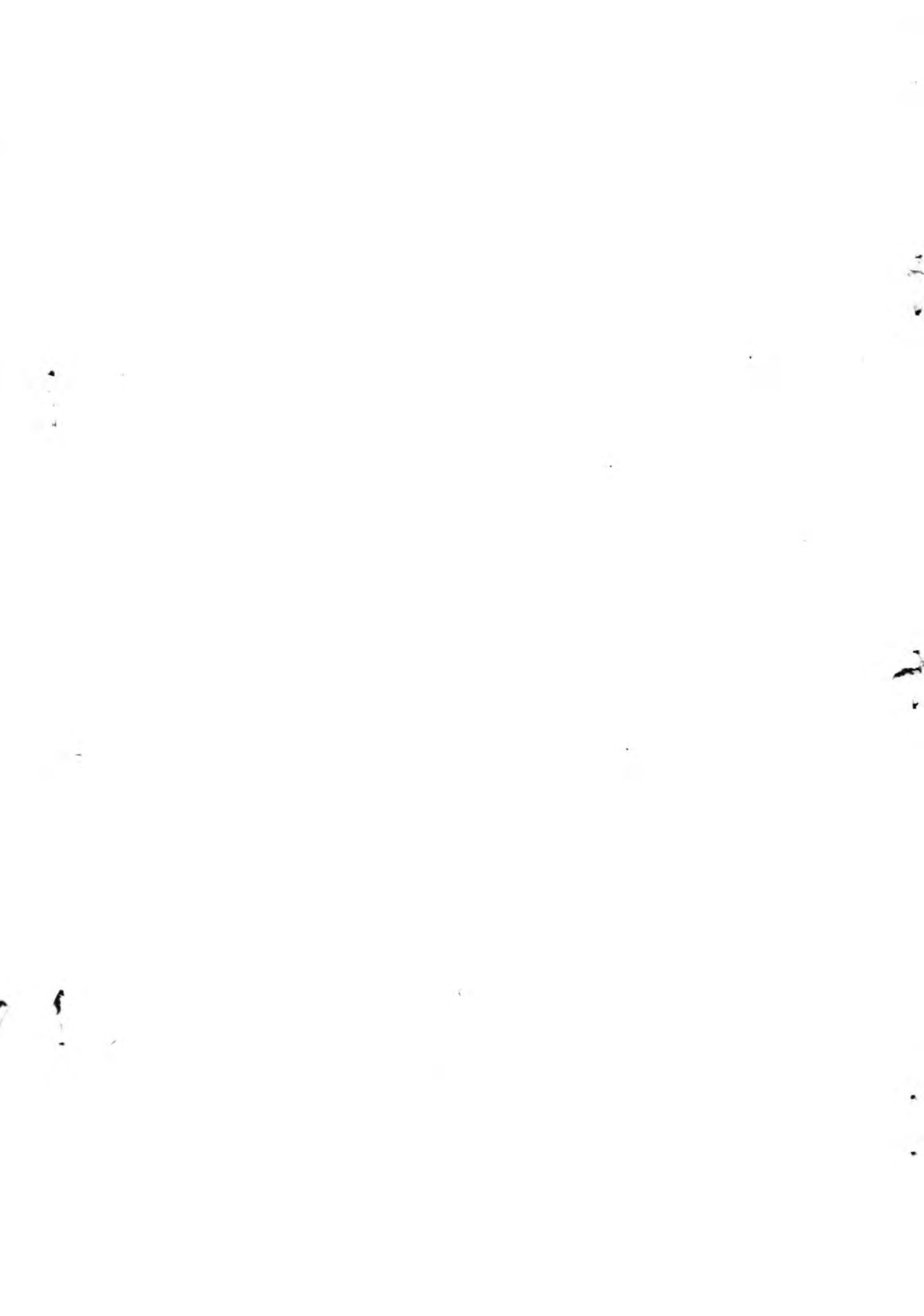
deelnota 1
27VERD_N_83001



**oosterscheldekering
verdichtingsschip MYTILUS**

Evaluatie nota Verdichtingschip MYTILUS

27VERD-N-82021



notitie 2PROBU-M-83045

aan: PGS
van: Voorzitter Pb-II
datum: 22-8-1983
onderwerp: Evaluatienota verdichten

Hierbij treft u de evaluatienota verdichten, welke uit twee deelnota's is samengesteld :

Deelnota 1 : Evaluatie verdichtingsschip Mytilus

Deelnota 2 : Evaluatie verdichtingsresultaten

De verdichtingswerken in de sluitgaten van de Oosterschelde hebben plaatsgevonden van oktober 1979 t/m februari 1983 (inclusief de aanvangsperiode). In totaliteit is ca. 3.700.000 m³ zand/grind verdicht.

Deelnota 1

Deze deelnota behandelt de evaluatie van het verdichtingsschip de Mytilus en wel met name de werktuigkundige problemen welke tijdens de bedrijfsvoering zijn opgetreden alsmede de hiervoor gevonden oplossingen.

In het algemeen kan worden gesteld dat de Mytilus redelijk aan de verwachtingen heeft voldaan. Gedurende het eerste jaar van de bedrijfsvoering zijn aanlopmoeilijkheden opgetreden, met name bij de trilnaalden. Gedurende de ontwerpfase was vrij weinig bekend omtrent de levensduur van de verschillende trilnaaldonderdelen onder dynamische belasting.

Begin 1981 zijn daarom maatregelen genomen aan de hand van een opgezette, zogenaamde trilnaaldenfilosofie (beschikbaarheid van voldoende reserve-onderdelen, controle- en onderhoudsfilosofie, extra reparatievoorzieningen). De getroffen maatregelen voldeden naar verwachting.

Deelnota 2

De tweede deelnota geeft achtereenvolgens een overzicht van :

- de ontwerputgangspunten van het verdichten ;

- de tijdens de uitvoering opgedane ervaringen, met name de tegengekomen probleemgebieden alsmede de wijze waarop de problemen zijn opgelost.
- de nieuwe kennis welke is opgedaan.

De door de werkgroep verdichten opgestelde nota's dienen als de eindevaluatie van de verdichtingswerken t.b.v. de SVK te worden gezien, en zijn bedoeld als naslagwerk waar alle ontwerp- en uitvoeringsaspecten van het verdichten zijn terug te vinden.

Met het uitbrengen van deze nota's is tevens het werk van de werkgroep beëindigd.

Eindoordeel verdichtingswerkzaamheden.

Door het werken met de Mytilus is veel nieuwe ervaring en know-how opgedaan m.b.t. :

- De ontwikkeling van het trilsysteem :
 - * grootschaligheid
 - * off-shore omstandigheden
 - * het tegelijk met 4 naalden verdichten
- Inzicht in de slijtage aspecten van trilnaaldonderdelen :
 - * filosofie t.o.v. het benodigd aantal reserve-onderdelen als functie van het aantal draai-uren.
 - * preventief onderhoud
 - * benodigde reparatievoorzieningen.
- Wijze waarop moet worden verdicht teneinde een bepaalde verdichtingsgraad te bereiken :
 - * procesvoering
 - * systeem van water- en luchttoevoer
 - * verdichtingsgraad als functie van resp. de horizontale stapafstand, procesvoering en grondsoort.

In het algemeen kan worden gesteld dat door het werken met de Mytilus de inzichten in respectievelijk de mogelijkheden en de uitvoeringsaspecten van het toegepaste verdichtingssysteem zijn vergroot.

	<u>Inhoud</u>	<u>Blz</u>
1.	Inleiding	1
2.	Samenvatting	3
2.1.	Beschrijving Mytilus	3
2.2.	De trilnaalden en het verdichtingssysteem	4
2.3.	Overzicht tijdens de bedrijfsvoering opgetreden werktuigbouwkundige problemen en de ervoor gevonden oplossingen	4
2.4.	De toegepaste "trilnaalden filosofie"	7
	2.4.1. Opgetreden levensduur van de verschillende naaldonderdelen	9
2.5.	Eindoordeel	10
3.	Ontwerp "Libra"	16
3.1.	Kenmerken ontwerp	16
3.2.	Werkwijze	17
3.3.	Nadelen ontwerp	18
4.	Ontwerp nieuwbouwponton	20
4.1.	Beschrijving ponton	20
4.2.	Werkwijze verdichting	21
4.3.	Ontwerpwijziging	22
5.	Het toegepaste verdichtingssysteem	25
5.1.	Uitgevoerde proeven t.b.v. trilnaaldenmodificaties	25
6.	Het verdichtingsschip de Mytilus	34
6.1.	Algemene beschrijving en werkwijze	34
6.2.	Verdichtingsinstallatie	35
6.3.	Gegevens schip	36
6.4.	Technische specificaties dieselaggregaten, spoelpompen en jetlucht compressoren	39
6.5.	Omschrijving verdichtingswerkzaamheden	40
6.6.	Consequenties verdichten tot 38 m à 40 m - N.A.P.	45
7.	De trilnaalden	47
7.1.	Algemeen	47
7.2.	Leidingen	47
7.3.	Resonatorgedeelte	47
7.4.	Schacht	48
7.5.	Afmetingen en gewichten trilnaaldonderdelen	53
7.6.	Vibrator met trekkop en adaptor	54
7.7.	Materiaal specificatie vibrator HV-120	60
7.8.	Materiaal specificatie schachten en resonatoren	62

	<u>blz</u>
8. Ervaringen met de trilnaalden gedurende de as-verdichting	63
8.1. Trekkoppen	64
8.2. Vibratoren	65
8.3. Adaptors	79
8.4. Korte-, lange-, en verlengschachten	82
8.5. Resonatoren met punten en nozzles	88
8.6. Water- en luchtleidingen	97
9. De toegepaste "trilnaalden" filosofie	110
9.1. Analyse optimalisatie naaldwaarde	111
9.1.1. De levensduur van trilnaaldonderdelen	111
9.1.2. De beschikbaarheid van reserve trilnaalden'c.q. reserve-onderdelen	112
9.1.3. Optimalisatie levensduur trilnaalden	116
9.2. Uitvoering van de filosofie m.b.t. de reserve trilnaaldonderdelen	119
9.3. Het preventieve onderhoud (controle-filosofie)	121
9.3.1. Controlecyclus vibratoren, adaptors en resonator	121
9.3.2. Controlecyclus vibratoren en trekkoppen	122
9.4. De opgetreden levensduur van de verschillende trilnaaldonderdelen	123
10. Lieren, geleidebalk en spudpalen	131
10.1. Naaldlieren en deiningscompensatoren	131
10.1.1. Technische specificaties naaldlieren	131
10.1.2. Technische specificaties deico's	132
10.1.3. Hijsdraad	132
10.2. Geleidebalk en balklieren	137
10.2.1. Technische specificaties balklieren	138
10.2.2. Ondervonden moeilijkheden met de balklieren en geleidebalk	138
10.3. Spudpaal-systeem	139
10.3.1. Beschrijving spudstelsel	139
10.3.2. Buffer-systeem	139
10.3.3. Ontgroning rondom de spudpalen	140
10.3.4. Technische specificaties spudhefcylinders	141
10.3.5. Opgetreden moeilijkheden tijdens bedrijfsvoering	141
10.4. Ankerlieren	144
10.4.1. Technische specificaties ankerlieren 80 ton	144
10.4.2. Technische specificaties ankerlieren 55 ton	145
10.4.3. Opgetreden problemen tijdens bedrijfsvoering	145
10.5. Reparatievoorzieningen aan boord	148
10.5.1. Opgetreden moeilijkheden tijdens bedrijfsvoering	149
10.5.2. Aanvulling c.q. uitbreiding van de voorzieningen	149
11. Productie, draai- en verlettijden	152

1. Inleiding

Ten behoeve van de bouw van de stormvloedkering Oosterschelde was een verbetering van de holocene grondslag in het tracé van deze kering en langs de randen van de bodembescherming benodigd. Deze werkzaamheden moesten worden uitgevoerd in een tijdsbestek van 3 jaar, te weten van begin 1980 tot en met eind 1982.

In de daaraan voorafgaande jaren is middels praktijkproeven onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden van verschillende technieken van bodemverdichting.

Tevens heeft er een analyse plaatsgevonden van alternatieve constructies waarbij de verdichting kon worden weggelaten.

Deze onderzoeken en analyses hebben tot de conclusie geleid dat om constructieve en financiële redenen, verbetering van de ondergrond het beste plaats kon vinden d.m.v. trilnaald verdichting.

Aangezien er geen bestaand materieel voorhanden was, om een werk van een dergelijke omvang uit te voeren, diende er een apart stuk materieel gebouwd te worden.

Door Rijkswaterstaat en Dosbouw zijn verschillende mogelijkheden ter verwezenlijking van een dergelijk stuk uniek materieel onderzocht.

In eerste instantie is gedacht aan de mogelijkheid, een bestaand vaartuig te gebruiken, dit te wijzigen en te voorzien van de benodigde installaties en apparatuur.

Een mogelijkheid die zich aanbood was hiervoor het blokkenschip "Libra" van CH3 te benutten.

In januari 1975 werd begonnen dit idee verder uit te werken en een ontwerp te maken (zie hoofdstuk 3).

In de loop van de ontwerpfase bleek deze oplossing echter zoveel nadelen te bezitten (onder andere werkbaarheid en exploitatiekosten), dat besloten werd over te gaan tot het ontwerpen van een geheel nieuw vaartuig.

Het nieuwbouwontwerp (zie hoofdstuk 4) bestond uit 2 pontons, die onderling d.m.v. zware krammen verbonden waren; de 10 trilnaalden werden neergelaten door het tussenliggende beun.

Door het wijzigen van meerdere belangrijke ontwerpcriteria is dit ontwerp later ingrijpend gewijzigd en tenslotte is hieruit het ontwerp van de "Mytilus" voortgekomen.

Deze nota behandelt voornamelijk de evaluatie van het verdichtingsschip de Mytilus; met name de werktuigbouwkundige problemen welke tijdens de bedrijfsvoering zijn opgetreden alsmede de hiervoor gevonden oplossingen. Deze evaluatie nota is de tweede deelnota van het totale evaluatierapport over de verdichting van de ondergrond t.p.v. de as van de stormvloedkering. In de eerste deelnota worden voornamelijk de grondmechanische aspecten en het verloop van het verdichtingsproces op zich behandeld.

2. Samenvatting

2.1. Beschrijving Mytilus (figuur 2.1. en 2.2.)

De Mytilus is in 1979 gebouwd op de werf Boele Bolnes. Het verdichtings-schip is opgebouwd uit een deelbaar casco, een portaal en diverse instal-laties. De hoofdmaten van het schip zijn als volgt:

lengte x breedte	: 68,25 x 32,90 m
breedte middenponton	: 18,90 m
holte	: 5,50 m
diepgang	: 2,20 m

De verdichtingsinstallatie bestaat uit een 4-tal in één rij opgestelde trilnaalden met een onderlinge afstand van 6,50 m. Elk van de trilnaalden hangt aan een boven het portaal geplaatste deiningscompensator. De trilnaalden worden tijdens het hijsen en indalen in horizontale zin d.m.v. een onderbalk (t.p.v. de onderzijde) en geleidingskar (t.p.v. de bovenzijde) geleid. De onderbalk is d.m.v. 2 spudpalen in horizontale zin instelbaar verend gefixeerd t.o.v. de ponton en kan vanaf dekniveau neergelaten worden tot ca. 30 m beneden de waterlijn.

De Mytilus is ontworpen voor de volgende hydraulische condities:

	werk randvoorwaarden	storm randvoorwaarden
significante golfhoogte	0,75 m	2,5 m
gem. golfperiode	4 à 5 sec	5 à 6 sec
getij verschil	2 m + tot 2 m - NAP	2 m + tot 2 m - N.A.P.
max. windsnelheid	15 m/sec	32 m/sec
max. stroomsnelheid	2,0 m/sec	2,0 m/sec

Voor een meer gedetailleerde beschrijving van de Mytilus wordt verwezen naar de hoofdstukken 5 en 6.

2.2. De trilnaalden en het verdichtingssysteem

De verdichting van de ondergrond geschiedt d.m.v. trilnaalden (diepte verdichtingssysteem van Hattum en Blankevoort). De trilnaaldconstructie bestaat uit een vibrator met trekkop en adaptor, een schacht en een resonator, welke is voorzien van 12 resonatorbladen (zie figuur 2.3.). Voor een meer gedetailleerde beschrijving wordt verwezen naar hoofdstuk 7.

De vibrator met trekkop en adaptors bevinden zich altijd boven water. De vibrator veroorzaakt verticale trillingen; deze worden via de resonatorbladen door middel van schuifspanningen aan de omringende grondmassa overgedragen. De kinetische energie wordt door de korrels, die elkaar aanstoten, zowel verticaal als horizontaal voortgeplant.

Het in de grondbrengen van de trilnaalden gebeurt d.m.v. water of een waterluchtmengsel via zes t.p.v. de onderkant van de resonator verticaal gerichte spuitmonden (onderspoeling). Tijdens het verdichten is watertoevoer vlak boven de resonatorbladen nodig (bovenspoeling). Het principe van de het verdichtingsproces komt op het volgende neer (figuur 2.4.):

De trilnaald wordt al trillend onder invloed van het eigen gewicht op het gewenste niveau in de zandmassa gebracht, onder toevoeging van water en lucht. Gedurende zekere tijd wordt het trillichaam in werking gehouden op het laagste niveau van de zandmassa waardoor het zand aldaar wordt verdicht. Vervolgens wordt het trillichaam over 1 m' al trillend opgetrokken en wederom gedurende een vastgestelde tijd op het niveau in werking gehouden. Deze procedure wordt herhaald over de gehele hoogte van het te verdichten zandpakket.

2.3. Overzicht tijdens de bedrijfsvoering opgetreden werktuigbouwkundige problemen en de ervoor gevonden oplossingen

Bij de tijdens de bedrijfsvoering opgetreden werktuigbouwkundige problemen kan de volgende onderverdeling worden gemaakt:

- * trekkoppen
 - * vibratoren
 - * adaptors
 - * korte- en lange schachten
 - * resonatoren met punten en nozzles
 - * water- en luchtleidingen
- } — trilnaalden
- * geleidebalk en balklieren
 - * spudpalen
 - * ankerlieren
 - * reparatie voorzieningen aan boord

Onderdeel	Belangrijkste opgetreden problemen	Oplossingen
trekkoppen (hoofdstuk 8.1)	Scheurvorming in de ophangwagen t.p.v. materiaalovergang	Uithollen van de platen t.p.v. de materiaalovergang
vibratoren (hoofdstuk 8.2)	<p>Veel thermische uitval t.g.v. overbelasting van de electromotoren (aanvang verdichtingsproces)</p> <p><u>Electromotoren</u> Het niet tegen de gebruikte olie bestand zijn van het isolatie materiaal om de wikkelingen van de stators</p> <p>Kortere levensduur dan verwacht van de hoofdagers van de vibratorunits</p>	<p>Uitbreiding van het vibratorunit aantal van 2 naar 3 stuks en aanpassing van de slagkracht tot 120 tf (i.p.v. 180 tf)</p> <p>Aanbrengen van een kunstharslaag; hierin traden scheurtjes op waardoor diverse motoren voortijdig moesten worden overhaald</p> <p>Vernieuwen van de lagers</p>
adaptors (hoofdstuk 8.3)	<p>Scheurvorming in het conische gedeelte</p> <p>Scheurvorming in de hoek t.p.v. pijpbevestigingsplaat</p>	<p>Aanbrengen van flinke afronding aan de onderzijde van de steunnokken</p> <p>Wijziging van de constructie van het boven-deel van de adaptor</p>
schachten (hoofdstuk 8.4)	<p>Scheurvorming t.p.v. de steunnokken</p> <p>Scheurvorming in de rondlasnaden</p>	<p>Maken van geleidelijke overgang; toepassen van betere lasmethode</p> <p>Optimalisatie lasmethode, voor- en nabewerking lassen</p>

Onderdeel	Belangrijkste opgetreden problemen	Oplossingen
resonatoren (hoofdstuk 8.5)	Problemen m.b.t. de water- en luchtpijpen, lucht- en jetpijpjes, paspennen, nozzles	Sterk vereenvoudigde gelaste (gesloten) punt; voor details zie hoofdstuk 8.5.)
water- en luchtleidingen (hoofdstuk 8.6)	Losraken van de pijpen t.p.v. de bevestiging in de flensplaten en de rubberen schijven ter fixatie van de pijpen in de schachten	Pijpen vervangen door slangen, waardoor tevens de rubberen schijven vervielen
geleidebalk en balklieren (hoofdstuk 10.2)	Electromotor achterste balklier Zeevasten	Opnieuw gewikkeld Vereenvoudigd door aanbrengen van pneumatische zeevast inrichting
spudpalen (hoofdstuk 10.3)	Het haken van de geleidebalk onder de spuds tijdens het hijsen Haarscheurtjes in de vaste vang van de spudhef installatie	2,5 m inkorten van de doorn van de spudpalen Uitslijpen en lassen
ankerlieren (hoofdstuk 10.4)	Doorgebrande ankerwikkelingen en ingebrande collectoren t.g.v. overbelasting electromoteren Onvoldoende smering van de hoofd-lagers van de lieren	Terugbrengen maximale toerental electromotoren van 1500 naar 1100 Aanbrengen van aparte eigen aandrijving van de vetsmeerapparatuur
reparatievoorzieningen aan boord (hoofdstuk 10.5)	Het te licht uitgevoerd zijn van de verticale hydraulische cilindrs van de zwaibomen	Vervanging van de cilindrs door een zwaarder type

2.4. De toegepaste "trilnaalden filosofie" (hoofdstuk 9)

Bij het ontwerp en de bouw van de Mytilus is steeds als uitgangspunt gehanteerd dat, om optimaal met 4 trilnaalden te kunnen werken, er voor het gehele werk totaal 2 reserve naalden noodzakelijk waren (trilnaald + vibrator).

Eind 1979 en begin 1980 zijn er respectievelijk vermoeiingsonderzoek (TH Eindhoven) en metingen aan de trilnaalden (TNO) uitgevoerd. Op grond van de resultaten van deze onderzoeken werd de levensduur van de trilnaalden geschat op 600 à 800 draaiuren (zogenaamde 1e levensduur voordat scheurvorming optreedt). M.a.w. de 2 beschikbare reservenaalden waren veel te weinig.

In januari 1981 is nagegaan welke maatregelen er voor een optimalisatie van de zogenaamde naaldwaarde (gemiddeld aantal naalden waarmee tegelijkertijd wordt getrild) dienden te worden genomen. Achtereenvolgens werden beschouwd:

- * het benodigd aantal reservenaalden c.q. reserve-onderdelen (onderzoek KEMA)
- * het benodigde preventieve onderhoud (controle-, reparatie en vervangingsfilosofie)

a) Benodigd aantal reserve-onderdelen

M.b.v. de tot 31 december 1980 beschikbare gegevens is m.b.t. de levensduur van respectievelijk de bovenschacht, onderschacht, adaptor, vibrator en resonator de gemiddelde levensduur en de bijbehorende standaardafwijking bepaald.

Vervolgens is door de KEMA een prognose gemaakt omtrent de verschillende levensduren van de bovengenoemde naaldonderdelen. Hierbij is rekening gehouden met de volgende optimalisaties, uitgevoerd t.b.v. het verlengen van de levensduur van de verschillende trilnaaldonderdelen:

boven- en onderschachten

- * verbetering van de lasmethode ter verkrijging van een hogere kwaliteitlassen
- * achterwege laten van de nokken bij de lange schachten
- * ter verkrijging van lagere spanningsconcentraties het vergroten van de wanddikte naar 30 mm (i.p.v. 25 mm)

adaptors

- * het toepassen van een betere boutverbinding tussen het trilblok en de adaptors
- * het aanbrengen van afrondingen ter verkrijging van minder spanningsconcentraties

resonatoren

- * het aanbrengen van verbeteringen aan de resonatorpunt, lucht- en water- toevoerleidingen en de ophangconstructie

vibratoren

- * het inspecteren en eventueel reviseren van de vibrator na 1000-1500 triluren

Op grond van deze totale analyse, is het aantal benodigde reserve-onderdelen per jaar afgeschat.

b) Benodigd preventieve onderhoud

Bij de bepaling van de controlecyclus heeft enerzijds de kans dat een der naalden "faalt" voor het preventieve onderhoud en anderzijds de verlettijd welke optreedt bij het uitwisselen van de naalden (stagnatie in voortgangssnelheid) meegespeeld.

Gezien het voorgaande werd besloten tot de volgende onderhoudscycli:

schachten, adaptor en resonator	inspectie om de 200 draaiuren: uitwisselen, demontage en controle in een werkplaats van de trilnaalden na 800 draaiuren ontmanteling van de trilnaalden: schachten in pijpen en flenzen splitsen, laszones verwijderen en hierna deze delen weer tot schachten samenstellen; resonatoren en adaptors een warmtebehandeling geven en nabewerken
vibratoren	na 1000-1500 volledig doorlichten van de vibratoren

c) Voor de controle getroffen voorzieningen

- * het beschikbaar stellen van voldoende reserve-onderdelen
- * uitbreiding van het aantal naalden parkeerplaatsen op de Mytilus van 2 naar 3
- * inrichting van een reparatiewerkplaats op de wal
- * het aantrekken van gespecialiseerde onderaannemers t.b.v. het lassen en de lascontrole

2.4.1. Opgetreden levensduur van de verschillende naaldonderdelen

onderdeel	totale levensduur (draaiuren)		
	opgetreden	(gemidd.)	gemiddelde prognose
korte schacht	1100-2500	1720	1800
lange schacht	1200-2100	1710	1800
resonatoren	1000-1900	1625	1800
adaptors	tot 1-7-82 ca. 3000		

Uit de tabel blijkt dat de in de vervangingsfilosofie aangenomen totale levensduur in het algemeen vrij redelijk overeenkomt met de opgetreden totale levensduur. Een uitzondering zijn de adaptors, welke langer zijn meegegaan dan werd verwacht.

2.5. Productie, draai- en verlettijden (hoofdstuk 11)

Voor een meer uitgebreide evaluatie van de bedrijfsgrootheden wordt verwezen naar de evaluatienota verdichten as. In deze nota wordt slechts een korte beschouwing gegeven.

jaar	Procentuele diensturen verdeling			
	indalen + verdichten	verhalen, spud, balk, etc.	reparatie en wisselen naalden	onwerkbaar weer en machinerep.
1980	55,8	13,4	6,4	24,4
1981	58,8	15,4	3,9	21,9
1982 (t/m week 34)	47,8	19,7	1,4	31,1

De in 1982 opgetreden daling van het percentage verdichtings- en indaalluren is het gevolg geweest van:

- * het meer verkassen van de ene naar andere locatie t.g.v. prioriteiten andere uitvoeringshandelingen
- * het voornamelijk in de Roompot verdichten met verlengde naalden en grotere stroomsnelheden (meer verlet t.g.v. te grote stroomsnelheden)

De invloed van de uitgevoerde reparatie-, vervangings- en controlefilosofie is duidelijk waarneembaar bij het aflopende percentage m.b.t. reparatie en wisselen naalden.

2.5. Eindoordeel

In het algemeen kan worden gesteld dat het verdichtingsschip Mytilus redelijk aan de verwachtingen heeft voldaan. Gedurende het eerste jaar van de bedrijfsvoering zijn aanloopmoeilijkheden opgetreden, met name bij de trilnaalden. Gedurende de ontwerpfase was vrij weinig bekend omtrent de levensduur van de verschillende trilnaaldonderdelen, met name het gedrag hiervan onder dynamische belasting.

Gezien de ondervonden moeilijkheden kan worden gesteld dat in de ontwerpfase omtrent de levensduur vrij optimistische uitgangspunten zijn gehanteerd.

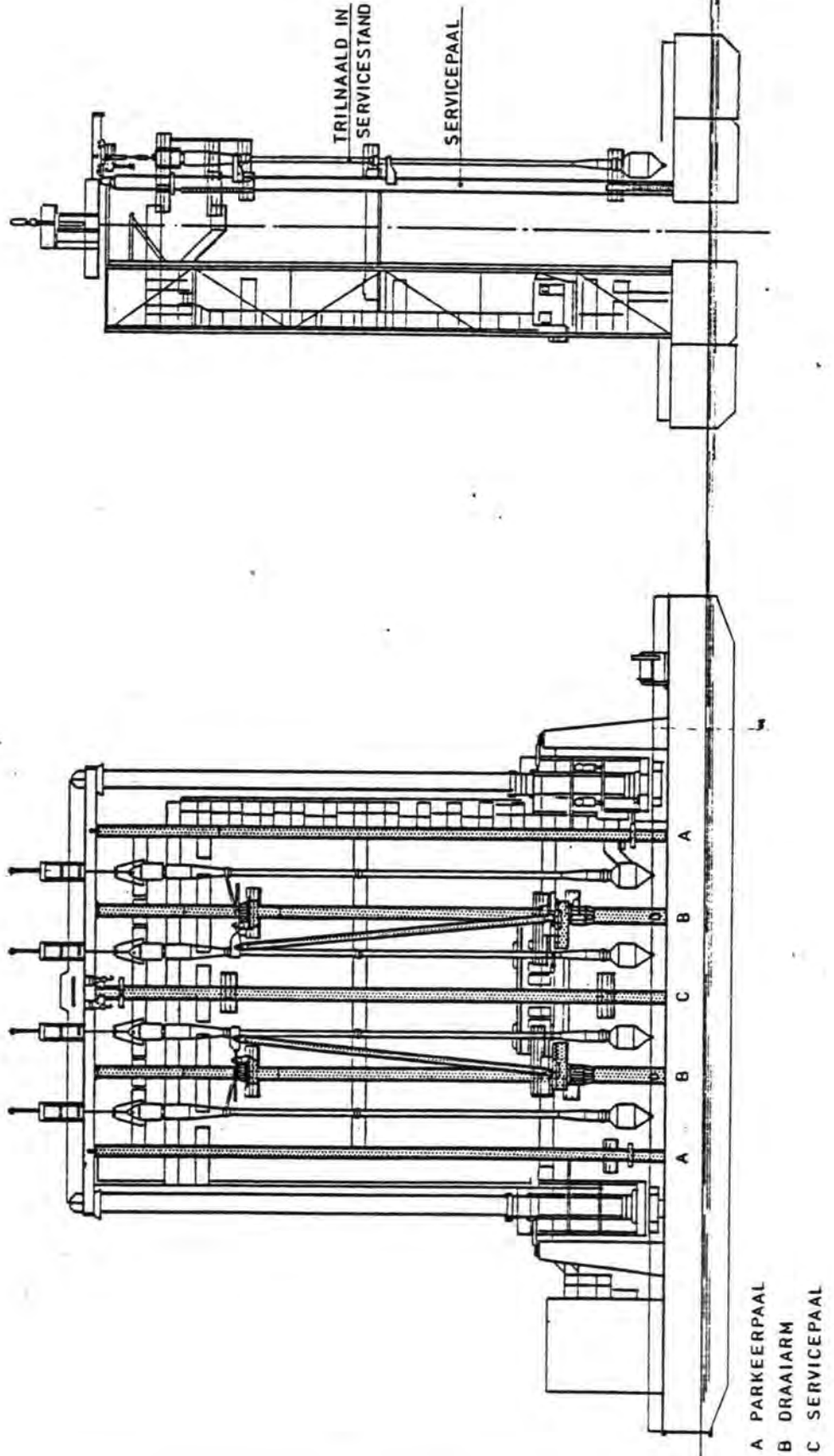
Door het werken met de Mytilus is veel nieuwe ervaring en know-how opgedaan:

- * De ontwikkeling van het trilsysteem voor Oosterschelde-omstandigheden
 - grootschaligheid
 - het tegelijk met 4 naalden verdichten
 - de belasting van de naalden bij werken in grote waterdiepten (30 m) en onder getijomstandigheden

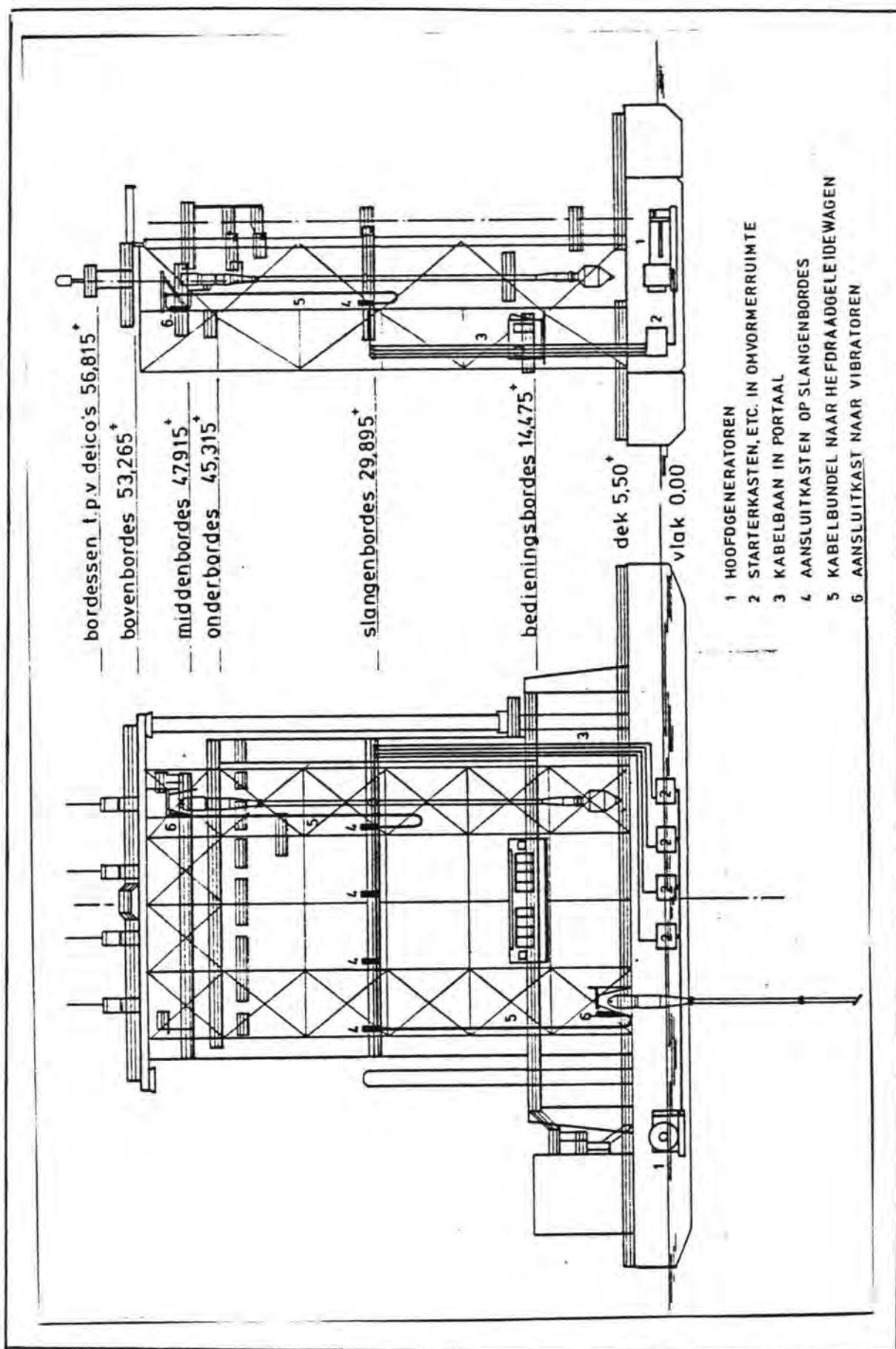
- * Inzicht in de slijtage-aspecten van de schachten, resonatoren, adaptors en vibratoren.
 - filosofie m.b.t. het benodigd aantal reserve-onderdelen als functie van het aantal draaiuren
 - preventieve onderhoud
 - benodigdheden reparatiewerkplaats

- * Wijze waarop moet worden verdicht teneinde een bepaalde verdichtingsgraad te bereiken.
 - toe te passen procesvoering in de verschillende zandsorten
 - systeem van lucht- en watertoevoer
 - verdichtingsgraad als functie van respectievelijk de horizontale stapafstand, procesvoering en grondsoort (fijn- en grof zand, schelp- en slibhoudend zand)

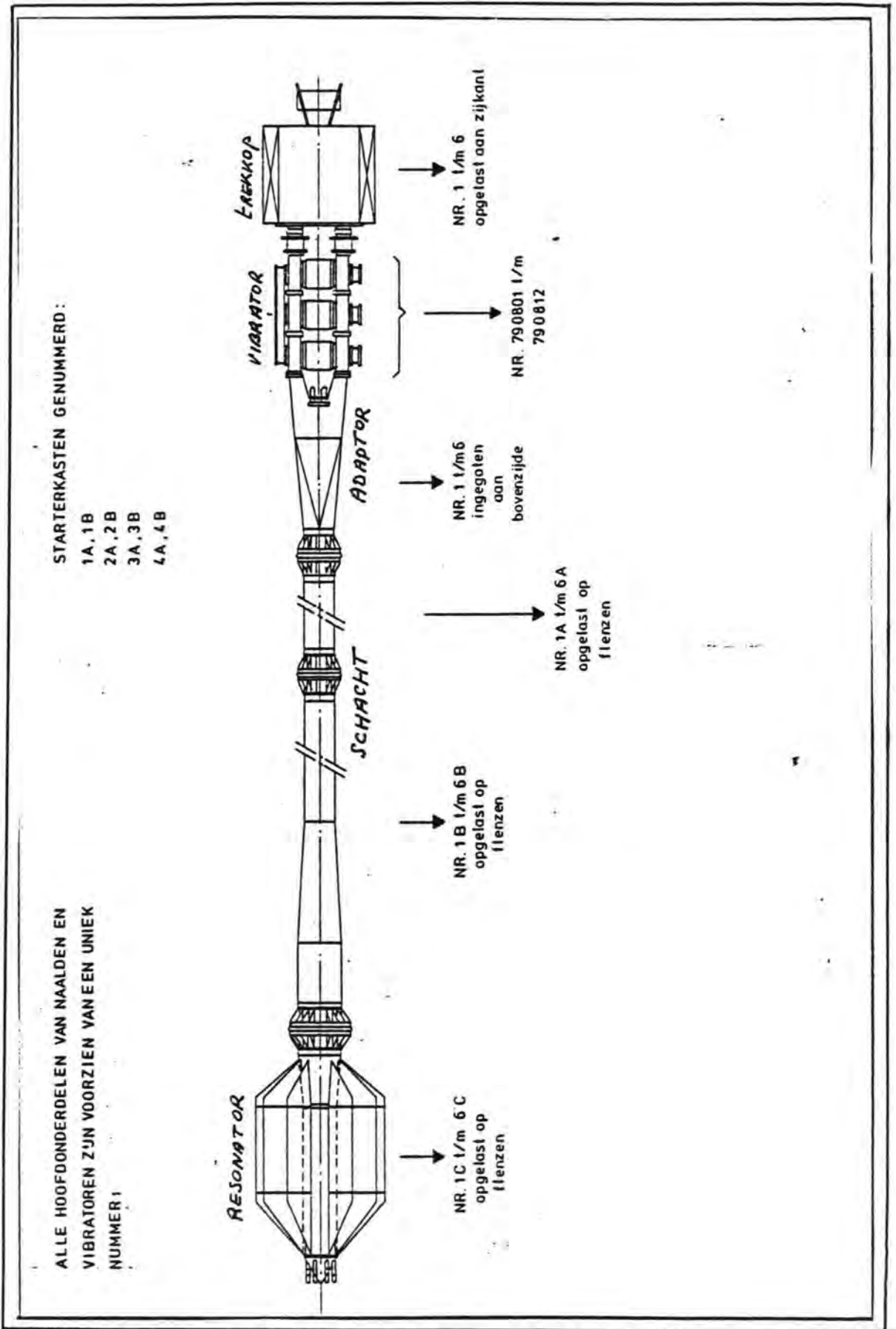
- * In het algemeen kan worden gesteld dat door het werken met de Mytilus het inzicht in de mogelijkheden met het toegepaste verdichtingssysteem (zowel op het land als te water toepasbaar) zijn vergroot.



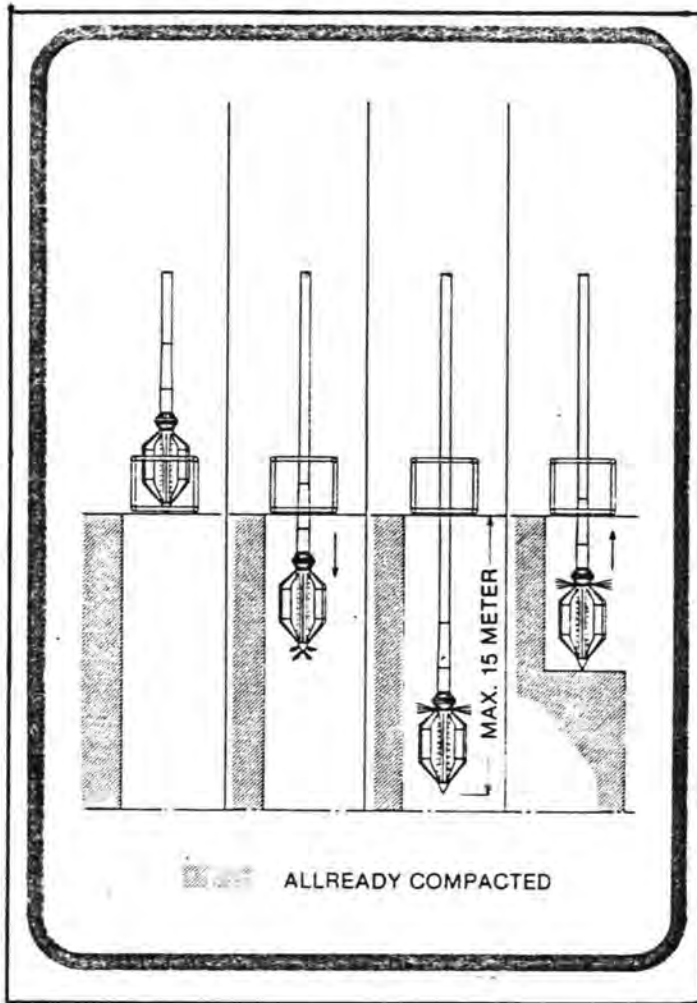
Figuur 2.1



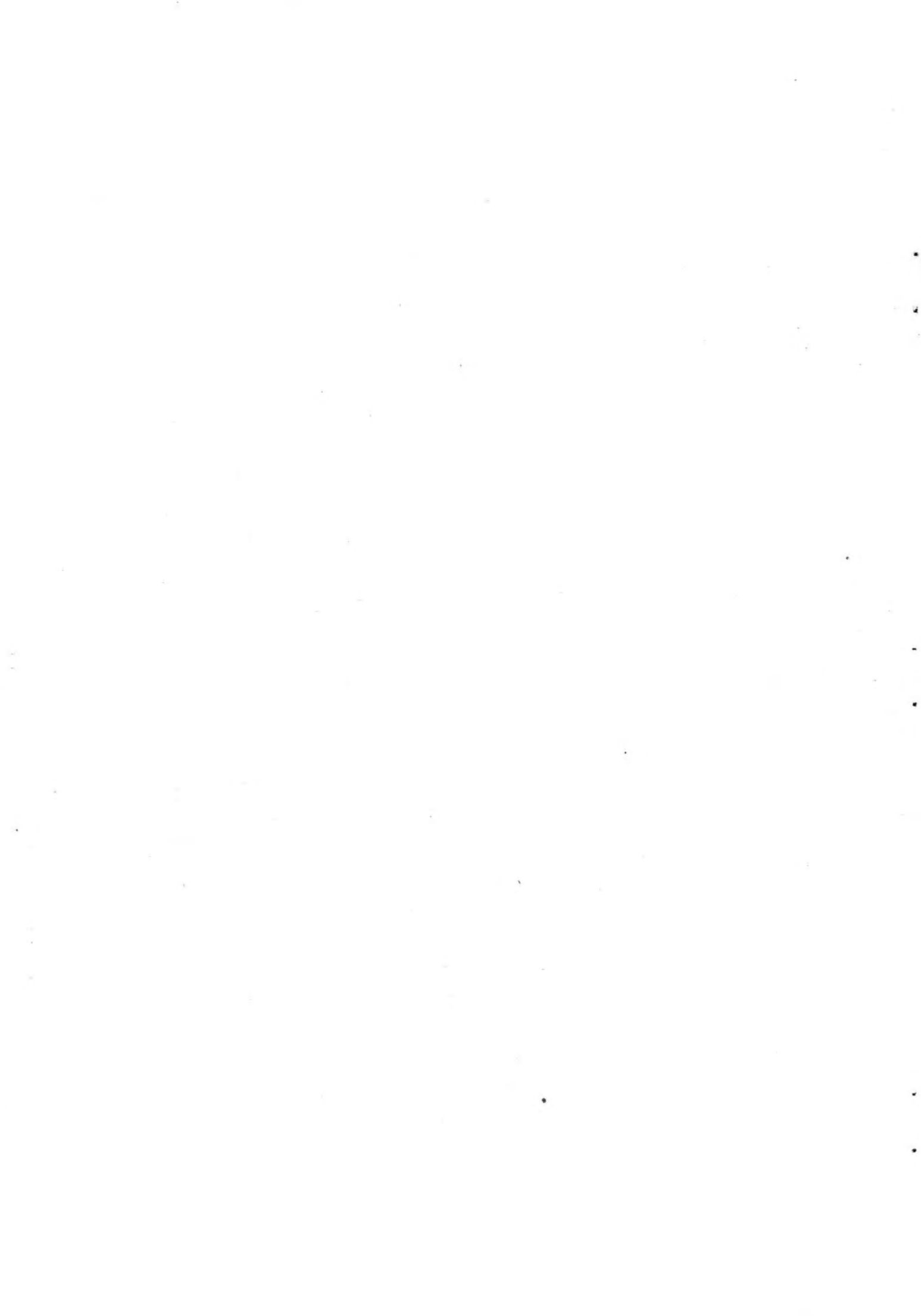
Figuur 2.2



Figuur 2.3



Figuur 2.4



3. Ontwerp "Libra"

(uitvoering met 8 trilnaalden en kiftoevoeging installatie)

Gegevens casco: lengte : 75,0 m' (zie figuur 3.1.)
breedte : 20,2 m'
holte : 5,35 m'
diepgang : 4,08 m'

De Libra is een zogenaamd blokkenschip, indertijd gebouwd voor de aanleg van de havenmonden bij Hoek van Holland.

Om de Libra geschikt te maken voor de verdichtingswerkzaamheden moest er een ingrijpende ombouw plaats vinden.

3.1. Kenmerken ontwerp

Het ontwerp heeft de volgende kenmerken:

- blokkenschip Libra wordt ontdaan van bok, contra gewicht en blokvoorzieningen;
- bok van 30 m breed en 22 m hoog wordt op middensectie gebouwd;
- 8 trilnaalden (100-150 KVA nominaal) worden via deining compensatoren in deze bok gehangen, onderlinge afstand 4,0 m';
- max. deining demperkracht 50 t. per naald in verband met trekken van de trilnaald;
- trilnaald-geleiding door onderbalk opgehangen in 6 draden en met 4 hydraulische vijzels horizontaal instelbaar op de grond;
- vibratoren in principe boven water;
- trilnaalden afhankelijk van waterdiepte in lengte te variëren van 25,5 tot 39,5 m door middel van secties voorzien van snelkoppelingen;
- trilnaald voorzien van 12 radiaal geplaatste vinnen met vertande ge"hardface"te kanten;
- trilnaald voorzien van 3 spuitmonden + luchtinjectie;
- trilnaald voorzien van voetklep in verband met kiftoevoer;
- ponton Libra te koppelen met elevatorbak ten behoeve van stabiliteit (en kifopslag).

Totale pontonafmetingen 79 x 35 x 3,75 m;

- kifopslag tot 1000 ton aan te voeren met zelflossende beunschepen (voorraad voor 2 dagen);
- kiftransport door middel van schroefvijzels;
- energievoorziening trilnaalden door middel van 2 x 650 KVA generatoren (50 Hz)

Reserve: 1 boordgenerator 400 KVA (60 Hz) ombouwtijd ca. 4 uur;

- aanloop-vermogen per trilnaald 200-250 KVA; daarom opstarten in groepen;
- positionering van het ponton via lieren (reeds bestaand);
- plaatsbepaling verdichtingspatroon op 30 cm nauwkeurig vereist
- positionering onderbalk van ponton te regelen met behulp van 6 ophangdraden;
- effectiviteit van batterij van 8 naalden wordt bepaald door het falen van 1 naald (verwisseling betekent stoppen voor de resterende 7); Twee reserve trilnaalden stand-by;
- proces besturing wordt, waar mogelijk, geautomatiseerd.

3.2. Werkwijze:

a) Voor anker gaan

Het schip is uitgerust met 6 lieren met ca. 800 m' draad op de trommel en 6 ankers à 3.000 kg. De aanwezige voortstuwing door middel van 2 V.S.P.'s blijft geheel in tact.

Nadat het schip op zijn ankers gesteld is, worden voorbereidingen getroffen voor het verdichten.

b) Vorbereidingen voor het verdichten

- Onderbalk + verdichtingselementen worden gelijktijdig gevierd tot de balk vlak boven de bodem hangt.
 - Tegelijkertijd wordt met het plaatsbepalingssysteem het schip en daarmee gecombineerd de onderbalk + verdichtingselementen precies ingemeten. De onderbalk wordt pas aan de grond gezet als de positie van de verdichtingselementen goed is.
- "Aan de grond zetten" betekent dat de poten de bodem raken en door middel van inclinometers de onderbalk horizontaal gesteld worden.

c) Aanvang verdichtingsproces

- Vibrators worden gestart.
- Waterspoeling, zowel onder als boven, wordt aangezet.
- Luchttoevoer bij de onderspuitmonden wordt eveneens aangezet.
- Verdichtingselementen zakken door middel van draadlengtemeting tot de gewenste diepte.
- Reeds na 3 m' indalen wordt de luchttoevoer afgesloten.

- Op de maximum diepte wordt de watertoevoer van de onderste spuitmonden afgesloten.
- Kifdosering kan plaatsvinden. Vullingsgraad is afhankelijk van de diepte, instelbaar. Ondertussen wordt met de verdichtingscyclus begonnen.
- Tijdsduur van het verdichten wordt afhankelijk van de energietoename bepaald.
Bij een energietoename wordt commando gegeven dat het verdichtingselement 1 m' gehesen kan worden. Wordt echter geen voldoende energietoename bereikt, dan wordt tot 2 x toe automatisch een bovenwater injectie gegeven. Indien noodzakelijk, kan verder op handbediening water worden bijgevoegd of verdichtingselement op en neer worden bewogen.
- Op bovengeschetste wijze wordt de afstand van het diepste punt tot bodemniveau in stappen van 1 m' afgewerkt.
- Wanneer het verdichtingselement uit de bodem komt, worden de vibrator en de waterhuishouding gestopt.
- Onderbalk + verdichtingselementen worden een aantal meters gelijktijdig opgehesen. Einde cyclus.

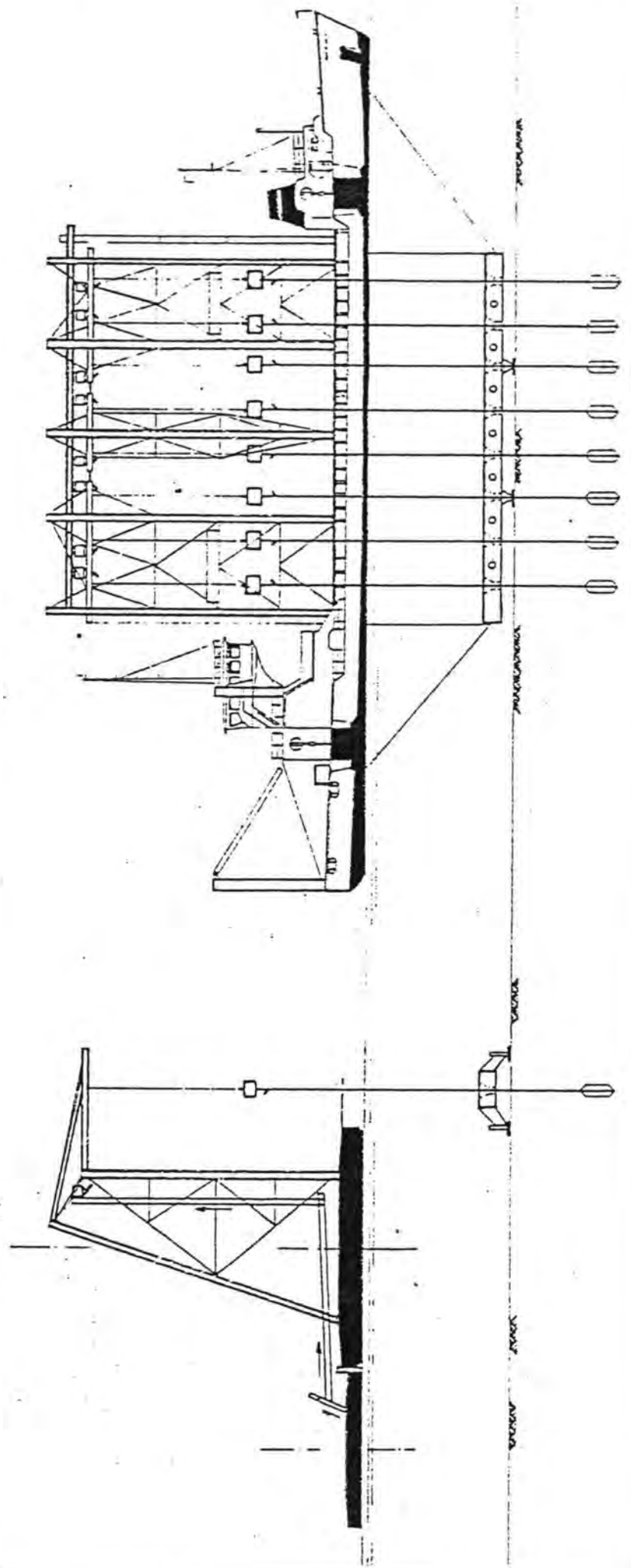
- Schip gereed voor verhalen naar een volgende raai.

3.3. Nadelen ontwerp

Het Libra ontwerp had diverse nadelen:

- ombouwkosten hoog
- Libra moest na einde werk weer in oude toestand teruggebracht worden
- geen of zeer lage restwaarde na einde werk
- volgens onderzoek NSP bedraagt toelaatbare significante golfhoogte $H_S = 50$ cm, hierdoor $\pm 18\%$ uitval door onwerkbaar weer
- verdichten moest over de zij geschieden, daardoor moest het schip in bepaalde werklocaties 180° gedraaid worden
- geen spudpalen voor geleidebalk in ontwerp voorzien, daardoor moeilijkere positionering van de balk
- extra zijponton nodig ter verkrijging van voldoende stabiliteit en opslagruimte voor kif
- algemene werkbaarheid slecht door vele compromi-constructies
- exploitatiekosten hoger als nieuwbouwschip

LIBRA MET ZIJPONTON EN
VERDICHTINGSINSTALLATIE



Figuur 3.1.

4. Ontwerp nieuwbouw ponton

(uitvoering met 10 trilnaalden en kiftoevoeging installatie)

Gegevens casco: 2 pontons, elk 72 x 17 x 5,5 m.

Voor en achter gekoppeld door 2 zware kraanconstructies.

lengte : 72 m' (zie figuur 4.1. en 4.2)

breedte : 42 m'

holte : 5,5 m'

diepgang : 2,5 m'

beunbreedte : 8,0 m'

beunlengte : 58,5 m'

4.1. Beschrijving ponton

Boven het beun is een grote bokconstructie geplaatst waarin de 10 trilnaalden op instelbare onderlinge afstand (3,5-5,0 m') door middel van naaldhijslieren en deiningscompensatoren worden opgehangen. Verder zijn in deze bok aangebracht:

- bedieningshuis
- monorail met 35 tons takel
- kraanbaan - 5 ton - boven trilnaaldhieren
- monorail - 5 ton - boven omvormer/trafostarter platformen
- platformen voor omvormers en trafostarter
- platform voor kifbunkers met verrijdbare transportband

Voor de geleiding van de trilnaalden is een geleidebalk aanwezig die onafhankelijk van de naalden in het beun opgehesen kan worden. Deze balk is via 2 uithouderpalen in horizontale zin gefixeerd en kan tot ca. 16 m' beneden de W.L. neergelaten worden. Tevens kan de balk verticaal gericht en in schuine stand gezet worden door middel van de uithouderpalen en hydraulische cylinders.

T.b.v. het positioneren is het werktuig voorzien van 2 zware 3-trommelhieren met een nominale trekkracht van 40 ton en maximaal 80 ton per trommel. De maximaal houdkracht per trommel bedraagt 120 ton. De inhaalsnelheid is 6 m'/minuut.

De draadlengte en diameter bedraagt respectievelijk 1.000 m' en 46 mm. De ankers hebben een gewicht van 6 ton en 120 ton houdkracht.

De energievoorziening geschiedt door:

- 3 Diesel-generatorsets, elk 600 kW
- 2 Diesel-generatorsets, elk 300 kW
- 1 Diesel-generatorset, ca. 30 kW

Tevens is plaats gereserveerd voor een eventueel te plaatsen vierde 600 kW aggregaat.

4.2. Werkwijze verdichting

De verdichting wordt bereikt door middel van 10 trilnaalden

- Minimale bodemdiepte 13 m'-N.A.P.
- Maximale verdichtingsdiepte 20 m' met als onderbegrenzing 35 m'-N.A.P.
- Toelaatbaar bodemtalud 1:10 (over 10 naalden)
- Het gemaakte gat moet opgevuld worden met kif (kifpalen)

De trilnaalden zijn uitgevoerd met:

- Spoelwater en jetlucht inrichting
- Klok met luchtkoeling over de vibrator
- Trechter, slang, afsluiter en klep voor grind
- Voldoende ruimte om grind op te slaan voor 1 cyclus

De vibrator heeft een verticale slagkracht van 60 ton en de toepasbare frequenties zijn 25 en 50 Hz.

De naaldlieren zijn uitgelegd voor een maximale hefkracht van 60 ton aan het hijsblok (4 x ingeschoren) en een maximale snelheid van 9 m'/minuut.

Ten behoeve van het bij het verdichten benodigde kif zijn kifopslag en kiftransport inrichtingen aangebracht.

- Losinstallatie voor 900 m³ in 14-18 uur
- Hoofdbunker 600 m³, waarvan 350-400 m³ op passieve wijze naar 1 centraal punt stroomt
- Trilgoot onder hoofdbunker 10-90 m³/uur
- Elevator met regelbare capaciteit - hoogte ca. 20 m'
- Twee doseerbunkers ca. 5 m³ met afsluiter en wisselklep
- Horizontaal verrijdbare transportband 120-130 m³/hr. om de 10 naaldbunkertjes te vullen
- 10 naaldbunkertjes met afsluiter en hydraulisch verticaal beweegbare stortgoot

Ter controle van de verdichtingswerkzaamheden, is overwogen een sondeerinstallatie met een 40 tons sondeerkraan aan boord te plaatsen.

4.3. Ontwerpwijziging

Omdat zich na de opzet van het oorspronkelijke nieuwbouw ontwerp nog diverse ontwerp criteria wijzigden, is een hierzien ontwerp gemaakt waaruit de bouw van de "Mytilus" voortvloeide.

Deze wijzigingen bestonden in hoofdzaak uit:

- a) De toevoeging van kif ten behoeve van het verdichtingsproces kon vervallen.
- b) De naalden werden verzwaard, de slagkracht werd van 60 ton op 120 ton gebracht.

Hierdoor: - minder naalden nodig, aantal uiteindelijk gereduceerd tot 4 stuks.

- minder plaats nodig.

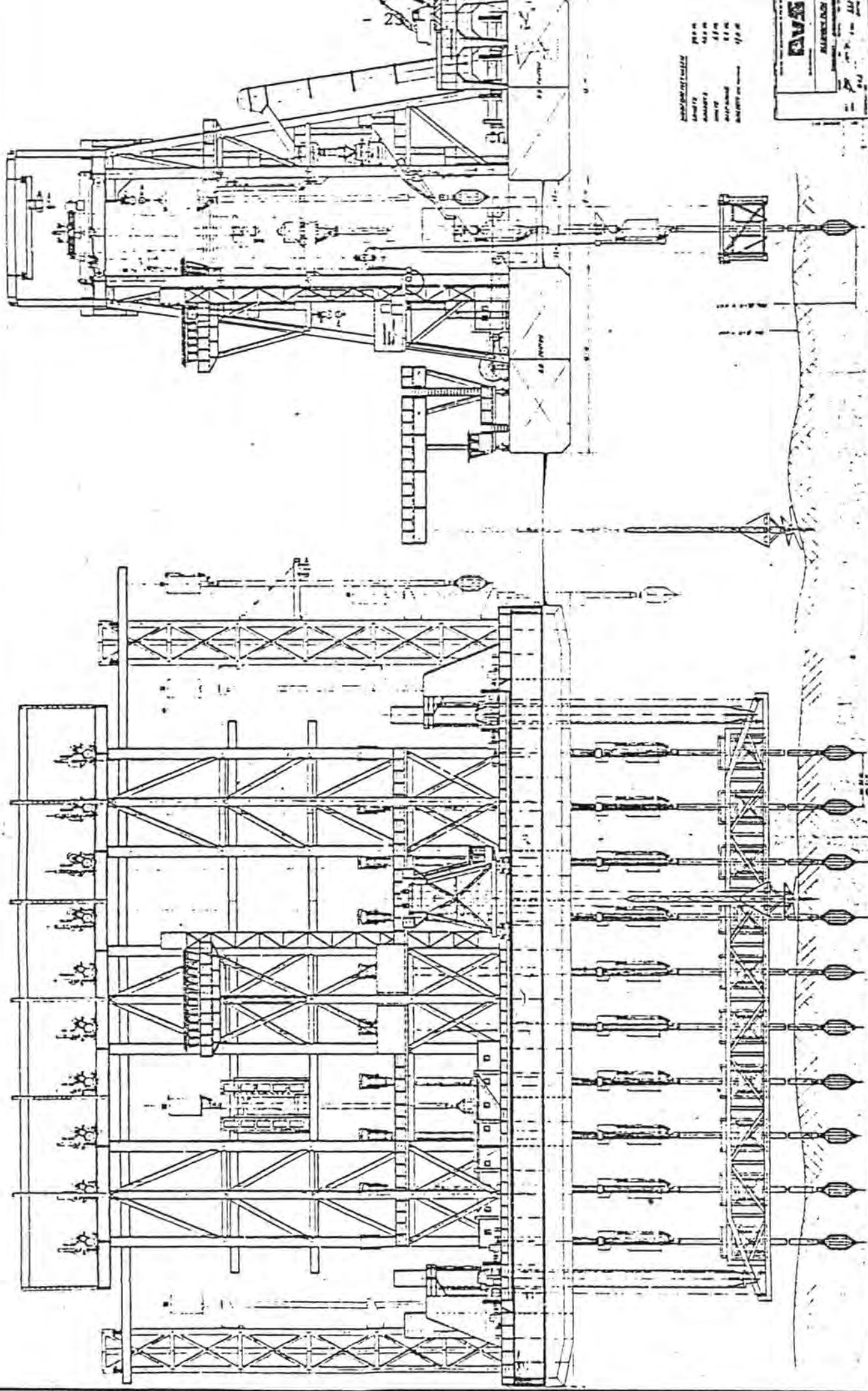
- minder kans op storingen.

- c) In verband met het transporteren van het vaartuig door sluizen en vaarwegen van beperkte breedte diende indien mogelijk de maximale transportbreedte gereduceerd te worden.

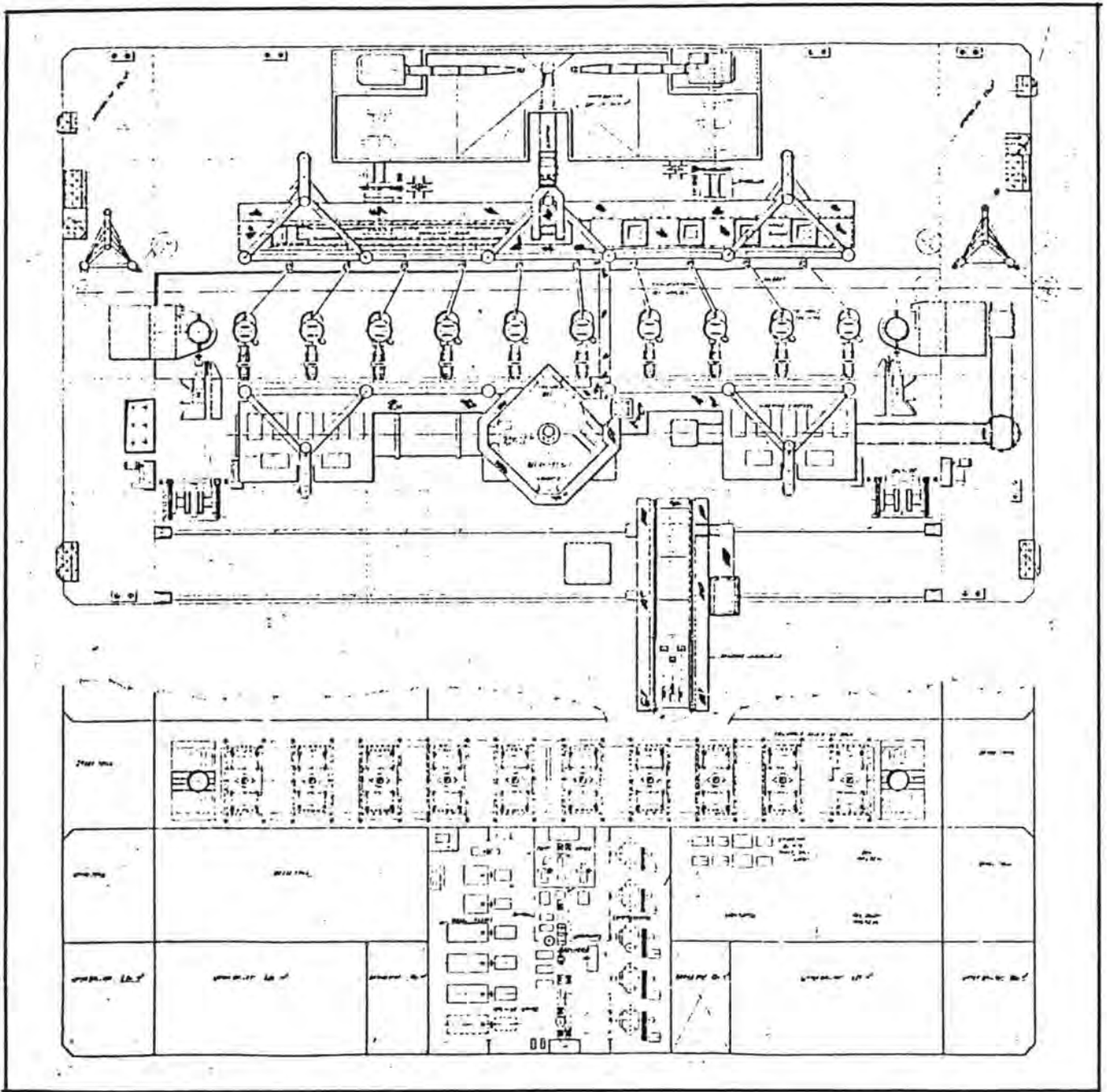
Hierdoor ontstond de pontonopbouw zoals bij de Mytilus uitgevoerd is.

- d) In verband met de sterke vermindering van de variatie van het geladen gewicht (kif verviel) werd het ballastsysteem van de ponton vereenvoudigd.

PROJECT NO. 100-100
 SHEET NO. 100-100-1
 DATE: 1/1/00



Figuur 4.1.



Figuur 4.2.

5. Het toegepaste verdichtingssysteem

Voor het verdichten van de ondergrond is het diepteverdichtingssysteem m.b.v. trilnaalden van Van Hattum en Blankevoort toegepast.

De trilnaalden waren als volgt opgebouwd:

- trekkop met veren (schokdemper) pakket
- vibratorgedeelte
- schacht
- resonatorgedeelte met bladen, onderspoeling via nozzles aan de punt en bovenspoeling aan de zijkant van de resonatorschacht tussen de bladen.

5.1. Uitgevoerde proeven t.b.v. trilnaalden modificaties

Medio 1977 zijn diverse proeven uitgevoerd, "in den droge" en "in den natte", terverkrijging van voldoende gegevens om de trilnaalden voor het verdichtingsschip te kunnen ontwerpen.

Metingen en beproevingen ten aanzien van de volgende hoofdpunten zijn uitgevoerd (zie ook figuren 5.1. t/m 5.6.):

- a) vermogensmetingen met een HV-60 en een HV-120 vibrator bij respectievelijk indalen, verdichten en trekken.
- b) meting van de trekkracht bij HV-60 en HV-120 vibratoren.
- c) snelheden van indalen, verdichten en trekken bij HV-60 en HV-120 vibratoren.
- d)- amplitudemetingen
 - water- en luchtdebietmetingen
- e) kif verbruikmetingen
- f) werking vibratoren in een klok onder water (koeling).
- g) dynamische rekmetingen.
- h) kifafsluiter
- i) nozzles.

Daarnaast zijn nog grondmechanische metingen verricht t.b.v. de verdichtingskwaliteit.

De resultaten van voornoemde metingen zijn tevens gebruikt voor de dimensionering van de verschillende installaties, zoals pompen, compressoren, naaldlieren, electr. installatie e.d. aan boord van het te bouwen verdichtingsschip.

Aangezien de later uit te voeren verdichtingswerkzaamheden onder water plaats moesten vinden en teneinde de lengte van de naaldschacht te beperken, is voor het vibratorgedeelte van de proeftrilnaald een klok geconstrueerd met luchttoevoer.

De luchttoevoer moest zorgen voor:

- verdringing van het water uit de klok, waarin de vibrator geplaatst is.
- koeling van de vibrator units (o.a. electromotoren).
- gewicht van klok deed dienst als contraballast.

Deze constructie heeft in principe goed voldaan. Er moest rekening worden gehouden met de volgende punten voor het toekomstig uit te voeren ontwerp.

- zorgen voor voldoende luchttoevoer met niet te hoge temperatuur.
- zorgen voor voldoende luchtcirculatie in de klok.
- zorgen voor voldoende bereikbaarheid van de vibrator.
- zorgen voor gemakkelijke de- en montagegemogelijkheid van de klok.

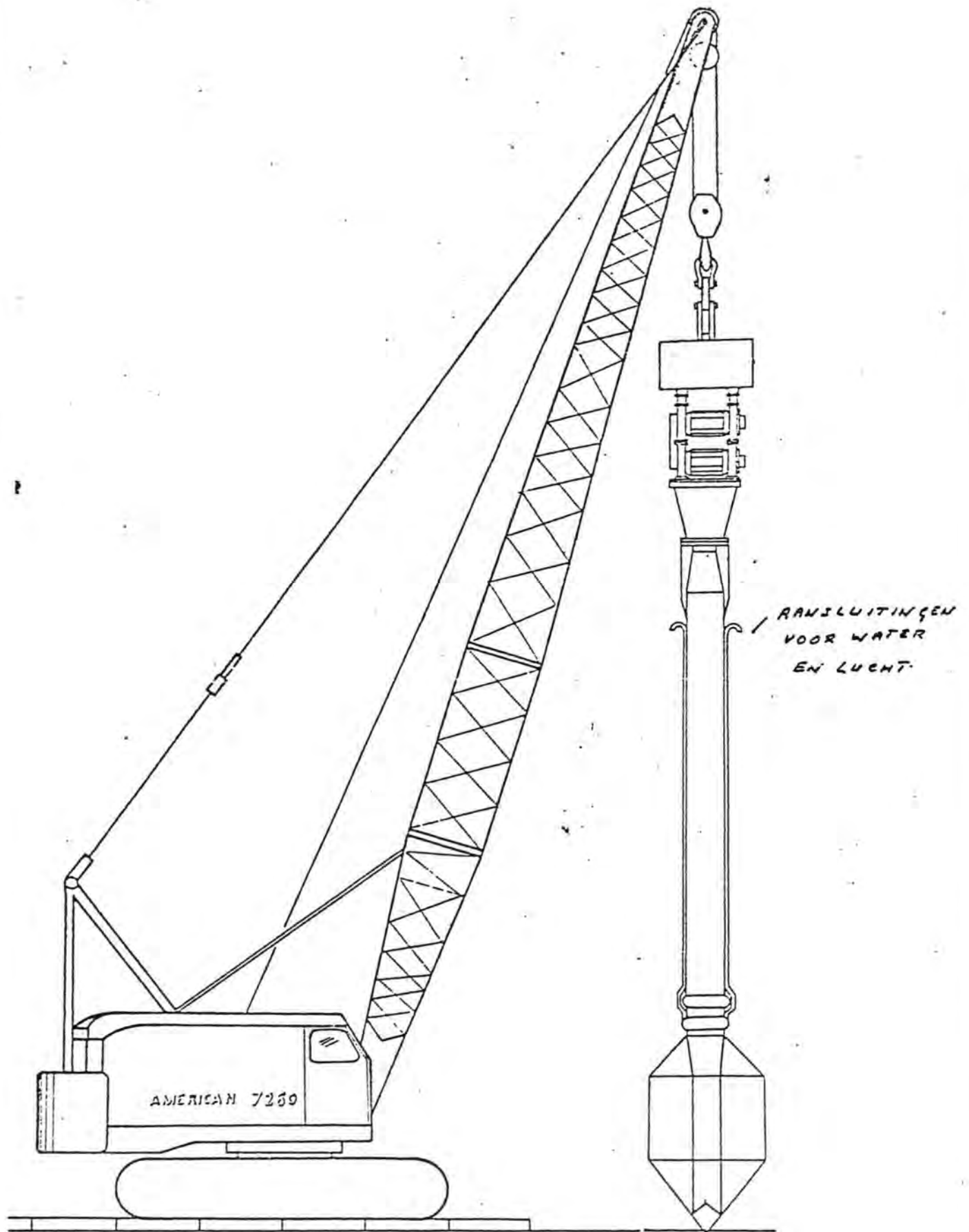
Bij de beproeving van de trilnaald zijn de volgende constructieve aspecten naar voren gekomen:

- 1) De constructie van de kifafsluiter - rubber opblaasbaar element - leverde problemen op; het rubber raakte defect.
- 2) De kifklep - onderaan de resonator - raakte defect en brak af. Tevens is de mate van opening tijdens trekken van de trilnaald niet te controleren.
- 3) De vibrator was direct op de schacht geplaatst. De flens was door middel van versterkingsknieën aan de schacht gelast. In de schacht trad ter plaatse van de knieën scheurvorming op. Aan de hand van spanningsmetingen is door T.N.O. geadviseerd een adaptor als overgang tussen vibrator en schacht toe te passen.
- 4) De toegepaste nozzles met rubber ventiel raakten defect en verstopt. De later toegepaste uitvoering, klepjes met veer, zijn te kort beproefd om te beoordelen.
- 5) Het aantal nozzles is vergroot van 3 naar 6 om voldoende capaciteit te leveren voor een redelijke indaalsnelheid.
- 6) De electro motoren raakten diverse malen overbelast en werden door de thermische beveiliging uitgeschakeld.
- 7) Bij de HV-120 uitvoering is het voorgekomen dat de riemoverbrenging voor de koppeling van de 2 units doorgeslipt is, waardoor de totale slagkracht verminderde (kleinere amplitude), daar de 2 units uit fase gingen lopen.

Voordat het definitieve ontwerp van de trilnaalden tot stand komen, werden enkele ontwerp-criteria gewijzigd:

- De toevoeging van kif voor het verdichtingsproces kon vervallen.
- Doordat de eis gesteld werd dat er naast de onder-geleiding van de trilnaald door middel van een geleidebalk, eveneens een bovengeleiding aangebracht moest worden (geleidewagentje), moesten de trilnaalden dusdanig verlengd worden dat het vibratorgedeelte boven water bleef. Hierdoor kon de "klok" vervallen.
- Door het vervallen van de kiftoevoer via de trilnaalden konden de waterspoeling en jetluchtpijpen in de schacht en niet meer er buiten aangebracht worden.
- Aangezien de geplaatste matten ter plaatse van de pijlers in het verdichtingsgebied weggebaggerd zijn, kon het zaagtandprofiel aan de resonatorbladen vervallen.

Dit zaagtrandprofiel was noodzakelijk om de trilnaald als het ware door de matten heen te laten snijden.

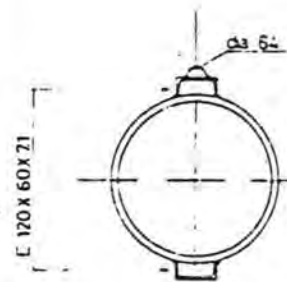


PROEF OPSTELLING MET KRAAN.

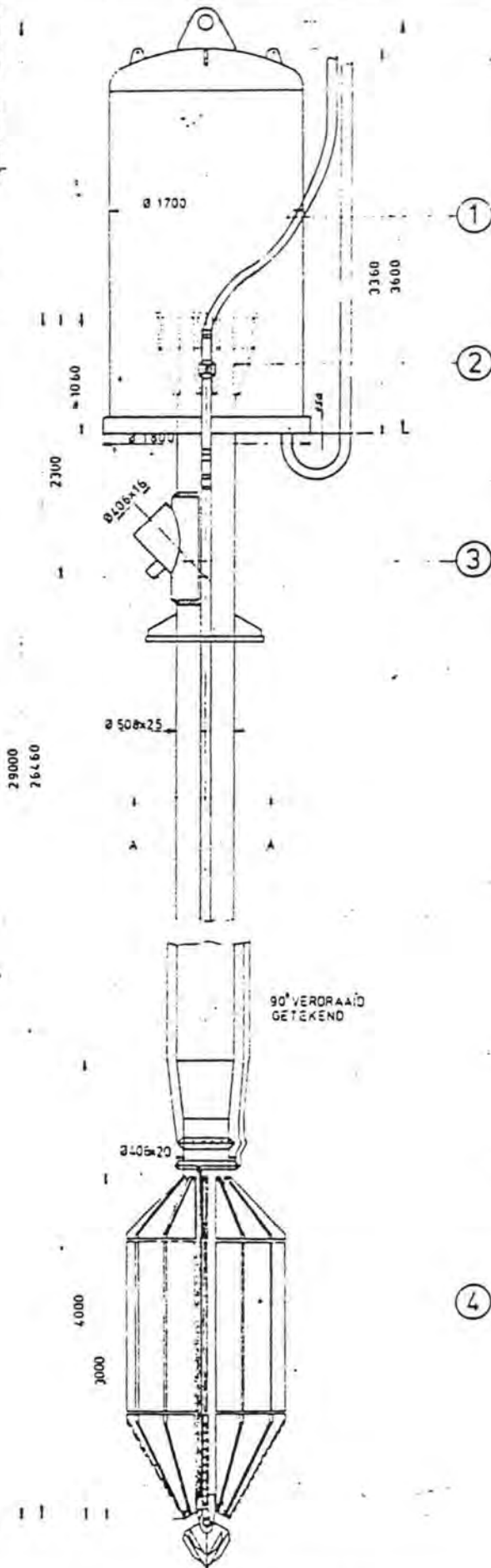
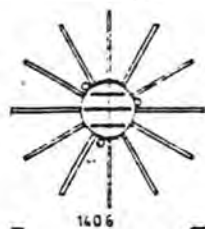
Figuur 5.1.

GEWICHTEN	
VERDICHTINGSNAALD LG 26.46M	= 10155 KG
PER METER VERLENGING EXTRA 339.5 KG/M	
VERDICHTINGSGEDEELTE LG 4M	= 2600 KG
VIBRATOR	5000 KG
KLOK	5100 KG
BALLAST	4654 KG

1	VIBRATOR MET KLOK	TEK. HERA
2	KOP VERDICHTINGSNAALD	TEK. NO
3	VUL OPENING	TEK. NO
4	ONDERZ'JOE NAALD	TEK. NO



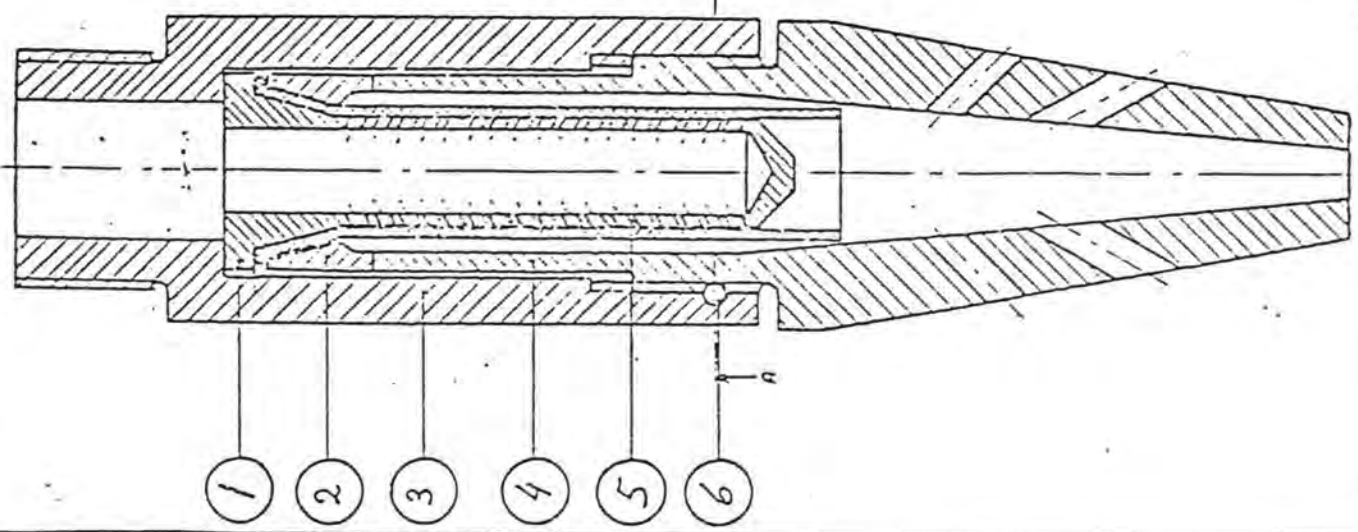
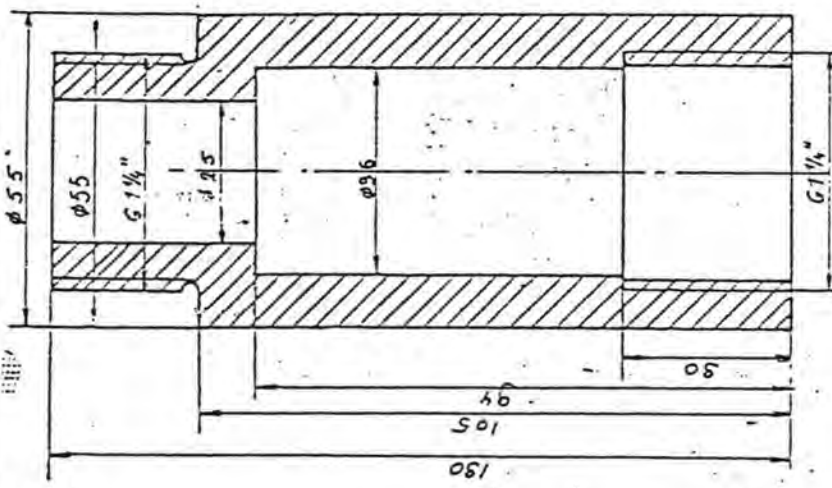
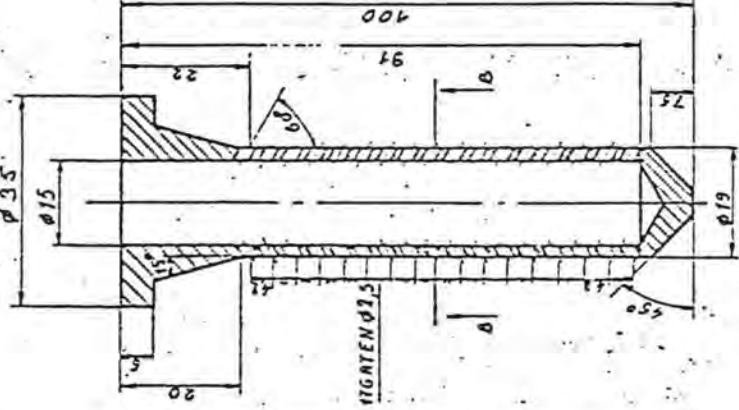
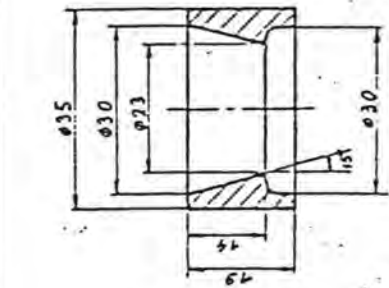
DOORSNEDEN A-A



STEVIN CONSTRUCTION B.V. Volsierweg 10 Postbus 3 Beverwijk Tel. 02510-20971 Tele. 41713	
OOSTERSCHELDE	
VERDICHTINGSNAALD MET KLOK	
Afschaf. 1:25 / 1:10 projectant: D. KOOIJMAN afdeling: 257/75	Tek. nr. 44 tekening: 257/75 tekening:

Figuur 5.2.

MATERIAAL: RVST 316

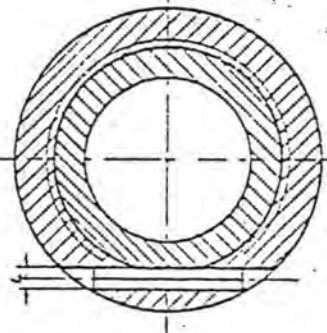
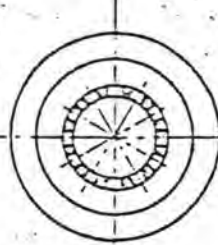


6	2	SPANSTIFT Ø 4	26
5	1	RUBBERSLANG	≈ 100
4	1	SPIJTMOND	130
3	1	VERBINDINGSSTUK	19
2	1	DRUKSTUK	100
1	1	HULS	
POS	MM	OMSCHRIJVING	LENGTE
			OPM.

Stevin Beton en Waterbouw B.V.
 Volkerak 10 Postbus 3 Dordrecht Tel. 03110-28011 Telex 41181

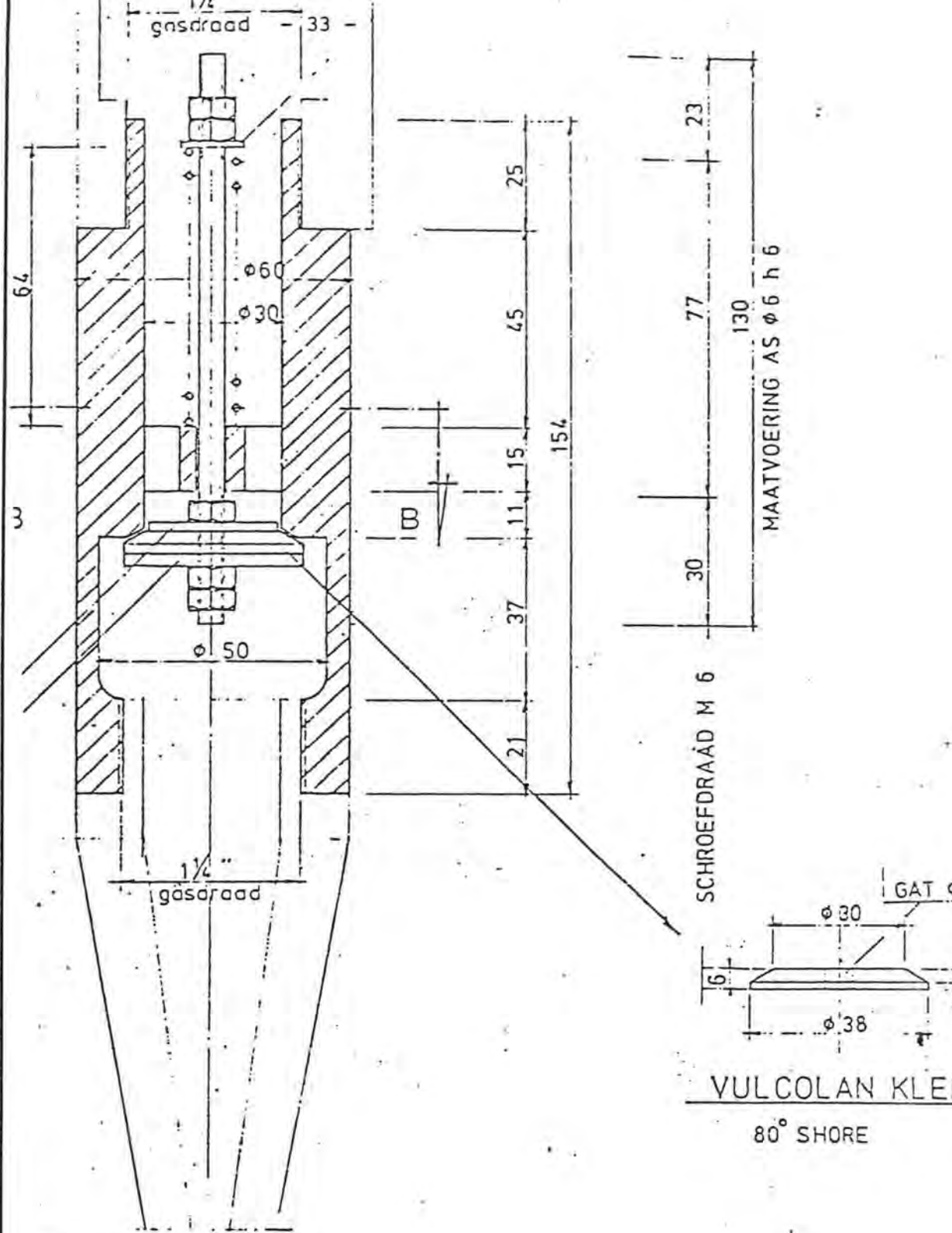
GRONDVERDICHTING OOSTERSCHELDE

SPLIJTMOND MET TERUGSLAG

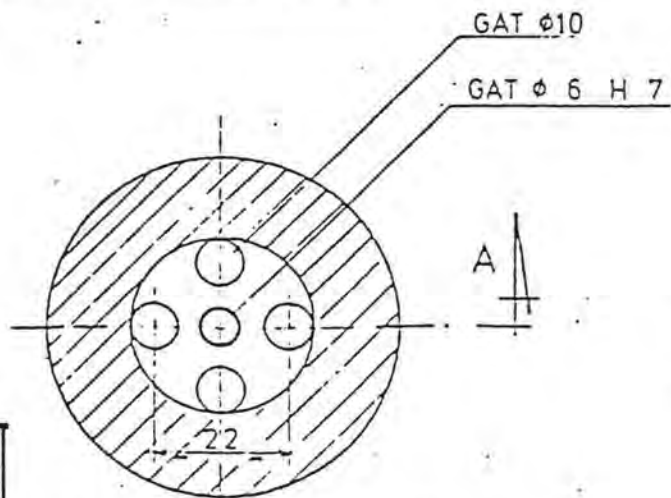


DOORSNEDEN A-A
 SPANSTIFTEN NA MONTAGE AANBRENGEN

Figuur 5.5.



DOORSNEDE A-A



DOORSNEDE B-B

Spuitmond met
veerbelaste klep.

Figuur 5.6.

6. Het verdichtingsschip de MYTILUS

6.1. Algemene beschrijving en werkwijze

Bouwjaar : 1979
Werf : Boele Bolnes
Kosten : f 42.500.000

Het verdichtingswerktuig is opgebouwd uit een deelbaar casco, een portaal en diverse installaties. Het casco heeft op hart schip een beunruimte over ca. 60% van de lengte, bestemd voor het hijsen en neerlaten van de verdichtingsapparatuur.

De benodigde energie voor alle installaties wordt hoofdzakelijk geleverd door vier diesel-aggregaten, onderdeks geïnstalleerd in het achterschip. In deze machinekamer zijn tevens de pompen voor het jetwatersysteem opgesteld.

T.b.v. de compressoren, de starterkasten van de naaldvibratoren en de Centrale Controle Kamer (CCR) zijn aan bakboordzijde een drietal afgescheiden ruimten aangebracht. De genoemde speciale systemen van jetwater en jetlucht zijn bestemd om het indringen van de trilnaalden te vergemakkelijken.

Op het dek zijn een aantal dekhuisjes geplaatst voor toegangen naar onderdeks, ventilatie invoer en afvoer e.d.

Op het achterschip is een accommodatie dekhuis, bestaande uit twee lagen, gemonteerd op het toegangsdekhuis voor de motorkamer en aan de achterzijde ondersteund door twee of meerdere poten. Het centrale bedieningshuis is geplaatst in het tweede vak van het portaal op circa 8 m boven het dek.

Aan stuurboordzijde van de middenpontoon is een naaldwerkplaats opgenomen benevens een aantal ballast- en brandstoftanks. Het dek aan stuurboordzijde doet dienst als transport-, de-, en montageruimte voor de trilnaalden.

6.2. Verdichtingsinstallatie

De verdichtingsapparatuur bestaat uit een 4-tal in één rij opgestelde trilnaalden met een onderlinge afstand van 6,50 m. Elk van de trilnaalden hangt via een 4 parts takel aan een deiningscompensator, geplaatst bovenop genoemd portaal. De trilnaalden worden tijdens het hijsen en dalen in horizontale zin geleid; aan de onderzijde in de onderbalk die onafhankelijk van de trilnaalden in de beun opgehesen kan worden en aan de bovenzijde via een d.m.v. een wielenstel aan de beunzijde langs het portaal verbonden geleidingskar. De onderbalk is d.m.v. twee spudpalen in horizontale zin instelbaar, verend gefixeerd ten opzichte van de ponton en kan vanaf dekniveau neergelaten worden tot ca. 30,0 m beneden de waterlijn.

Het gehele samenstel van spudpalen en geleidingen voor de trilnaalden is noodzakelijk om de naalden voldoende nauwkeurig te positioneren tijdens de beginperiode van het indalen (waarbij de naaldpunten of resonatoren de zeebodem binnendringen).

In het bedieningshuis is speciale meetapparatuur voor de positiebepaling opgesteld.

6.3. Gegevens schip (zie figuur 6.1. en 6.2.)

Hoofdmaten

Lengte x breedte	= 68,25 x 32,90 m
Breedte middenpontoon	= 18,90 m
Holte	= 5,50 m
Diepgang	= 2,20 m

Lengte x breedte x holte zijpontoon	= 34,00 x 7,00 x 5,50 m
Beunbreedte x lengte	= 4,90 x 40,30 m
Trilnaald afstand	= 6,50 m
Portaalhoogte (dek tot bovenkant bordes)	= 47,60 m
Spanafstand (volgens tekening)	= 0,65 m
Afstand spudpalen h.o.h.	= 34,50 m

Zijde van het bedieningshuis is bakboordzijde.

Classificatie: Bureau Veritas

+ Service Côtier-Ponton; T = 3,0 m' (zonder zijpontoon)

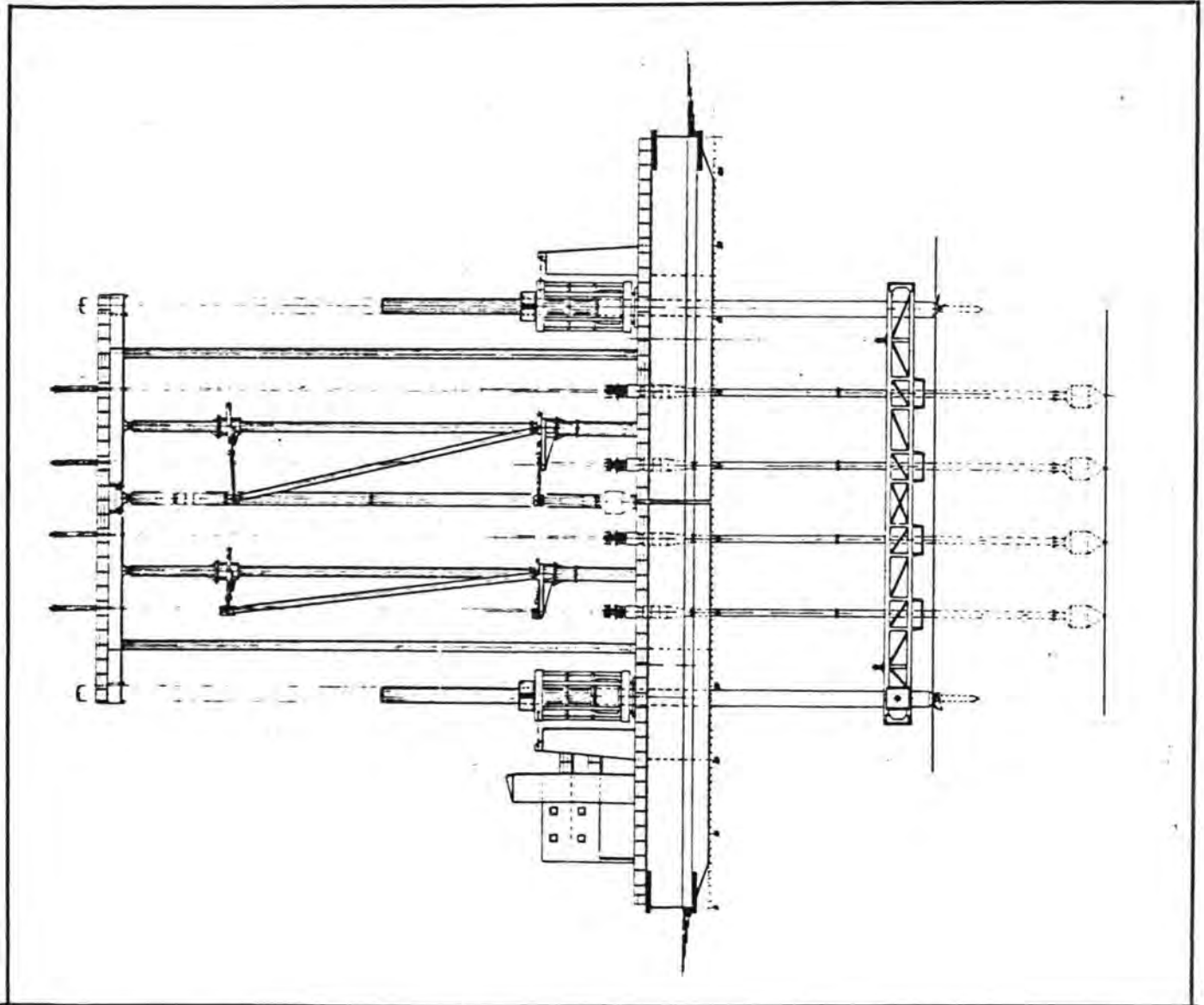
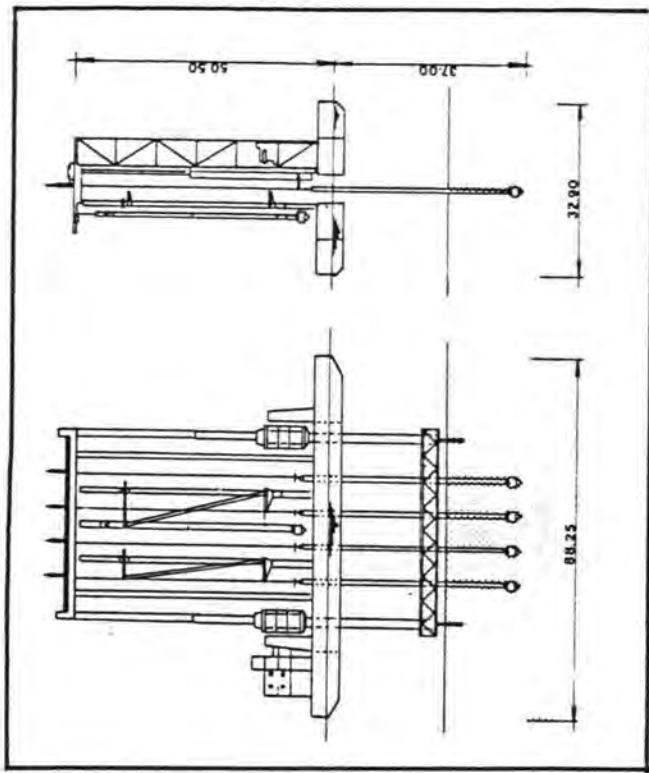
+ Service Eaux Abritées-Ponton; T = 2,5 m' (met zijpontoon)

Het stalen casco is gebouwd volgens het langsspannen systeem met raamspannen op 2,60/3,25 m afstand. De waterdichte-indeling van het casco volgt uit de tekeningen. Het casco is in dwarsrichting in drieën deelbaar met breedten van respectievelijk 7 m, 18,90 m en 7 m.

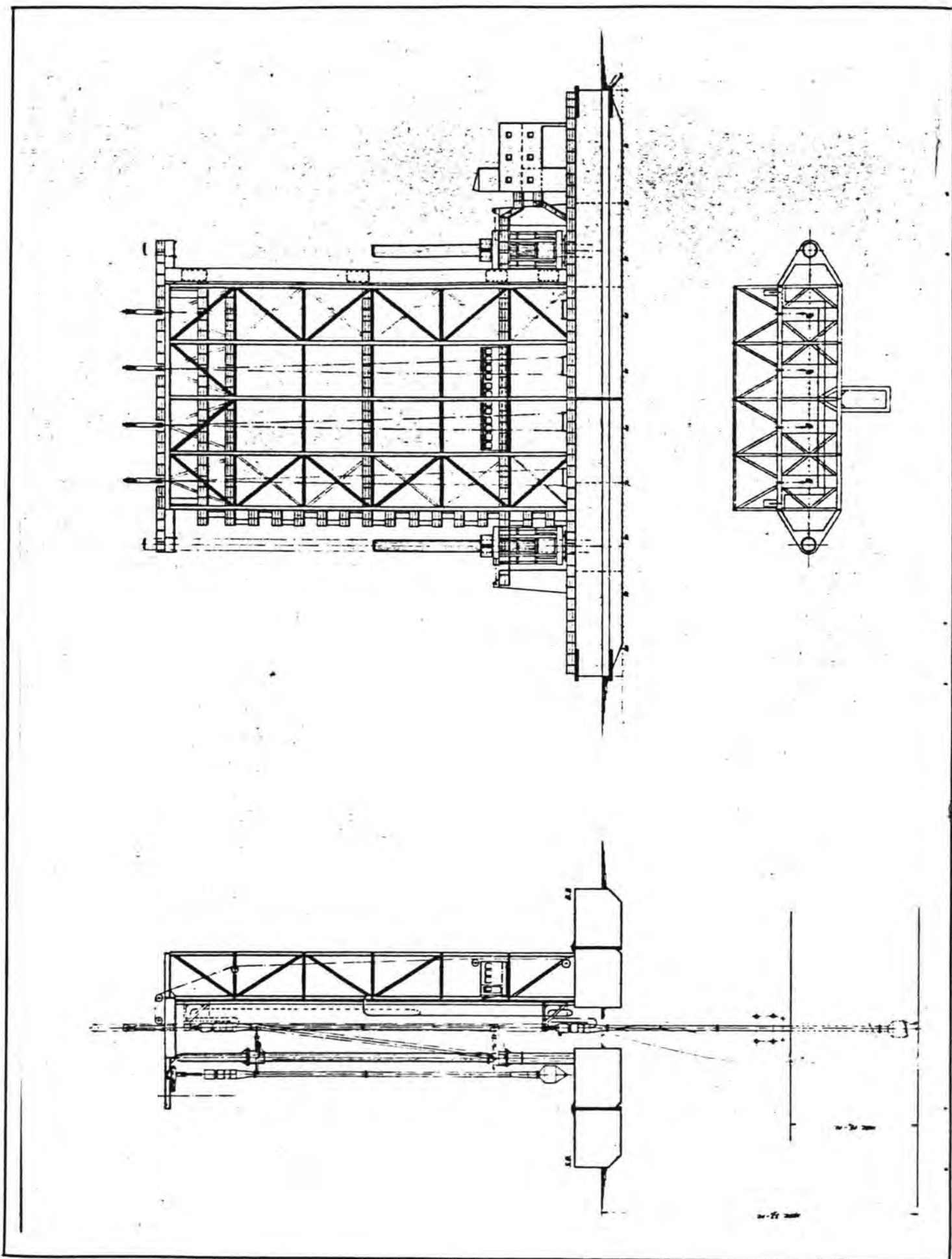
De zijpontons zijn in verband met de hanteerbaarheid in de lengte in tweeën gedeeld zodat het casco tenslotte opgebouwd is uit 5 pontons.

Het schip is ontworpen voor de volgende hydraulische condities:

	Onder werkomstandigheden	Onder stormomstandigheden
significante golfhoogte	0,75 m	2,5 m
gemiddelde golfperiode	4 à 5 sec	5 à 6 sec
max. stroomsnelheid	2,0 m/sec	2,0 m/sec
getijverschil	2 m + tot 2 m - NAP	2 m + tot 2 m - NAP
max. windsnelheid (uurgemiddelde)	15 m/sec	32 m/sec



Figuur 6.1.



Figuur 6.2.

6.4. Technische specificaties dieselaggregaten, spoelpompen en jetluchtcompressoren

4 Dieselgeneratorsets.

Motor: Stork-Werkspoor Diesel

Type: 6 FCHD-240

726 kW-1000 R.P.M.

Generator: Indar

Type : B20

900 kVA, 3 x 380 V, $\cos \varphi = 0,75$, $f = 50$ Hz

2 Dieselgeneratorsets.

Motor: G.M.

Type: 4-71

76 kW-1500 R.P.M.

Generator: Indar

Type: 280-L

100 kVA, 390 V, 148 A, $\cos \varphi = 0,80$

3 Spoelwaterpomsets.

Motor: M.E.Z.

Type: 1 EC-355

160 kW, 380 V, 50 Hz, 2900 R.P.M.

Pomp: Nijhuis

Type: VGT 1-125315

300 m³/hr. - 10 bar.

2 Jetlucht compressorsets.

Motor: Asea

Type: MB 85

180 kW, 380 V, 50 Hz, 490 R.P.M.

Compressor: Atlas Copco

Type: ER 618 E

20 m³/min. - 12 bar.

6.5. Omschrijving verdichtingswerkzaamheden

Wanneer het schip is verankerd t.p.v. te verdichten gebied, wordt dat gebied strooksgewijs in stappen verdicht.

Als het schip op de goede positie ligt met de spuds aan de grond, worden de 4 naalden gelijktijdig in de bodem gebracht tot de gewenste diepte. Tijdens het stapsgewijs naar boven halen van deze naalden wordt de grond om de naalden verdicht.

Als dit voltooid is worden de naalden weer opgehesen en wordt het schip m.b.v. de ankerdraden naar de volgende verdichtingspositie veresteld. Zo herhaalt zich de verdichtingscyclus totdat het bestrijkbare gebied op deze ankerpositie volledig is verdicht.

Hierna moet het schip veranderen van ankerpositie, zodat aansluitend op het vorige vak verder verdicht kan worden.

Het te verdichten grondgebied in de as van de sluitgaten heeft een breedte van 78 m'.

Deze breedte is te bestrijken vanuit één ankerpositie.

In de lengterichting wordt deze strook verdeeld in vakken van ± 150 m lengte.

Het verdichtingsschip ligt met zijn lengteas loodrecht op de as van de kering.

De strook van 78 meter wordt verdeeld in 3 stroken van 26 meter. De werkvolgorde is dan zodanig dat eerst één strook volledig verdicht wordt in stappen van 4 m.

Hierna wordt in de lengterichting veresteld naar de volgende strook waarna deze stapsgewijs afgewerkt wordt (figuur 6.4. en 6.5).

Zo ook de derde strook.

Zodoende wordt een zo groot mogelijk gebied bestreken voordat de anker(draden) verzet moeten worden.

Na een eventuele verdichtingscyclus wordt het schip verhaald naar de volgende verdichtingspositie.

Tijdens dit verhalen worden de voor het verdichten benodigde systemen gecontroleerd op goede werking.

Als het schip gepositioneerd is en de spudpalen aan de grond staan (bediening vanaf schippers-lessenaar) kan de verdichtingscyclus beginnen (sub 1 van figuur 6.3).

Voor het beginnen met de verdichtingscyclus worden eerst de waterdiepte, waterstand en te verdichten diepte alsmede bodemprofiel bepaald en ingesteld.

Vanaf de hoofdoperators lessenaar worden de balk en de 4 naalden tegelijkertijd tot op de bodem neergelaten met behulp van de synchroon bediening (sub 2 van figuur 6.3.)

Door middel van de individuele balklierbedieningen kan de balk evenwijdig aan de eventueel hellende bodem gesteld worden (sub 3 van figuur 6.3.).

Vanaf dit punt wordt elke naald individueel bediend en begint de werkelijke bodemverdichting (bediening vanaf 4 stuks operator lessenaar).

Eerst worden de naalden tot de gewenste diepte de bodem ingetrild met behulp van de water/lucht spuitmonden onderaan de naald (sub 4 van figuur 6.3).

Tijdens het zogenaamd "indalen" staat ook de bovenspoeling aan.

Als de naald(en) op de juiste diepte zijn ingedaald wordt de onderspoeling uitgezet en begint meteen het verdichten van het grondpakket ter hoogte van de resonator van de naald.

Tijdens het verdichten blijft de bovenspoeling aanstaan om grondtoevoer naar het resonatorgedeelte te verzekeren.

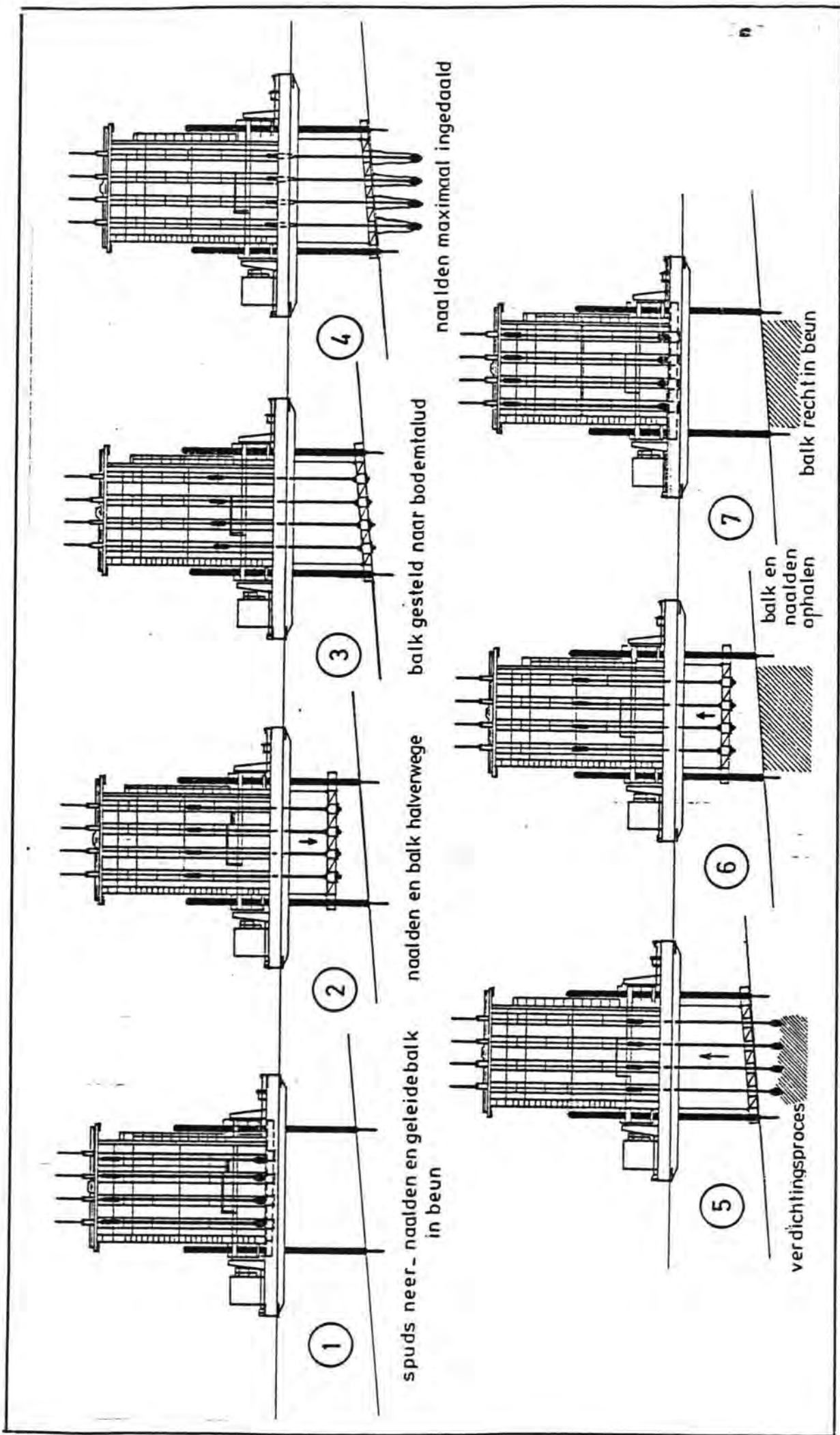
Als de verdichting van deze bodemlaag voldoende is gevorderd wordt de naald ± 1 meter omhoog getrokken zodat een gedeelte van de resonator zich in "onverdicht" gebied bevindt (sub 5 van figuur 6.3).

Dit laagsgewijze verdichten en trekken van de naald herhaalt zich in het algemeen totdat de resonator boven de bodem is en zich weer in de balk bevindt (sub 6 van figuur 6.3.).

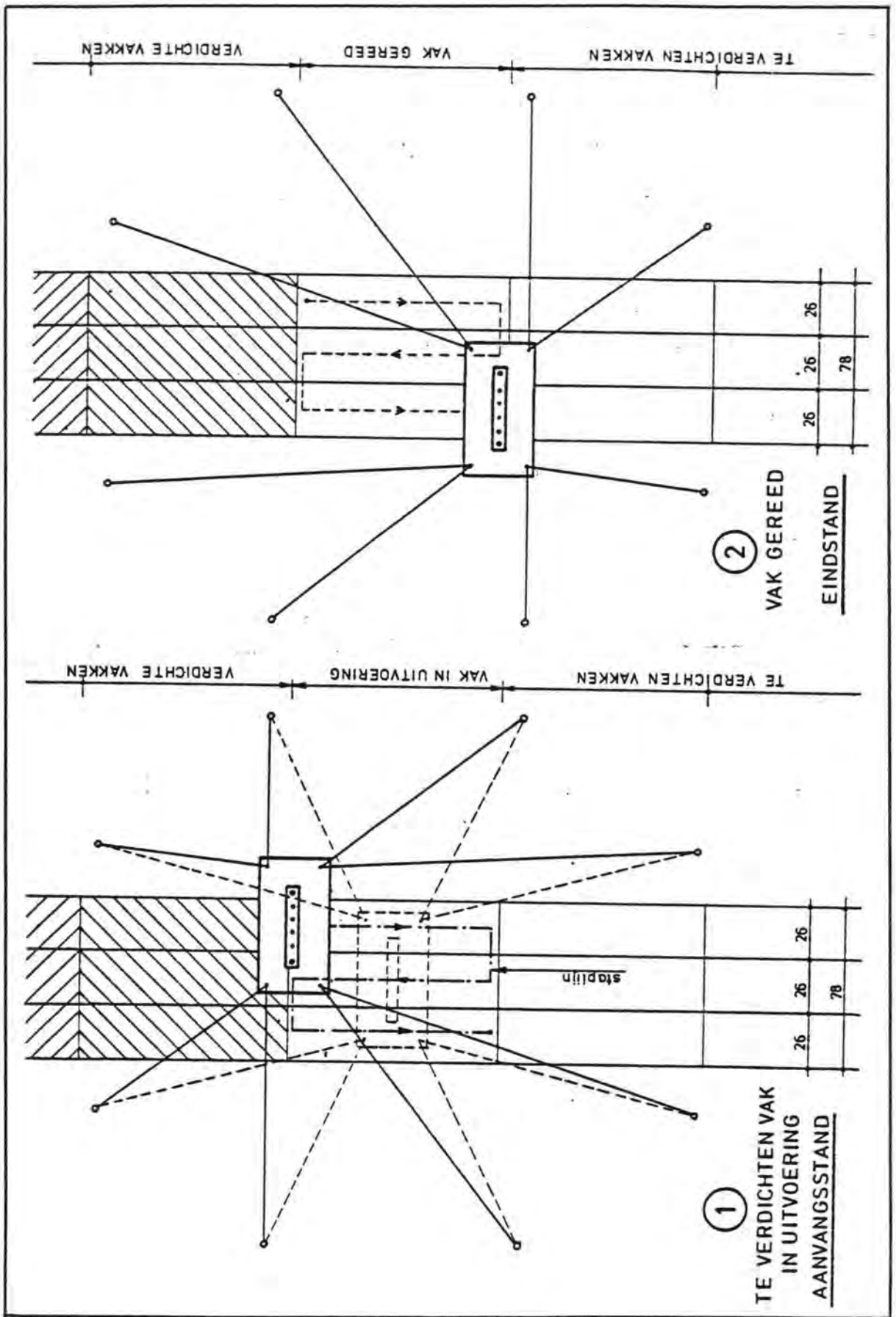
Dan worden vibrator en bovenspoeling stop gezet.

Tijdens de eigenlijke verdichtingscyclus worden een aantal procesgegevens simultaan geregistreerd op 4 4-kanaals penschrijvers.

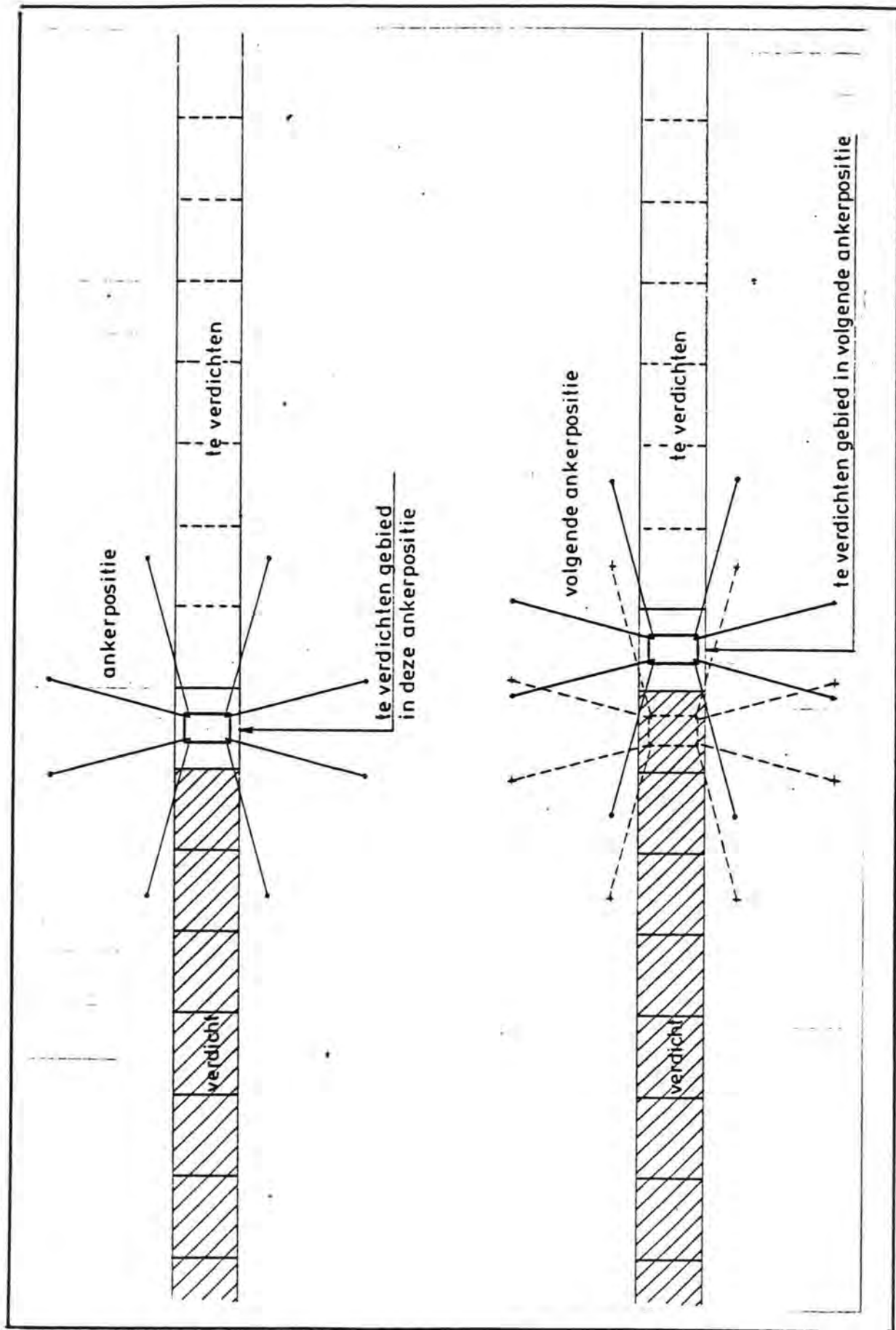
Als alle 4 naalden zich weer in de "balk" bevinden wordt de balk met de naalden weer "synchroon" gehesen en eventueel evenwijdig aan het vlak van het schip gebracht totdat de balk zich weer in de beun van het schip bevindt en de resonatorgedeelten van de naalden zich ongeveer ter hoogte van het dek bevinden om onder andere controle van de spuitmonden mogelijk te maken (sub 6 van figuur 6.3). Na het lichten van de spuds kan het schip dan weer verhaald worden naar een (eventuele) volgende verdichtingspositie of een stand-by positie.



Figuur 6.3.



Figuur 6.4.

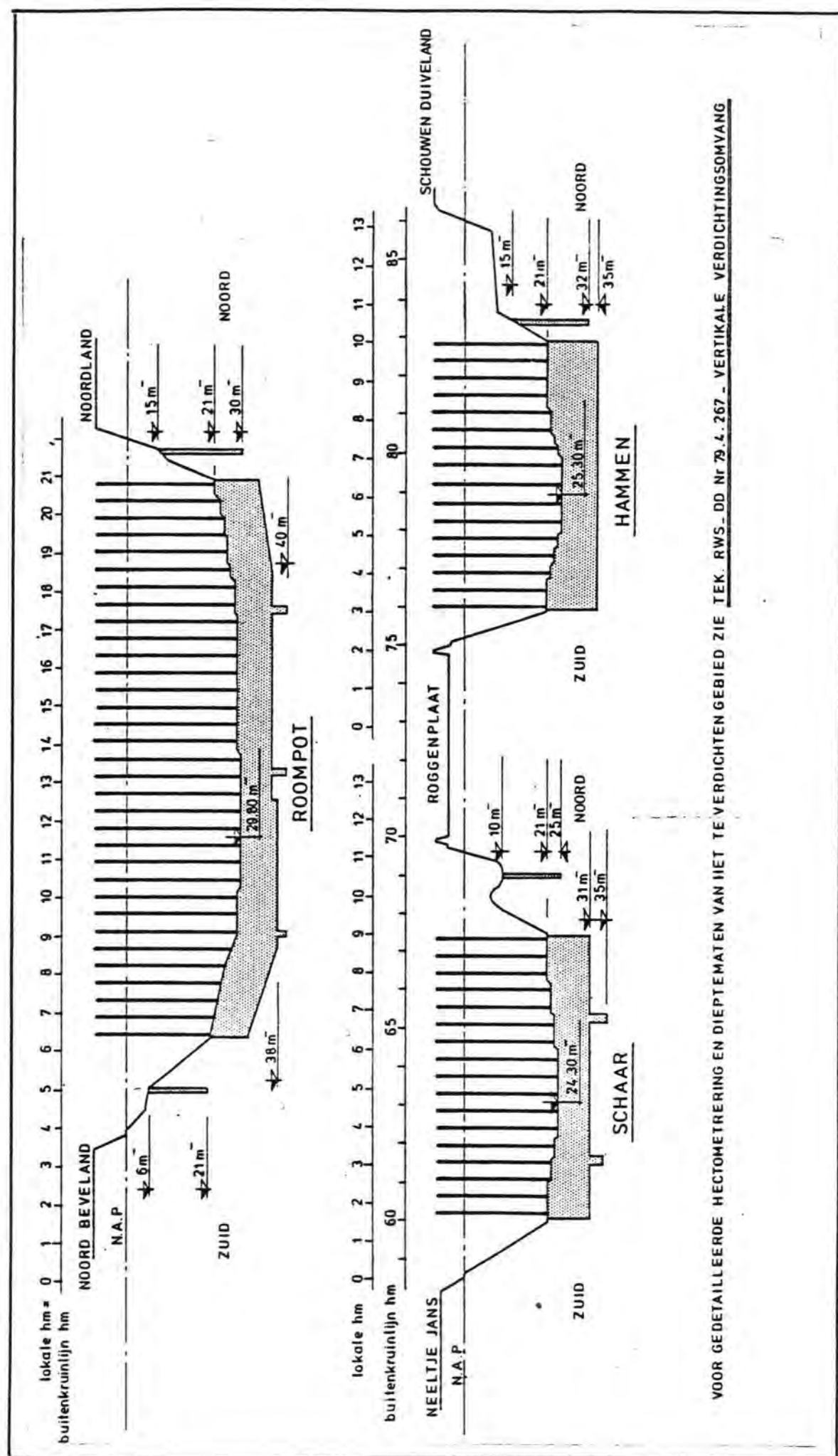


Figuur 6.5.

6.6. Consequenties verdichten tot 38 m à 40 m - N.A.P.

- Maximum waterdiepte blijft 30 m - N.A.P., zodat de spudpalen niet verlengd hoeven te worden.
- Naalden 4 m verlengen. Dit heeft tot gevolg dat bij hijsen tot de hoogste stand, de spuitmonden nog boven water komen.
- De verdichtingscyclus moet zo worden ingericht dat het diepste punt alleen bereikt wordt bij een waterstand die lager is dan 1 m - N.A.P.
- Bij verwisselen van een trilnaald blijft de resonator achter in de beun en deze moet zonodig met een kraan verwisseld kunnen worden.
- Er zijn voorzieningen aangebracht opdat de resonator in de beun afgesteund kan worden.

De gebieden waar tot een diepte van ca. 38 m à 40 m - N.A.P. is verdicht (Roompot) zijn in figuur 6.6. weergegeven.



VOOR GEDETAILLEERDE HECTOMETRERING EN DIEPTEMATEN VAN HET TE VERDICHTEN GEBIED ZIE TEK. RWS-DD Nr 79.4.267 - VERTIKALE VERDICHTINGSOMVANG

Figuur 6.6.

7. De trilnaalden

7.1. Algemeen

De trilnaalden zijn de onderdelen welke ervoor zorgen dat de door de vibrator geleverde energie overgebracht wordt aan de grond.

Deze overdracht vindt plaats t.p.v. de naaldpunt (het zogenaamde resonatorgedeelte) als deze is omgeven door grond. Om de grond tot 15 m' onder m.v. te kunnen verdichten is aan het resonatorgedeelte een schacht ontworpen, zodat de electricisch aangedreven vibrator zijn energie via deze schacht overdraagt aan de resonator.

Teneinde de vibrator boven water te houden is de schachtlengte vergroot tot 36,7 m'. Dit gedeelte heeft een ronde doorsnede en is in twee gedeelten geconstrueerd, voorzien van koppelflenzen. Ook het resonatorgedeelte is voorzien van een flens zodat de naald snel is te monteren of demonteren.

7.2. Leidingen (figuur 7.1)

Het in de grond brengen van de naald gebeurt door middel van water of een water-lucht mengsel via zes onderaan de naald verticaal gerichte spuitmonden (jets) welke de grond onder de naaldpunt loswoelen (onderspoeling). Tijdens het verdichten is watertoevoer vlak boven de resonatorbladen nodig (bovenspoeling). Om het bij de resonator benodigde boven- en onderspoelwater vanaf de slangaansluitingen aan de adaptor toe te kunnen voeren, zijn inwendig 2 onderspoelleidingen ϕ 90 mm een bovenspoelleiding ϕ 90 mm en een luchtleiding ϕ 90 mm gemonteerd. Deze 4 leidingen zijn aan de uiteinden ingewalst in de koppelflenzen zodat bij montage van de schachtdelen de leidingen automatisch doorgekoppeld worden. Inwendig worden deze 4 leidingen om de 1,5 à 1,8 m' afgesteund tegen de schachtwand door middel van doorboorde rubber schijven.

7.3. Resonatorgedeelte (figuur 7.2. t/m 7.4)

De kern van het resonatorgedeelte is in principe een pijp ϕ 56 cm met aan de bovenkant een conusvormig gedeelte, verlopend van ϕ 56 cm naar ϕ 76 cm.

Om de trillingen van de trilnaald over te kunnen brengen op de omringende grond zijn aan dit deel van de naald, over een lengte van 3,2 m, 12 resonatorbladen (16 mm dik) radiaalsgewijs aangebracht (omgeschreven cirkel = ϕ 210 cm). De resonatorbladen zijn aan boven- en onderkant afgeschuind, teneinde eventuele obstakels in de grond te kunnen verdringen.

Onderaan het resonatorgedeelte bevindt zich de verwisselbare resonatorpunt met de mengkamers voor water en lucht en de houders waarin de zes spuitmonden geschroefd kunnen worden.

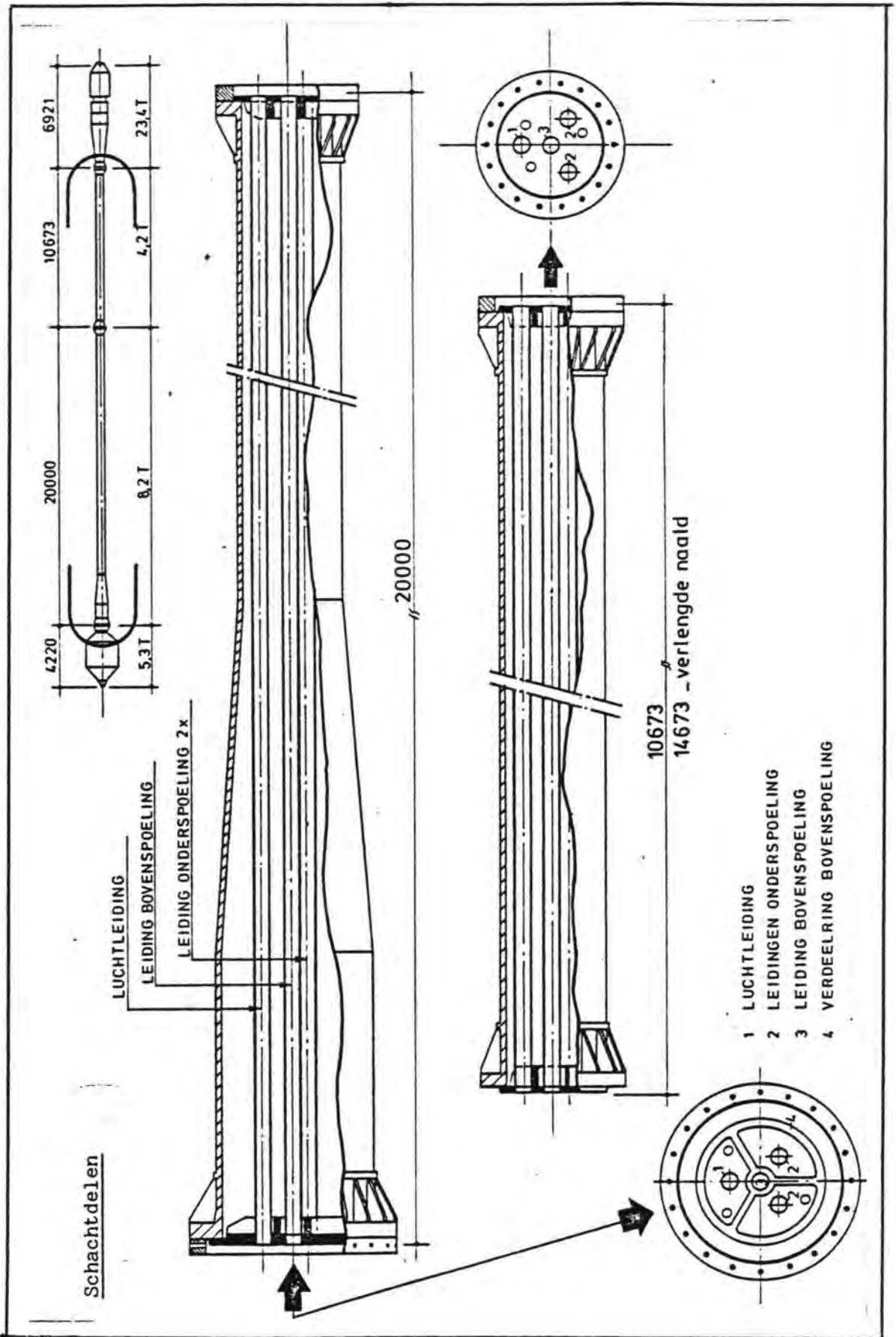
De bovenkant van het resonatorgedeelte is voorzien van een flens voor koppeling met het onderste schachtgedeelte. Deze flens is evenals de onderflens van de onderschacht zodanig uitgevoerd dat tussen de flenzen een ringvormige waterkamer gevormd wordt met 20 radiale spoelkanalen. Deze waterkamer staat in verbinding met de bovenspoelleiding uit het onderste schachtstuk. De 2 onderspoelleidingen uit het bovenste schachtstuk en de luchtleiding lopen door het resonatorgedeelte naar de punt. In deze verwisselbare punt bevinden zich een waterkamer waar de 2 onderspoelleidingen op uitkomen met daarboven een luchtkamer waar de luchtleiding op aansluit. De waterkamer is voorzien van verticale jetpijpen waarin de nozzles (spuitmonden) geschroefd kunnen worden. Vanuit de luchtkamer lopen 6 schuin geplaatste pijpjes door de waterkamer in de jetpijpen voor de luchtinjectie. Deze gehele puntconstructie kan door middel van een centraal geplaatste bout onder aan het resonatorgedeelte worden vastgeschroefd.

7.4. Schacht (figuur 7.2)

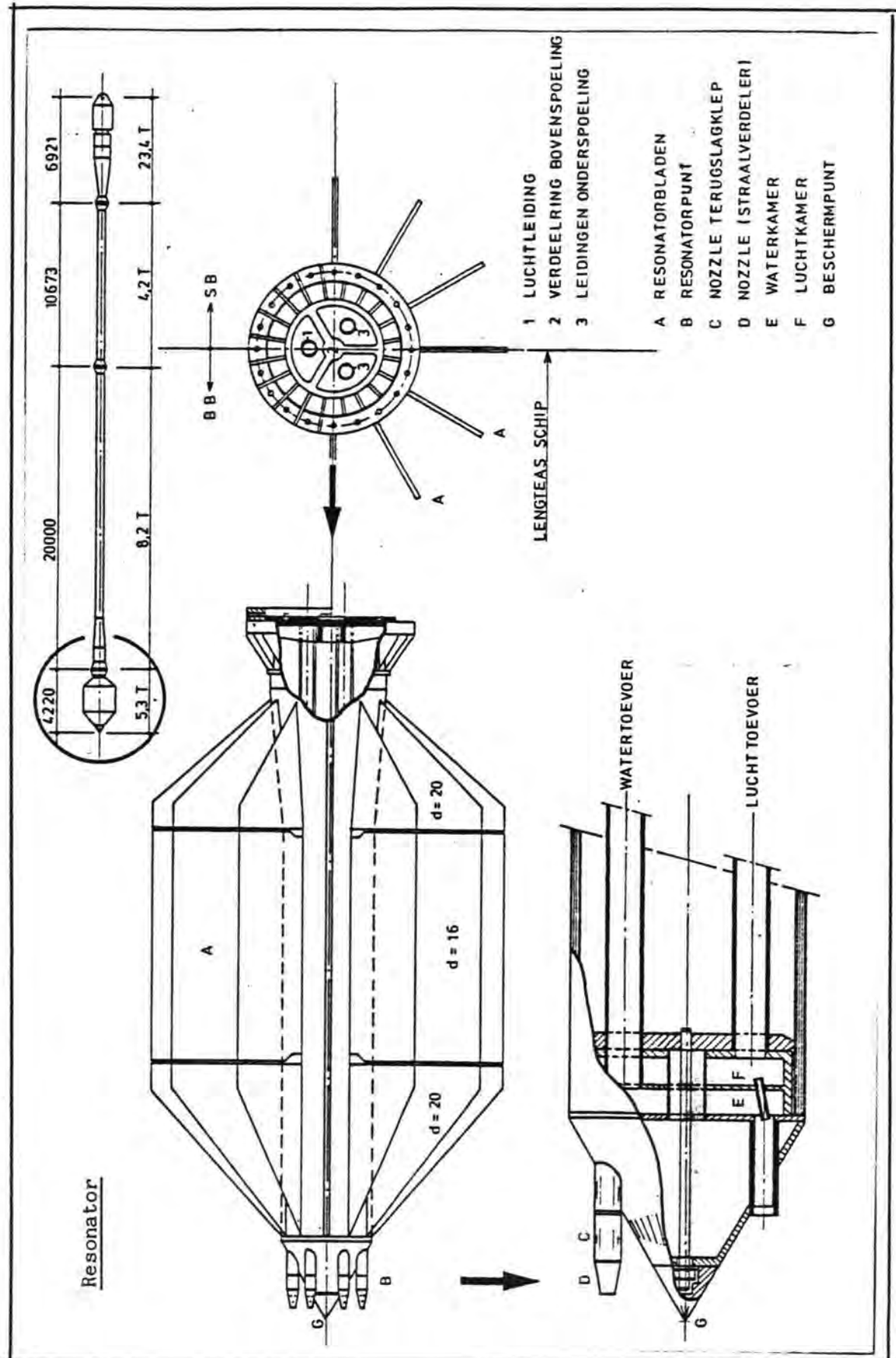
De schacht bestaat uit een onderschacht ($l = 20,0 \text{ m}'$) en een bovenschacht ($l = 10,67 \text{ m}'$). De onderschacht loopt aan het ondereinde conisch toe van $\phi 76 \text{ cm}$ naar $\phi 51 \text{ cm}$ over een lengte van $3,4 \text{ m}'$. Dit wordt veroorzaakt door de in de koppelflens met de resonator benodigde ruimte voor de bovenspoeling. Het resterende deel van de onderschacht heeft een diameter van $\phi 51 \text{ cm}$. De bovenschacht is over de volle lengte $\phi 51 \text{ cm}$.

De flenzen zijn zodanig voorzien van paspennen dat de schachtdelen slechts op één manier met elkaar verbonden kunnen worden. Dit geldt ook voor de koppelingen met adaptor en resonator.

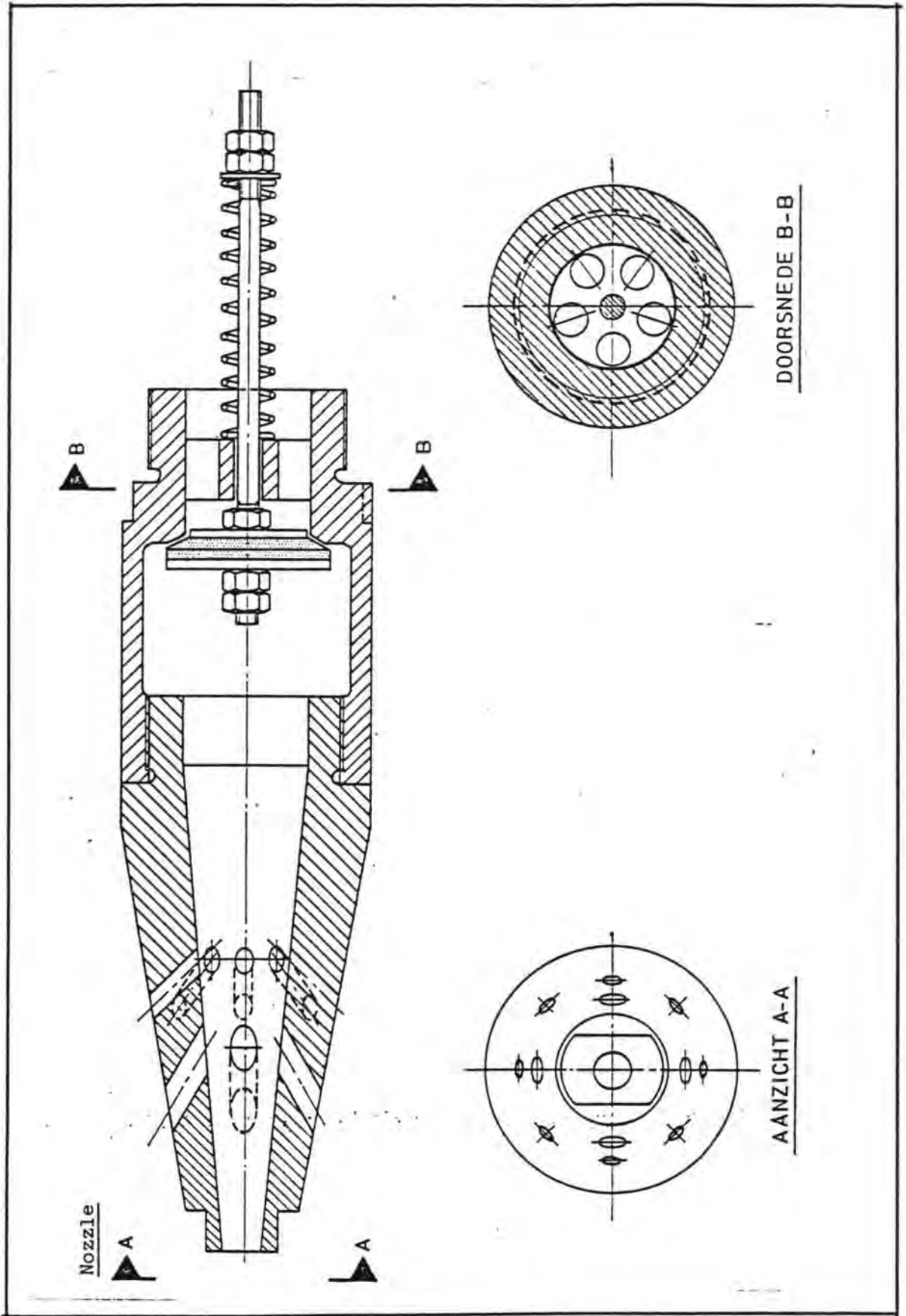
Het koppelen van de flenzen geschiedt door middel van voorspanbouten (10.9) welke met speciaal gereedschap op de vereiste voorspankracht gebracht worden.



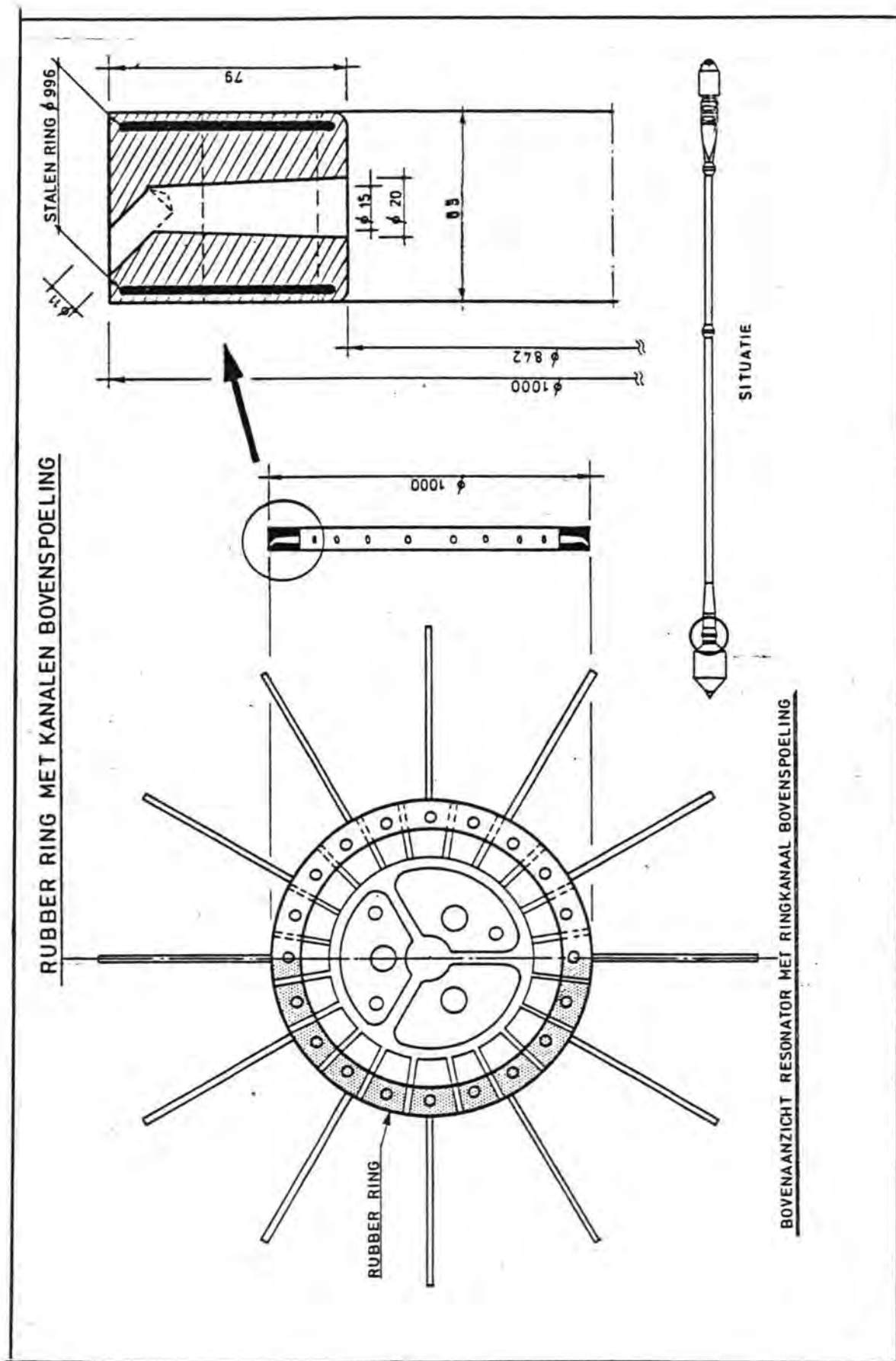
Figuur 7.1.



Figuur 7.2.



Figuur 7.3.



Figuur 7.4.

7.5. Afmetingen en gewichten trilnaaldonderdelen

Resonatorgedeelte

Lengte : 4,22 m'

Schachtdiameter = \emptyset 56 cm met conus naar \emptyset 76 cm

Gewicht : 5300 kg

Resonatorbladen d = 16 mm, boven- en onderbladen d = 20 mm

Omgeschreven cirkel resonatorbladen \emptyset 210 cm

Flensdiameter \emptyset 84 cm met 20 bouten M36 (10.9), voorspankracht 58 ton

Onderschacht

Flens onderzijde als resonatorgedeelte

Lengte : 20,00 m'

Schachtdiameter = \emptyset 76 cm over 1,4 m';

verloop over 2 m' naar \emptyset 51 cm

Gewicht : 8200 kg

Flens bovenzijde diameter \emptyset 70 cm met 20 bouten M30 (10.9), voorspankracht 40 ton

Bovenschacht

Flenzen als onderschacht, schachtdiameter \emptyset 51 cm

Standaardlengte 10,67 m' gewicht 4200 kg

Extra lengte 14,67 m' gewicht 5700 kg

Nozzles

Openingsdruk op klep \pm 2 bar

Slangen

Fabr. Trelleborg type TR.16080, kwal. RL.Z.

buitendiameter water \emptyset 100 mm

buitendiameter lucht \emptyset 58 mm

7.6. Vibrator met trekkop en adaptor (figuur 7.5. t/m 7.9.)

Voor het opwekken van de verticale beweging, welke nodig is om de grond te verdichten, is op de bovenschacht een trilmotor bevestigd.

Om constructieve redenen is een vloeiend verloop van de krachten uit de vierkante vibrator naar de veel kleinere ronde doorsnede van de schacht gemaakt.

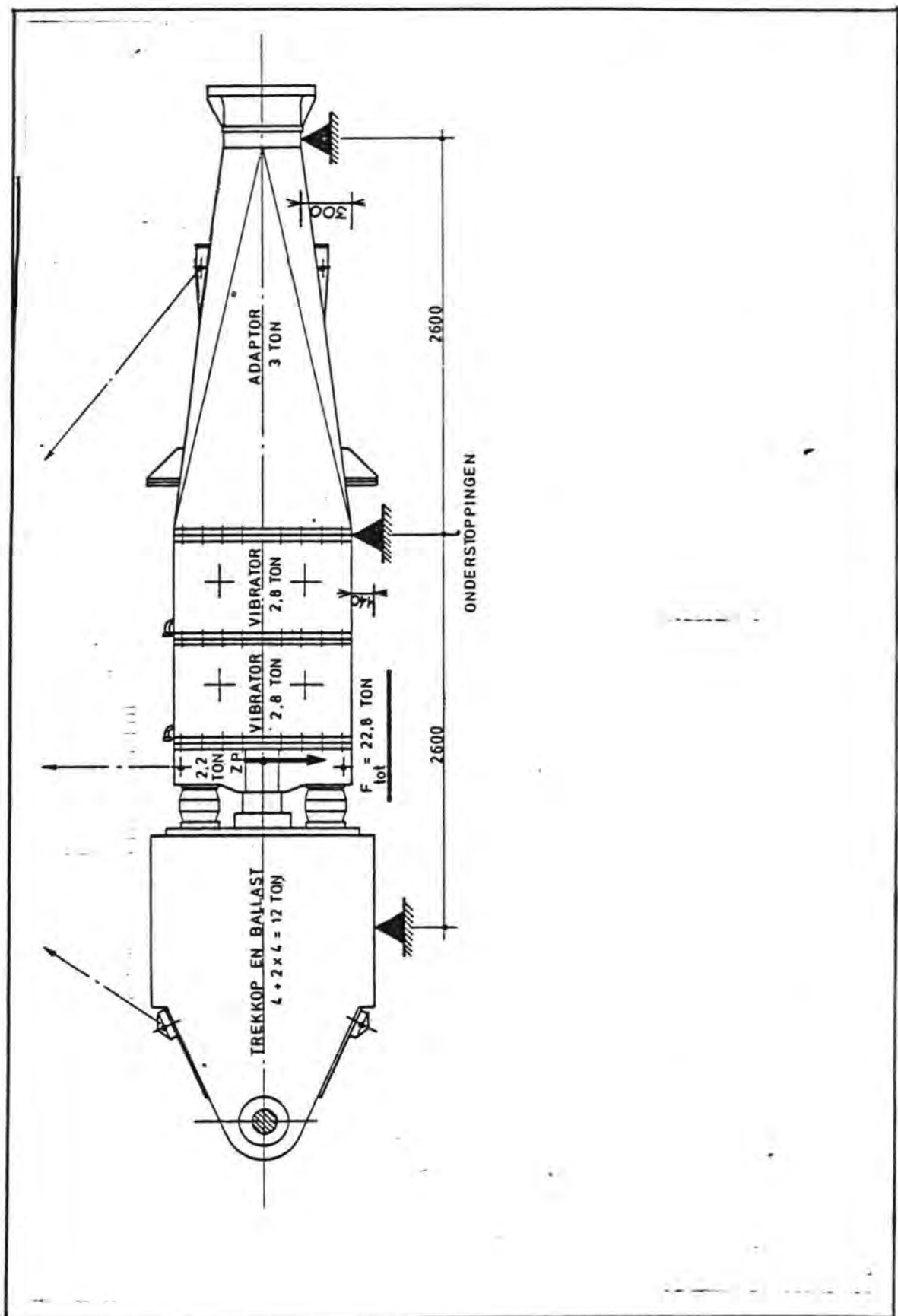
Hiervoor zorgt de zogenaamde "adaptor" met een lengte van 3,0 meter welke in feite één geheel vormt met de trilmotoren. Aan deze adaptor bevinden zich tevens de koppelflenzen voor aansluiting van de slangenbundel t.b.v. de water- en luchtvoorziening.

Bovenop de adaptor zijn de trilunits bevestigd.

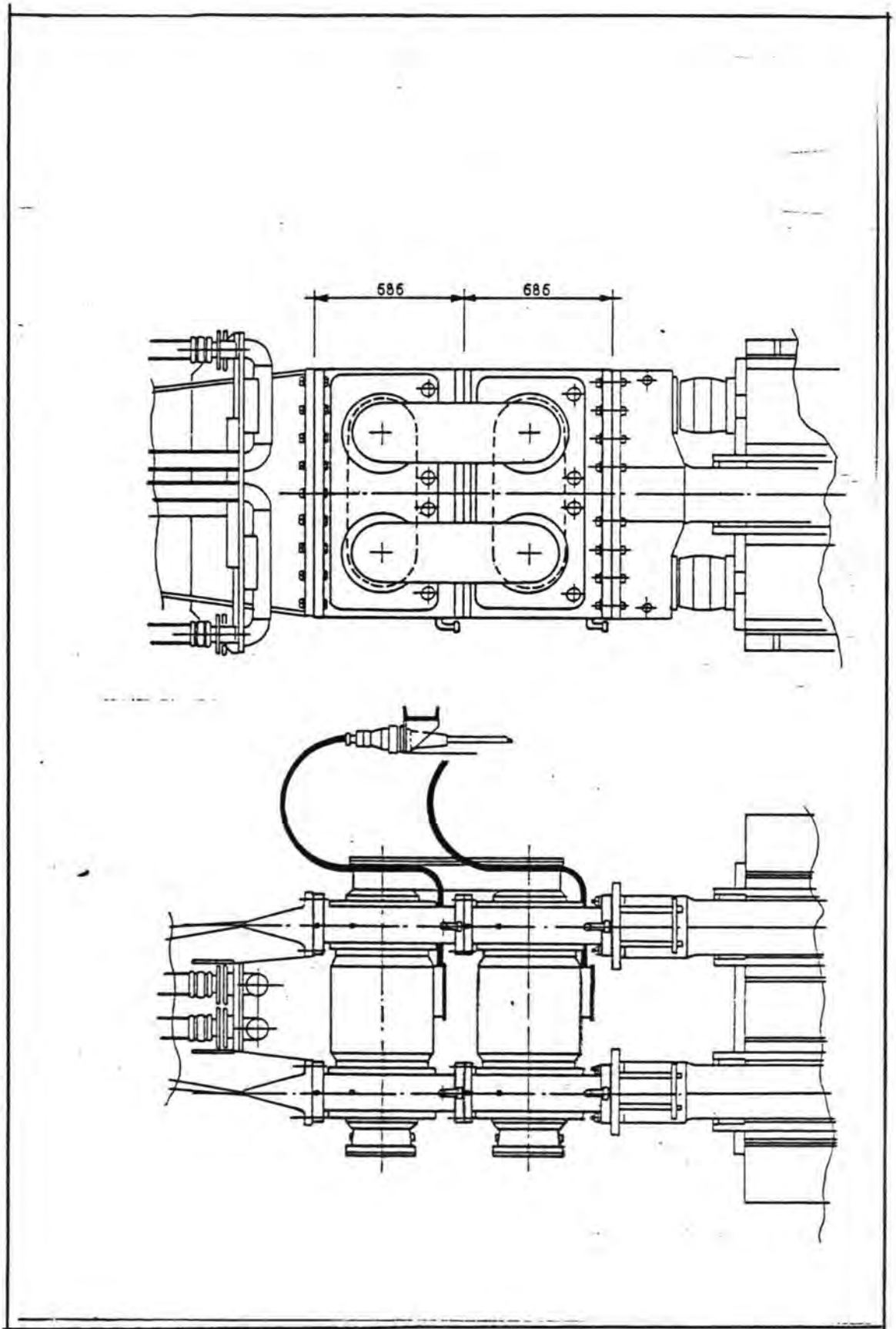
Elke unit bevat 2 motoren en elke naald is uitgerust met 2 units (later uitgebreid tot 3).

Aan de trilmotoren bevinden zich tevens de flexibele kabels met contactstoppen t.b.v. de aansluiting van de voedingskabels op de hefdraadgeleidewagen. De trilunits zijn voorzien van een zogenaamde "trekkop", waarin zich rubberen trillingsdempers bevinden. Deze zorgen voor het absorberen van de trillingen welke uit de vibrator komen en een voorspanning tijdens het trekken van de naald. De trekkop is voorzien van een hijspen welke in het hijs oog van de hefdraadgeleider past. Op deze wijze is de kop van de naald in horizontale zin gefixeerd t.o.v. het schip.

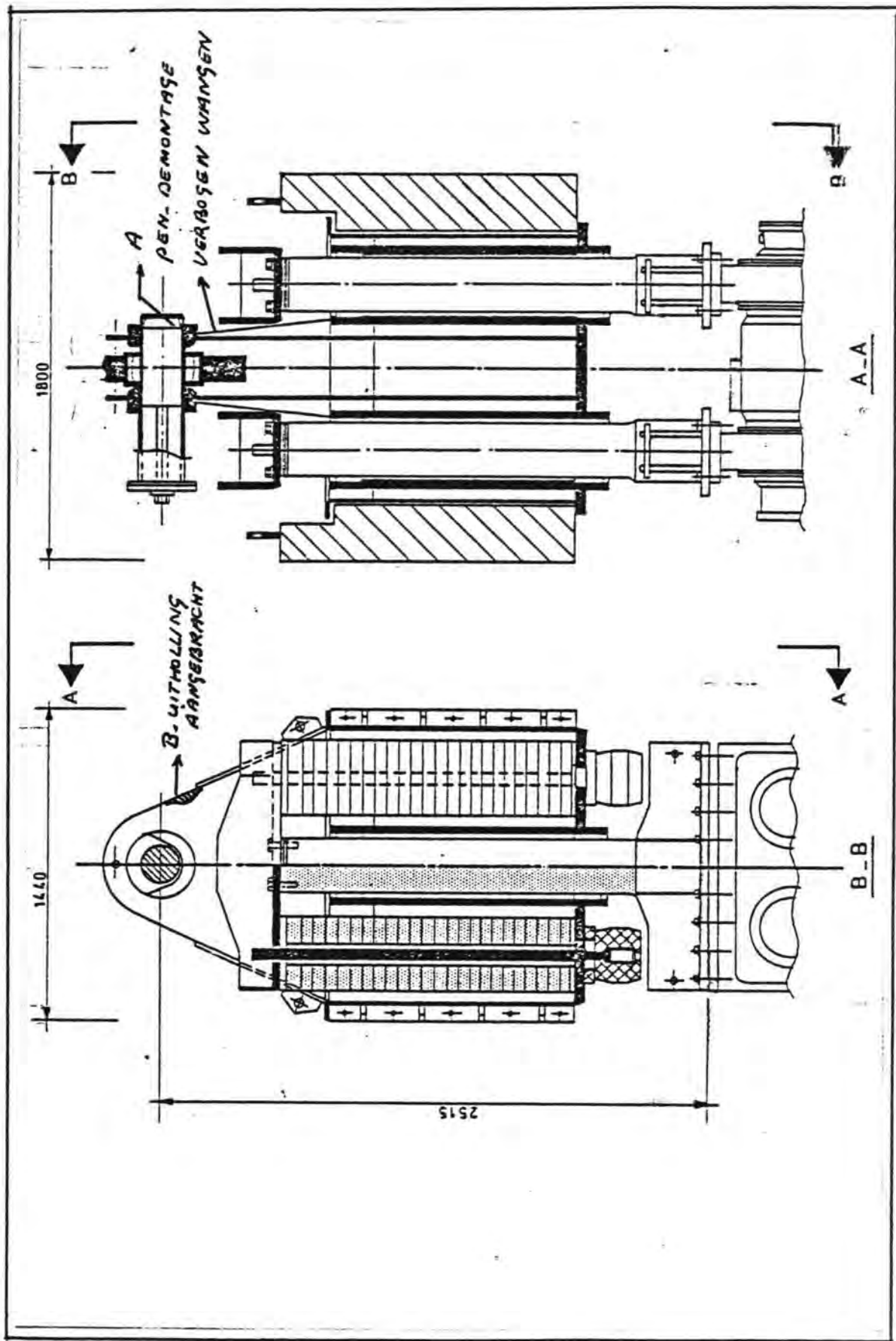
Adaptor, vibrator en trekkop zijn in feite één geheel, samengebouwd met voorspanbouten. In geval van ernstige storingen kunnen de 3 delen vrij eenvoudig gescheiden worden.



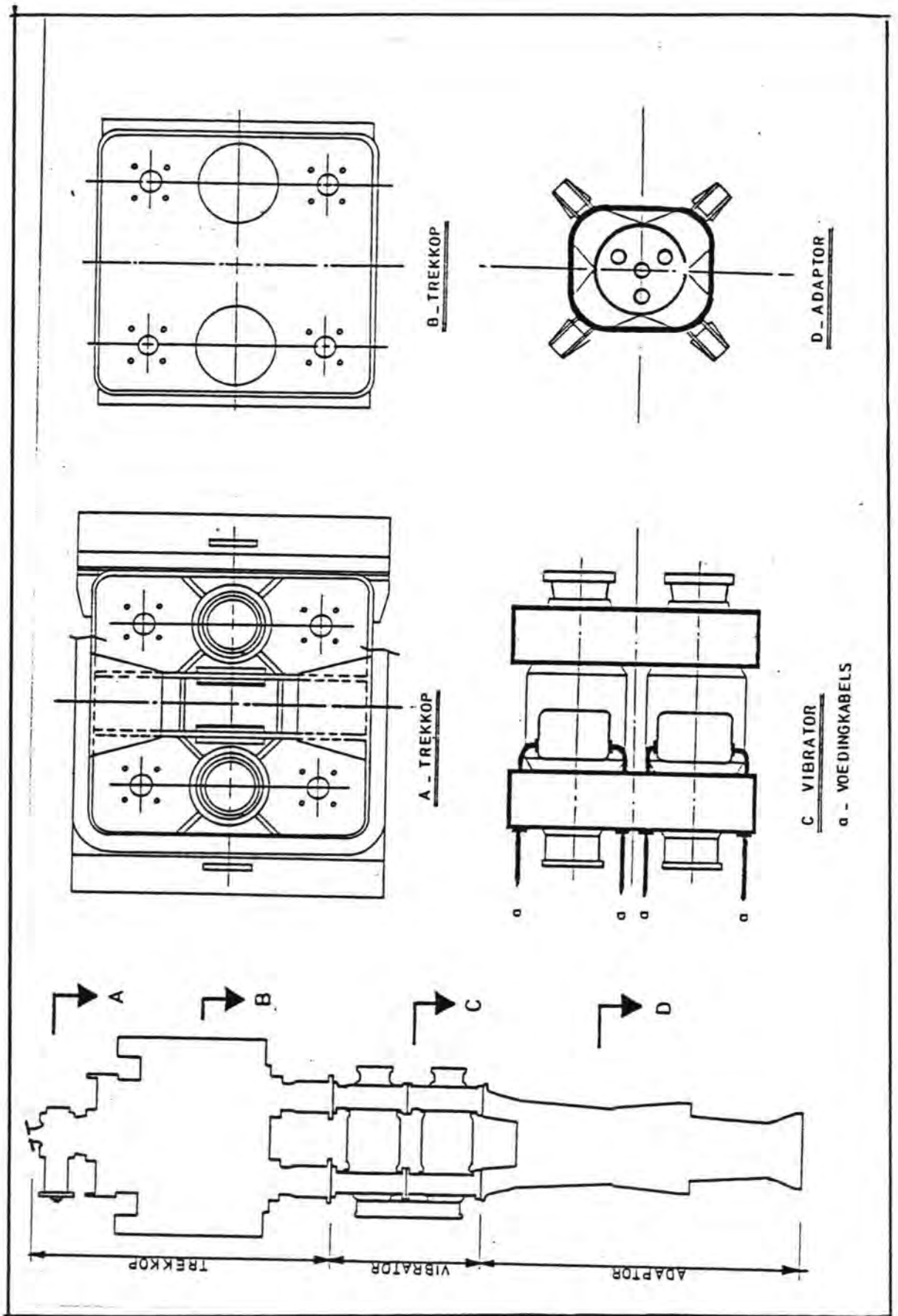
Figuur 7.5.



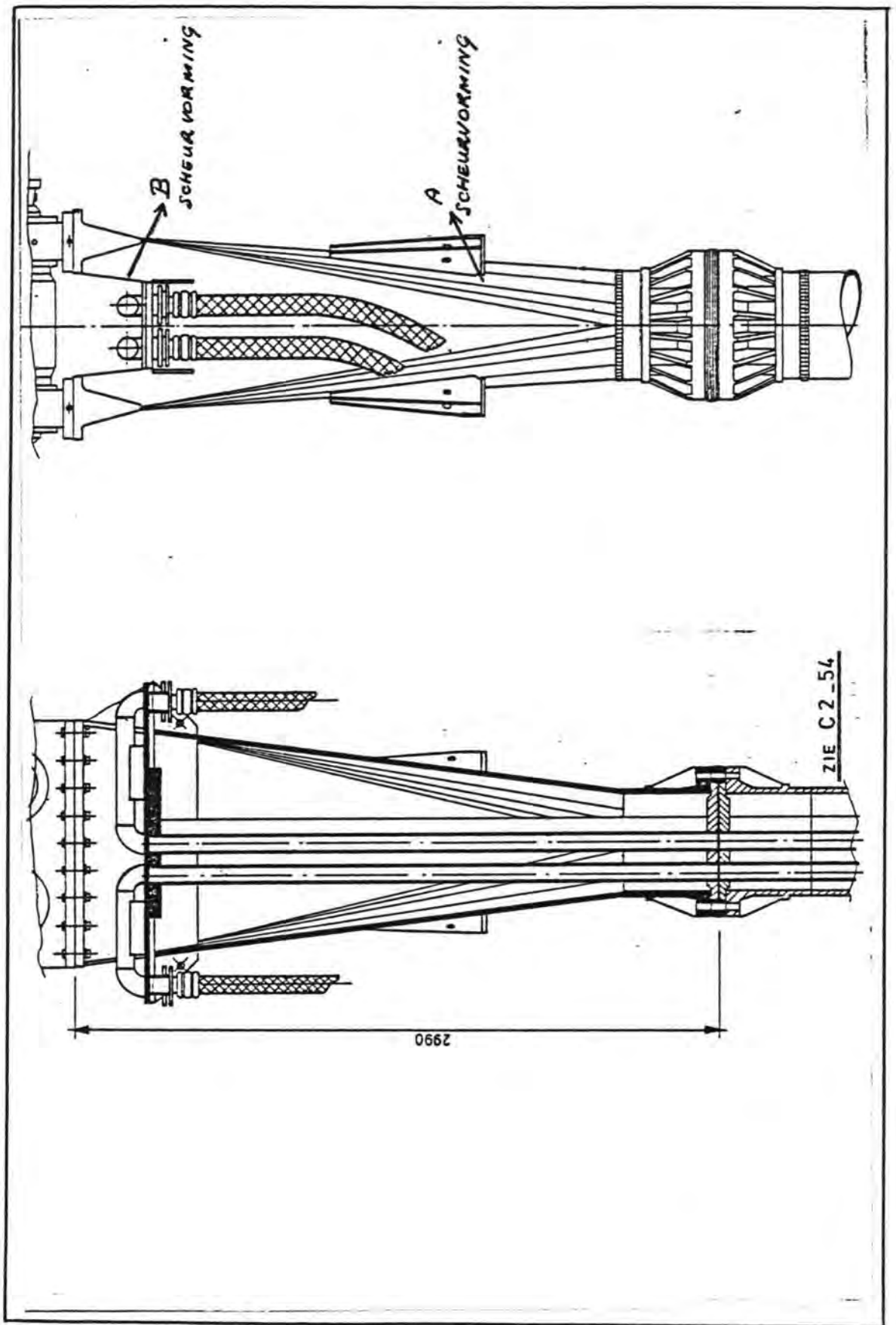
Figuur 7.6.



Figuur 7.7.



Figuur 7.8.



Figuur 7.9.

7.7. Materiaal specificatie vibrator HV-120

a. Trilunit

zijschilden	: GGG 40.3 volgens DIN 1693 pag. 2
excenters	: ST. 52.3 werkstofnr. 1-0841
lagers	: normklasse C4 hoofdlagers NU 326 MA SIP 54
lagerhuizen	: ST. 52.3 werkstofnr. 1-0841
bouten	: volgens DIN 912 - 12.9
tandwielkast	: GGG 40.3 vlg DIN 1693 pag. 2
tandwielen	: vlg DIN 1.7225
kabels	: Siemens HO 7 RN-F vlg DIN 57282
stekkers	: Schaltbau E 57-4.110 eB en e St.
motoren	: vlg VDE 0530 en IEC 85/34 marzahl EB 225 M 4 - 2/280 380 V 50 Hz 1475 RPM 30 KW 58 A 2975 RPM 35 KW 62 A
schakelkast	: vlg VDE 0113 DIN 57113 en IEC 204
smering	: Syntol olie 660 HXY
siliconenrubber	: RTV-E-602
V-ringen	: VITON V-95-S
olie keerringen	: VITON GR-85x110x12
tandriemen	: oorspronkelijk Fenner nr. 700 H300 : later Power Grip (uniroyal) HTD 1890 14 M 70
tandriemschijven	: oorspronkelijk Fenner nr. 32 H 300 : later Power Grip (uniroyal) 37-14 M 70/10 CWF

7.8. Materiaalspecificatie schachten en resonatoren

1. pijp ϕ 508 x 25 mat FG 36 T vlg's Werkstofblatt 240 R
 ϕ 558 x 25 mat FG 36 T vlg's Werkstofblatt 240 R
 ϕ 762 x 25 mat FG 36 T vlg's Werkstofblatt 240 R
 overgang ϕ 508 x ϕ 762 mat FG 36 T vlg's Werkstofblatt 240 B
 ϕ 762 x ϕ 558 mat FG 36 T vlg's Werkstofblatt 240 B

 2. pijpflenzen ϕ 700 mat GST 23 Mn Ni 5.2. volgens NEN 6007
 ϕ 1000 aangevuld met de volgende voorwaarden:
 - a. mechanische eigenschappen
 - 0,2 rekgrens min. 30 kgf/mm²
 - treksterkte min. 52 kgf/mm²
 - rek Adp5 min. 22%
 - insnoering min. 40%
 - kerfslagwaarden KCU 10/3 min. 6 kgfm/cm² bij 0° C.

 - b. chemische samenstelling van Gst 23 Mn Ni 5.2.
 - C max 0,25%
 - Si max 0,3-0,5%
 - Mn max 1-1,25%
 - Ni max 0,5-0,8%
 - P max 0,04%
 - S max 0,04% (P + S) max 0,06%restelementen volgens NEN 6007.
-
3. Flensplaten ϕ 560
 ϕ 842 mat. Gst 45 K volgens NEN 6007
-
4. Water- en luchttoevoerpijpen mat. A 106 gr. B volgens ASTM
-
5. Plaatmateriaal mat. Fe 510 D volgens Euronorm 25-72.
-
6. Centreerpennen mat. C 45 volgens DIN 1652.
-
7. Tapeinden kwal. 10.9 volgens NEN 2333
 Moeren H.V. kwal. 10. volgens NEN 5512
 Dopmoeren volgens NEN 1617
 Sluitringen H.V. volgens NEN 5513
-
8. Sproeiarmen roestvrij staal volgens AISI 316
-
9. Rubber schijven en ringen kwal. Vredestein 89/78.

b. TREK-HEIKOP

- lichaam : ST 37.2 volgens DIN 17.100
- geleide kolommen : Staal 52.3 Werkstofnr. 1.0841
- rubberbuffers : Oliebestendig 55° shore
- rubber kolommen : Oliebestendig 55° shore

Het geheel gebouwd volgens NEN 1062

Het gloeiproces voor de betreffende staalsoort geschiedt volgens de daarvoor geldende normen en gloeicurve.

c. ADAPTOR

- Materiaal : Staal 52.3 Werkstofnr. 1.0841
- Wandsterkte : 25 mm

Het geheel opgebouwd volgens NEN 1062.

Het gloeiproces voor de betreffende staalsoort geschiedt volgens de daarvoor geldende normen en gloeicurve.

d. GEWICHTEN

Trek-heikop	6.2 t
Trilunit	6.0 t
Adaptor	3.2 t
Extra gewicht	<u>8.0 t</u>
Totaal gewicht	23.4 t

8. Ervaringen met de trilnaalden gedurende de as-verdichting

In dit hoofdstuk worden de ervaringen met de trilnaalden, opgedaan tijdens het verdichten van de ondergrond t.p.v. as van de SVK, en de daarbij opgetreden problemen behandeld.

Achtereenvolgens worden beschouwd:

- 8.1. Trekkoppen
- 8.2. Vibratoren
- 8.3. Adaptors
- 8.4. Korte-, lange- en verlengschachten
- 8.5. Resonatoren met punten en nozzles
- 8.6. Water- en luchtleidingen

8.1. Trekkop

De trekkop is het onderdeel van de trilnaald, welke de minste bedrijfsstoringen heeft gehad. De mankementen welke zijn opgetreden hebben de productie nauwelijks beïnvloed.

A: Tijdens de montage van de ophangpen A (zie figuur 7.7.) is het meerdere malen voorgekomen dat de ophangwangen iets verbogen. Het is namelijk zeer moeilijk vast te stellen of de pen, als deze gedemonteerd moet worden, verticaal ontlast is. Om dit euvel te voorkomen zou de constructie veel stijver gemaakt moeten worden. Dit is echter niet uitgevoerd, daar de kosten voor het richten laag zijn.

B: In de ophangwangen is bij B (zie figuur 7.7.) scheurvorming opgetreden. Door het uithollen van de platen is, teneinde een beter spanningsverloop in de materiaalovergang ter voorkoming van vermoeidheidsscheuren te verkrijgen, een grote verbetering bereikt.

C: Vetsmering:

- a. Volgens de fabricant diende de smering 1 maal per 4 draaiuren te geschieden met Moluballoy BR 2. Aangezien dit veel te bewerkelijk was, is in overleg met de fabricant besloten tot het aanbrengen van vetpatronen Perma 1 type LE 1275 (multipurpose vet) met een standtijd van 1 maand.
- b. Bij inspecties is gebleken dat de slijtage van de 4 stuks bronzen bussen vrij groot was; hiertoe zijn de volgende maatregelen genomen:
 - in de bussen zijn spiraalvormige smeergroeven aangebracht
 - een extra smeerpunt op de bussen
 - de ruimte tussen onderste en bovenste bus is geheel opgevuld met vet
 - regelmatig doorpompen met een vetspuit (hierbij zijn de vetpatronen verwijderd en vervangen door smeernippels, teneinde beschadiging van de plastic patronen te voorkomen).

8.2. De vibratoren

De trilnaalden zijn oorspronkelijk uitgevoerd met 2 units type HV-60 met de mogelijkheid dit aantal uit te breiden tot 3 units. Verder bestond de mogelijkheid te draaien met 2 verschillende frequenties, nl. 25 en 50 Hz (1500 en 3000 RPM). De slagkracht bedraagt 2 x 60 ton = 120 ton. Het vermogen 2 x 60 kW = 120 kW (figuur 8.1.).

8.2.1. Werken met een frequentie van 50 Hz

Tijdens de beproeving bleek dat het onmogelijk was om met een frequentie van 50 Hz te werken. De eigen frequentie van de naalden ligt bij ± 36 Hz. Het was echter onmogelijk om met het beschikbare vermogen, door de eigen frequentie te komen.

Het elektrische schakelsysteem is daarom zodanig gewijzigd, dat het onmogelijk werd, de installatie op 50 Hz te schakelen. De motoren behoeften hiervoor niet te worden gewijzigd.

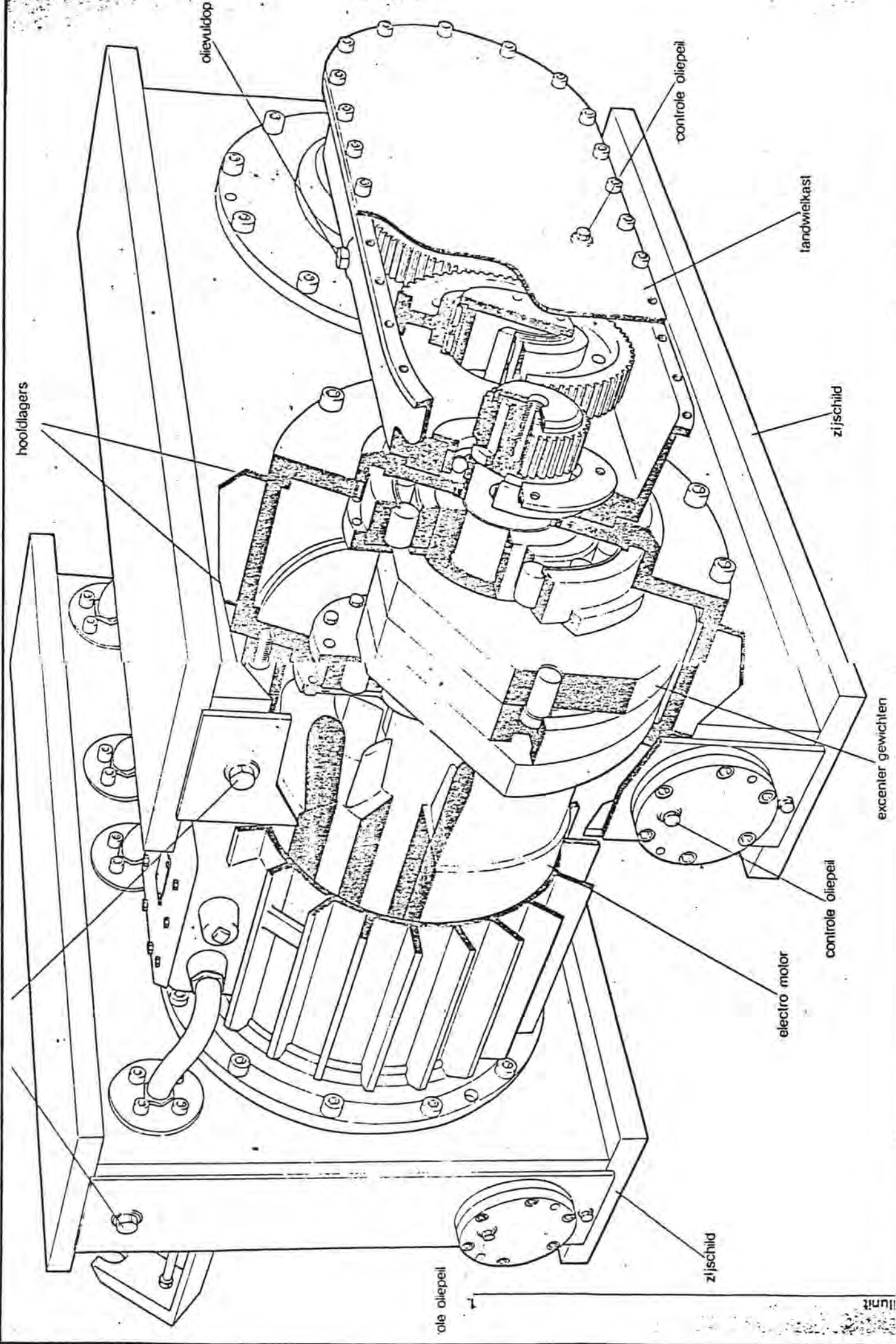
8.2.2. Vermogen van de vibrator

Tijdens het verdichten bleek dat de vibratoren regelmatig door de thermische beveiliging uitgeschakeld werden. De oorzaak hiervan was overbelasting van de electromotoren. Vastgesteld werd dat met name in de zomer de motoren gemiddeld met 30% gedurende meer dan 50% van de bedrijfstijd en soms zelfs tot $\pm 50%$ overbelast werden.

Alleen bij voldoende lage omgevingstemperatuur en voldoende wind was de koeling zodanig dat thermische uitval niet optrad.

8.2.3. Samenvatting van de onderzochte mogelijkheden voor het oplossen van de problemen met betrekking tot de overbelasting van de vibratoren

Mogelijkheden	Oplossing	Consequenties
1. Het maximum van het af te geven vermogen verminderen van 90 kW naar 70 kW	Gecombineerd met slagkrachtvermindering	- Niet bekend is wat de invloed hiervan is op de tijdsduur per meter verdichten - De levensduur van vibrator en naald neemt toe
2. Het verminderen van het wrijvingsoppervlak van de resonator	a. bij gelijkblijvende diameter van de resonatoren (bijv. 1 à 2 platen verwijderen) b. verkleinen van de diameter van de resonator (bijv. van alle bladen een stuk eraf	- Moet de triltijd bij gelijkblijvend stapafstand worden verlengd? - Wat is de invloed op de homogeniteit van het verdichten - Moet de stapafstand worden verkleind of triltijd worden verlengd?



Figuur 8.1.

Mogelijkheden	Oplossing	Consequenties
3. Het vergroten van de verticale stapafstand (bijv. 1,50m trekken i.p.v. 1,00m)	De verwachting is dat wellicht het aanvangsvermogen bij het verdichten van elke stap verder terug loopt. Het maximum moet wel bij 90kW blijven liggen.	- Mogelijk enige tijdsverlenging per verdichtingsstap
4. Het bijplaatsen van een 3e motorunit en het verlagen van de slagkracht van de vibrator tot 120 t	Alle huidige parameters blijven ongewijzigd	Het vermogen blijft beneden de 60 kW per unit
5. Het toepassen van een geforceerde koeling werd niet als een reële oplossing gezien. De gevolgen van overbelasting worden weliswaar minder problematisch maar de oorzaak zou hierdoor niet worden opgelost.		

Analyse mogelijkheden 1 t/m 4

ad 1

Minder vermogen door slagkracht vermindering

Constructief mogelijk door hoekverdraaiing van de excentergewichten of door reducering van deze gewichten. Proeven hebben aangetoond dat minimaal 110 ton slagkracht benodigd is om met de toegepaste werkwijze een voldoende verdichtingsgraad te bereiken. Bij lagere slagkracht moet de triltijd aanzienlijk worden vergroot, hetgeen dienovereenkomstig ook een aanzienlijk verlaging van de productie zou betekenen. Proeven met 110 ton slagkracht hebben aangetoond dat de optredende overbelasting nog steeds $\pm 50\%$ bedroeg.

ad 2

Vermindering wrijvingsoppervlak resonatoren

De grote onbekende hierbij is tot welke waarde dit oppervlak mag worden teruggebracht, zonder dat er gevaar bestaat dat de omringende grondcilinder niet meer voldoende gemobiliseerd wordt. Waarschijnlijk heeft dit echter directe invloed op de stapafstand - dus werkt productieverlagend.

ad 3

Vergroten verticale stapafstand

Levert te veel onzekerheden i.v.m. de kwaliteit van het verdichtingsproces.

Ad 4

Bijplaatsen 3e unit en aanpassing slagkracht op 120 t

Constructief was reeds voorzien in de mogelijkheid van het installeren van een 3e unit - dus geen constructieve problemen. De totale slagkracht zou aldus $3 \times 60 \text{ t} = 180 \text{ t}$ gaan bedragen. Daar dit echter de belasting van de andere trilnaald onderdelen ontoelaatbaar zou verhogen moest de slagkracht tot $3 \times 40 \text{ t} = 120 \text{ t}$ teruggebracht worden. Hiertoe moesten de excentergewichten aangepast worden.

Toegepaste oplossing

Uit hoofde van de voorgaande overwegingen en uitgevoerde proeven werd besloten tot het uitbreiden van het vibratorunit-aantal tot 3 stuks en aanpassing van de slagkracht tot 120 t

Tijdens de ombouw van de vibratoren - andere excentergewichten - is tevens de constructie van de excentergewichten gewijzigd. Deze waren namelijk voorzien van losse schuivende gewichten, i.v.m. het integenovergestelde draairichting draaien bij het werken met 50 Hz. Bij het dubbele toerental moest namelijk de slagkracht ($2 \times 60 \text{ t}$) gehandhaafd blijven.

Na de ombouw tot 3 units zijn de vermogens problemen grotendeels opgelost. Alleen bij hoge omgevingstemperaturen kwam het wel eens voor dat de motoren thermisch uitvielen. Er is namelijk gebleken dat de middelste unit t.g.v. minder goede koeling (opgesloten tussen bovenste en onderste) bij extreme omstandigheden nog weleens thermisch overbelast werd.

8.2.4. Electromotoren (figuur 8.2)

a. De wikkelingen van de statoren zijn geïsoleerd met een materiaal wat niet bestand is tegen de gebruikte olie Syntol 660 HXY; daarom is er op nog een kunstharslaag aangebracht teneinde het isolatiemateriaal te beschermen tegen deze olie.

T.g.v. de hoge bedrijfstemperatuur traden scheurtjes op in de kunstharsbeschermlaag, waardoor toch het isolatiemateriaal aangetast werd. Hierdoor trad sluiting op in de wikkelingen, waardoor diverse motoren voortijdig moesten worden overhaald.

- b. De wikkeling koppelen van de motoren worden extra ondersteund door een ingegoten siliconenmassa om beschadiging t.g.v. trillingen te voorkomen. Na uitgevoerde reparaties aan de motoren (o.a. vernieuwen van deze siliconenmassa) bleek dat de siliconenmassa niet voldoende uitgehard was, waardoor de deze uit de condenswateraftapgaten lekte. Bij nader onderzoek bleek dat de giethoogte van ± 10 cm te veel was om met de gebruikte siliconenmassa een voldoende aarding te bereiken. Bij het vulcaniseringsproces komen splijtproducten vrij die moeten kunnen ontwijken, bij grotere diktes gaat het daardoor erg lang duren voordat de massa volledig ge vulcaniseerd is. Nadat overgegaan is op een zogenaamd additief polymeriserend siliconenrubber (Wacker RTV-ME 607) waarbij zich geen splijtproducten (die moeten ontwijken) vormen, hebben zich hiermee geen verdere moeilijkheden voorgedaan.
- c. De bekabeling in de aansluitkastjes van de motoren is eveneens ingegoten met siliconenmassa. Hierbij is hetzelfde probleem als bij b. opgetreden.
- d. De bereikte levensduur van de hoofdagers van de vibratorunits is korter dan verwacht werd. Hoewel de slagkracht per unit tot 40 t gereduceerd is en er slechts met 1500 en niet met 3000 RPM gedraaid is, zijn er reeds meerdere lagers vernieuwd. Aangezien de lagers speciaal geselecteerd moesten worden qua maattoleranties (minimale speling tussen ringen en rollen) was de levertijd lang (± 9 mnd) en de prijs vrij hoog.
- e. De vermogensopname van de verschillende motoren in een vibrator heeft onderling vrij sterk gevarieerd. Het gevolg is een vrij hoge belasting op de tandwiel en tandriem overbrengingen die voor de synchronisatie zorgen. De oorzaak van deze onderlingen verschillen is te wijten aan de dynamische reacties van de trilnaalden. De reactie van de resonator in de grond bereikt via de schacht het trilblok met de excentergewichten. Deze krijgen tijdens het draaien versnellingen en vertragingen, waardoor wijzigingen optreden in het magnetisch veld en een blindstroomverschuiving ($\cos \varphi$) ontstaat.
- f. De thermistors (fabricaat Siemens) die voor de temperatuur beveiliging van de electromotoren zorgen, zijn origineel ingebouwd in het wikkelingen pakket en afgesteld op 140°C . Deze thermistors zijn diverse malen defect geraakt. Hiertoe zijn ze verplaatst naar een plaats buiten de wikkelingen en afgesteld op 130°C . Dit heeft tot een positief resultaat geleid.

- g. In de begin periode hebben de elektrische stekkers vaak problemen opgeleverd. Er ontstond regelmatig vochtvorming in de stekkers en hierdoor kortsluiting.

Door de leverancier werd voorgesteld de stekkers vol te gieten met siliconenmassa; dit had echter niet het gewenste resultaat. Later bleek dat de pakkingring, t.p.v. de kabelinvoering niet de juiste passing had voor de gebruikte kabeldiameter. D.m.v. spiraalvormige ringen is een betere afdichting verkregen.

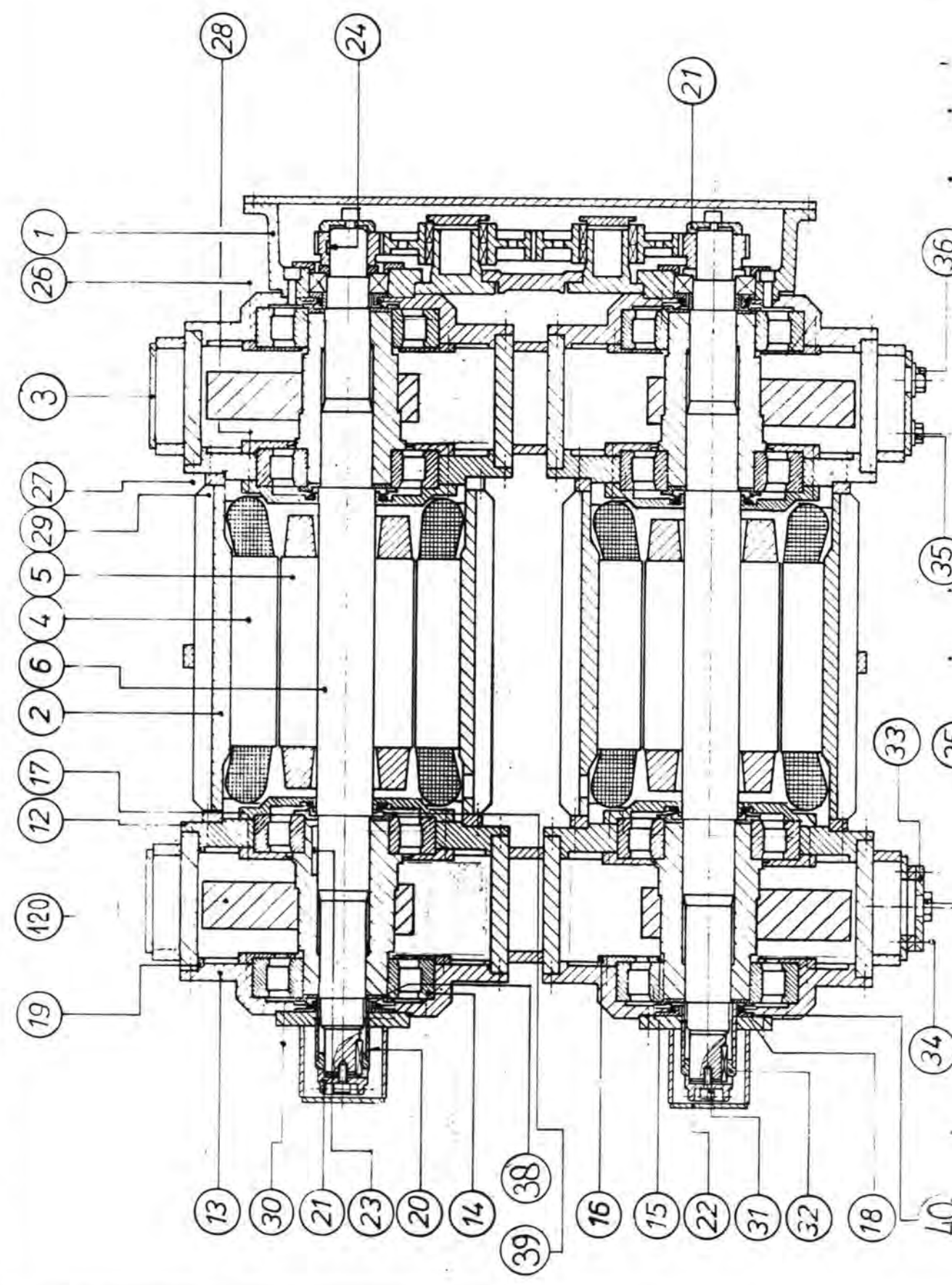
8.2.5. Tandwiel- en tandriem overbrenging (figuren 8.3 t/m 8.6)

De tandwieloverbrenging zorgt het synchroon lopen van de 2 electromotoren van elke unit (zie figuur 8.3), alsmede van de 2 resp. 3 units onderling (zie figuur 8.4 en 8.5.).

- a. De tandwielen vertoonden na verloop van tijd "pitting". Dit is het gevolg van overbelasting veroorzaakt door de optredende verschillen in vermogensopname van de verschillende electromotoren.
- b. Om dezelfde reden als bij a is het veelvuldig voorgekomen dat de tandriemen over de tandriempulleys slipten. Hiertoe moesten in tegenstelling tot de tandwieloverbrenging, de units herhaaldelijk opnieuw afgesteld worden, daar door het slippen, de synchronisatie niet meer klopte. Ter voorkoming van dit euvel zijn de pulleys en tandriemen vervangen voor een aanzienlijk zwaardere uitvoering (fabricaat Uniroyal), hetgeen tot een positief resultaat leidde.
- c. Na de ombouw van 2 naar 3 vibratorunits en het aanpassen van de excentergewichten traden problemen op met olie lekkage via de V-manchetten. Bij controle is gebleken dat de maatvoering van enkele onderdelen zeer slecht was, afwijkingen tot 2 mm kwamen voor (maat a-b-c in figuur 8.6). Dit maakte de uitwisselbaarheid van de onderdelen zeer problematisch. Verder leverde de montage zeer grote problemen op na reparaties. Er moest gewerkt worden met o.a. vulringen. Daarnaast eiste dit een grote vakbekwaamheid van de monteurs.
Er zijn nog proeven uitgevoerd met 2 V-manchetten en een combinatie van V- en Quad manchetten, echter zonder succes.
- d. De tandwielkasten waren niet voorzien van kijkglazen ter controle van het oliepeil. Deze zijn later aangebracht.
- e. In de deksels van de tandriemkasten zijn controle glazen gemaakt ten-einde de stand van de excentergewichten te kunnen controleren.
Dit om eventueel opgetreden slip van de tandriemen op een gemakkelijkere manier te kunnen vaststellen.

Hera

Product : VIBRATOR HV - 40
Erzeugnis :
Produit :
Produkt :

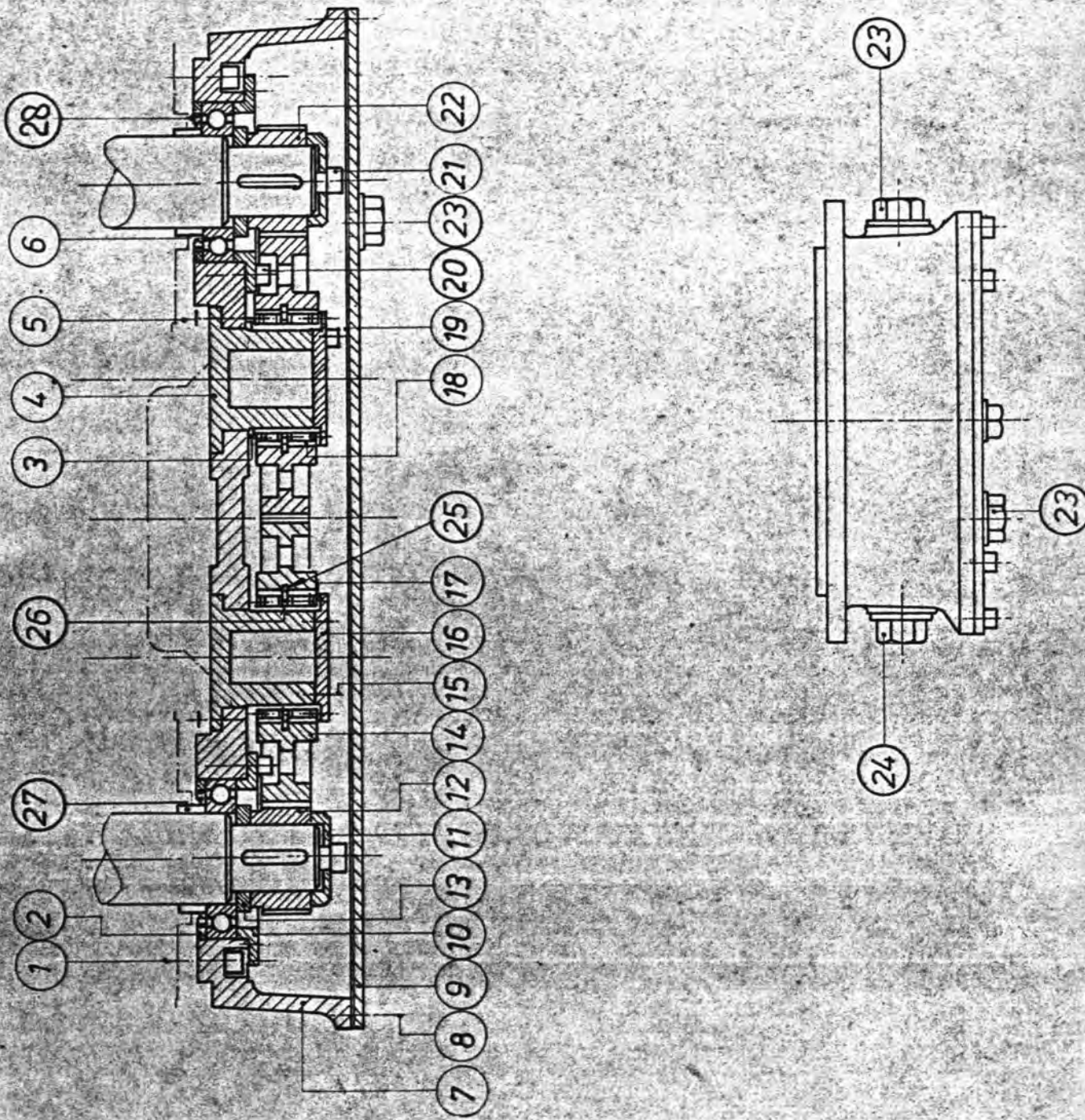


Figuur 8.2.

Hera

Product
Erzeugnis
Produit
Produkt

VIBRATOR HV-40

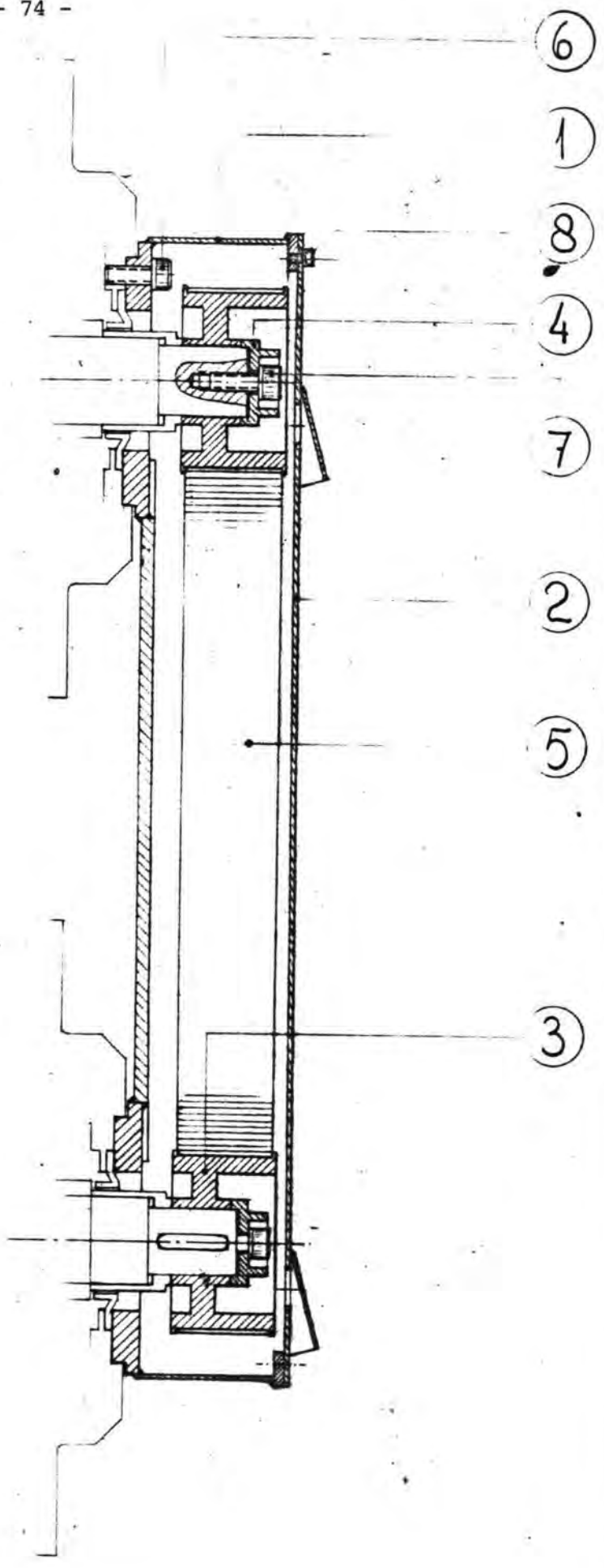


Figuur 8.3.

Hera

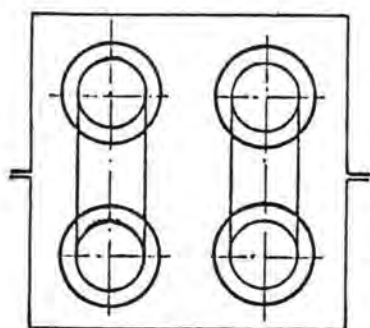
VIBRATOR HV-120 S

TANDRIEMKAST

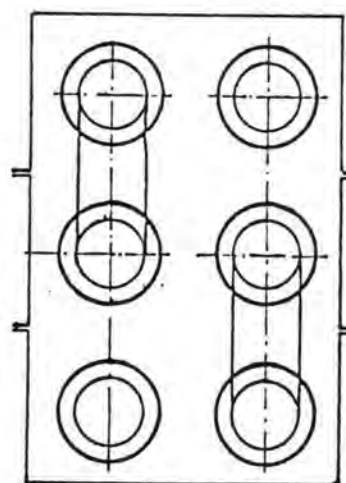


Figuur 8.4.

Koppeling units d.m.v. tandriemen.

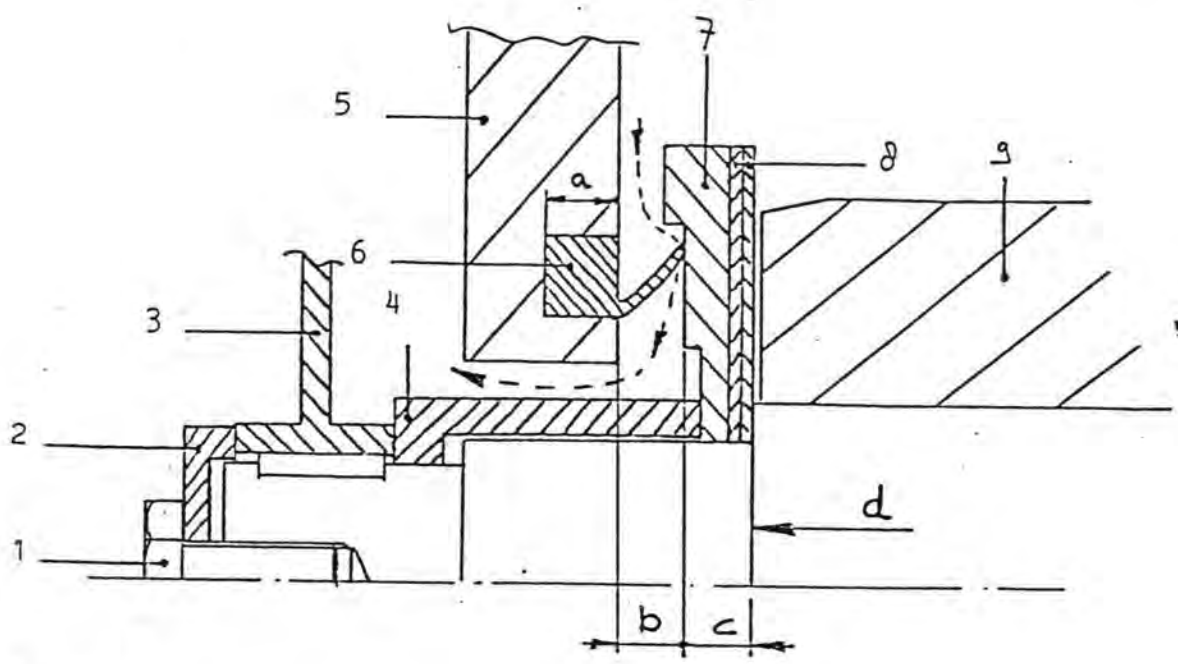


2 Units



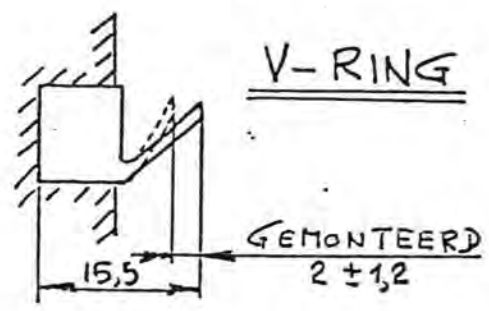
3 Units

Figuur 8.5.



- 1 - bout
- 2 - drukring I
- 3 - naaf tandriempeolie...
- 4 - drukring II
- 5 - huis
- 6 - V-ring
- 7 - loopring
- 8 - vulringen
- 9 - binnenring exenter-lager

---> stroomrichting
olielek



Figuur 8.6.

8.2.6. Müller vibrator (figuur 8.7.)

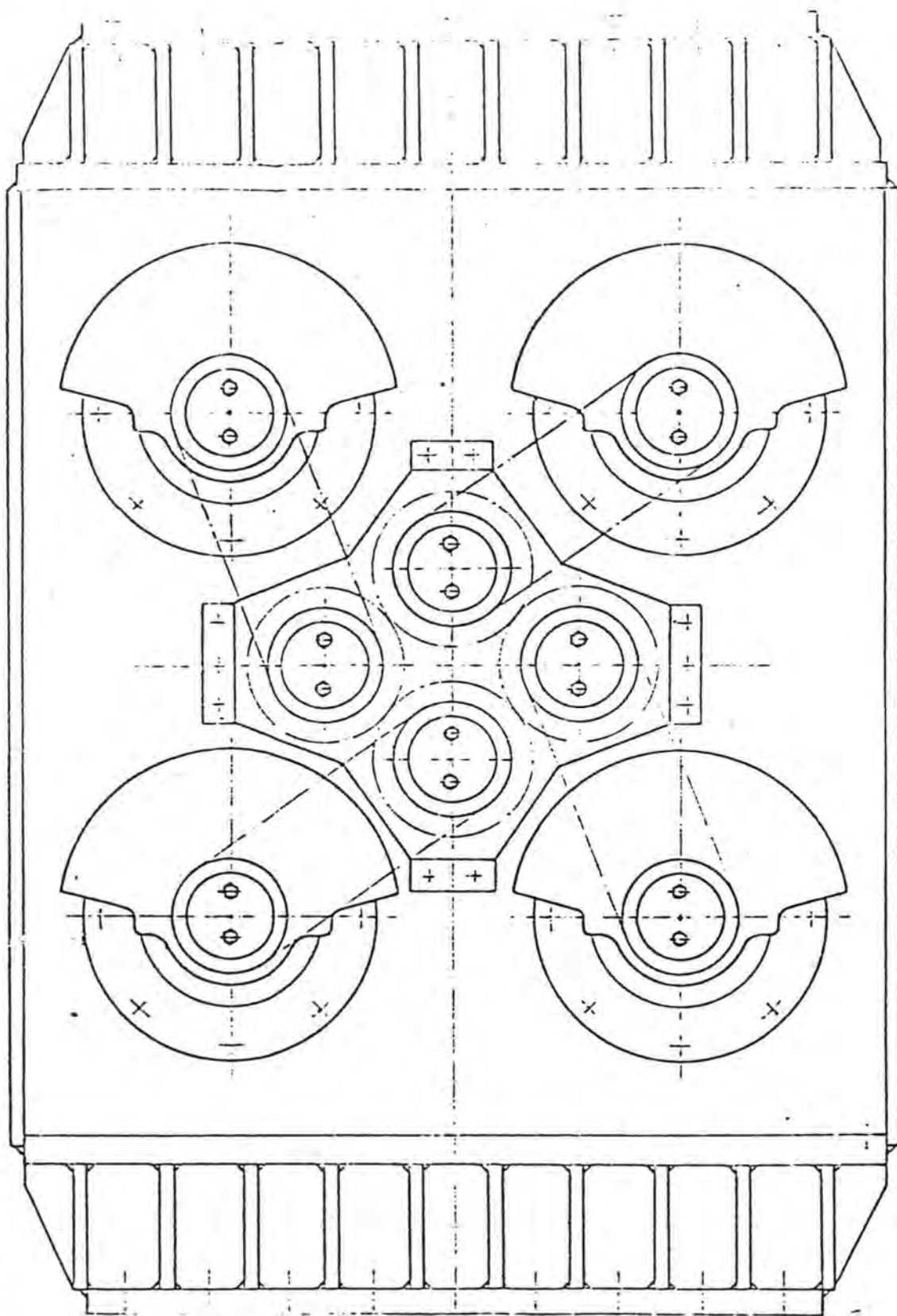
In verband met de optredende vibratorproblemen is nog overwogen ter uitbreiding van de reserve hoeveelheid vibratoren de Müller vibrator toe te passen (MS-40 ed.).

Deze had dezelfde slagkracht van 120 t als de Hera vibrator, echter met 4 i.p.v. 6 motoren.

De uitvoering van de Müller vibrator was robuuster en minder gecompliceerd.

Er bleken echter zeer grote complicaties te ontstaan bij het elektrisch aansluiten van de 4 motoren aan de bestaande starterkasten. Müller heeft daarna nog een voorstel gemaakt, door het aantal motoren eveneens op 6 stuks te brengen.

Hierdoor vervielen de voordelen van de Müller vibrator echter weer grotendeels.



MÜLLER VIBRATOR

HET 4 MOTOREN.

Figuur 8.7.

8.3. Adaptors

De tijdens het werk voorgekomen problemen met de adaptors zijn als volgt onder te verdelen:

- A: Scheurvorming in het conische gedeelte t.p.v. de onderzijde van de opgelaste steunnokken (figuur 7.9.)
- B: Scheurvorming in de hoek t.p.v. pijpbevestigingsplaat, voor de lucht- en waterpijpen (figuur 7.9.)
- C: Breuk lucht- en waterpijpen.
- D: Boutverbinding adaptor/vibrator (M24).

Ad A

Ter plaatse van de onderzijde van de opgelaste steunnokken traden hoge spanningsconcentraties op die ondanks uitgloeien van de adaptor, vermoeidheidscheurtjes in het adaptormateriaal tot gevolg hadden.

Een grote verbetering is bereikt door een flinke afronding aan te brengen aan de onderzijde van de steunnokken, zodat de materiaalovergang veel minder abrupt is (figuur 7.7.).

Tevens zijn de lassen hol uitgevoerd en het laswerk en overgangen goed nabewerkt door middel van slijpen, teneinde de nerfwerking te reduceren.

Ad B

Scheurvorming in de hoek ter plaatse van bevestigingsplaat voor de pijpen (figuur 8.8.)

Reeds vrij snel trad er scheurvorming op in de hoeken (sub 1 figuur 8.8.). In het begin werd gerepareerd door de scheuren uit te gutsen en te lassen. Dit leidde echter niet tot enige verbetering, daar het constructieve probleem bleef bestaan.

Een bijkomend verschijnsel was dat de 2 bovenflenzen niet meer in 1 vlak lagen en de steek van de boutgaten (van flens tot flens) afwijkingen vertoonden, zodat de maten niet meer met die van de vibratorflenzen correspondeerden.

De flenzen moeten daarom steeds gericht en gevlakt worden. Een volgende stap was het uithollen van de constructie (sub 2 figuur 8.8.). Dit leidde echter niet tot een bevredigende verbetering van de problemen. De scheurvorming was verbeterd, het in lijn blijven van de flenzen echter niet. Tenslotte is besloten de constructie van het bovendeel van de adaptor te wijzigen (sub 3 figuur 8.8). Deze wijziging heeft tot een aanzienlijke verbetering geleid. Het is van groot belang geweest het laswerk zorgvuldig uit te voeren en het plegen van lasonderzoek, alsmede een goede warmtebehandeling.

Ad C

Zie hoofdstuk 8.3. (water- en luchtleidingen).

Ad D

De flensverbindingen van de verschillende onderdelen rondom de vibrator hebben eveneens een punt van voortdurende aandacht gevormd. De tapeinden (M24 kwaliteit 21.9) moeten met de juiste voorspanning aangebracht worden.

Dit wordt gedaan m.b.v. een moment-sleutel. Desondanks is het moeilijk hierbij een redelijke nauwkeurigheid te bereiken, o.a. door een wel of niet ingevette schroefdraad en aanlegvlakken van verschillende oppervlakteruwheid. Een ander belangrijk gegeven voor de strekte van de tapeinden is het vlak alsmede parallel zijn van de achterzijde van de flensverbindingen.

Verder is gebleken dat de bewerking en nabewerking van de tapeinden door de fabricant met voldoende zorg moet geschieden.

ADAPTOR - BOVENDEEL.

FIG. 1

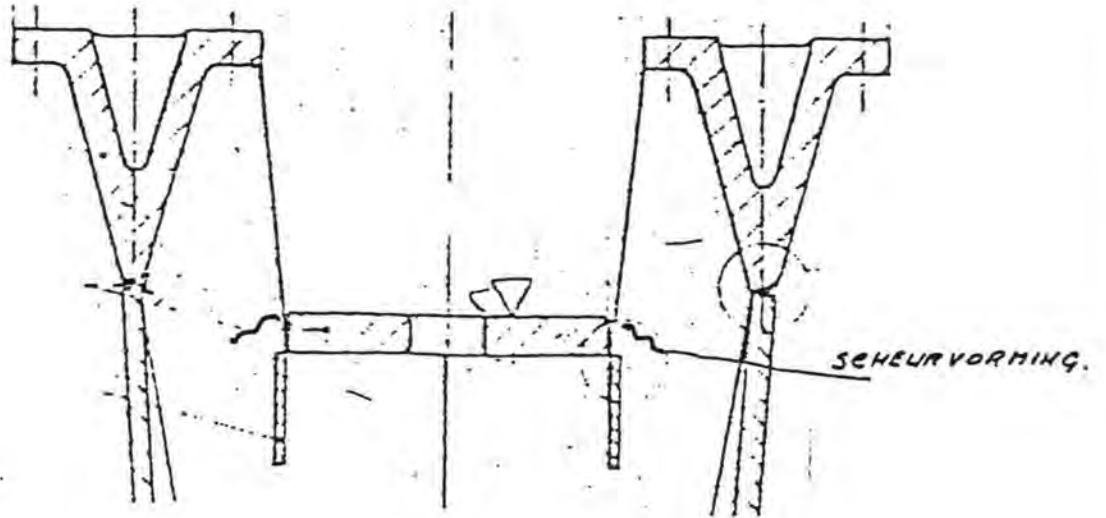


FIG. 2

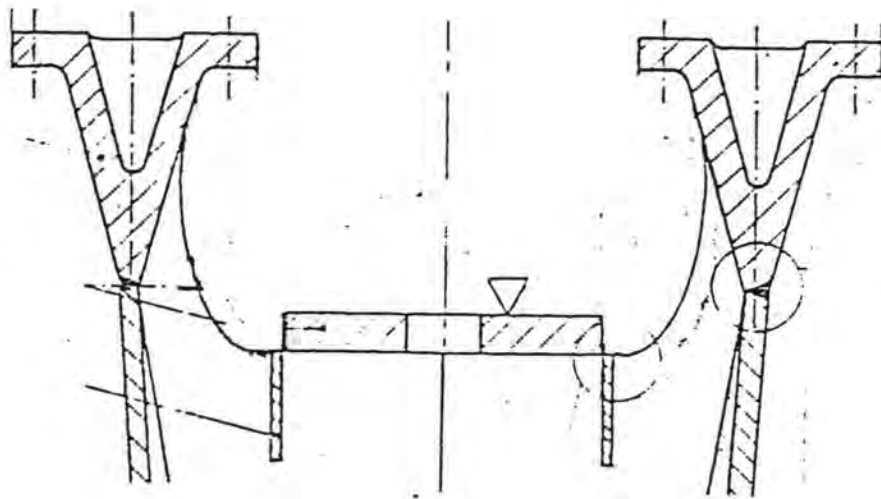
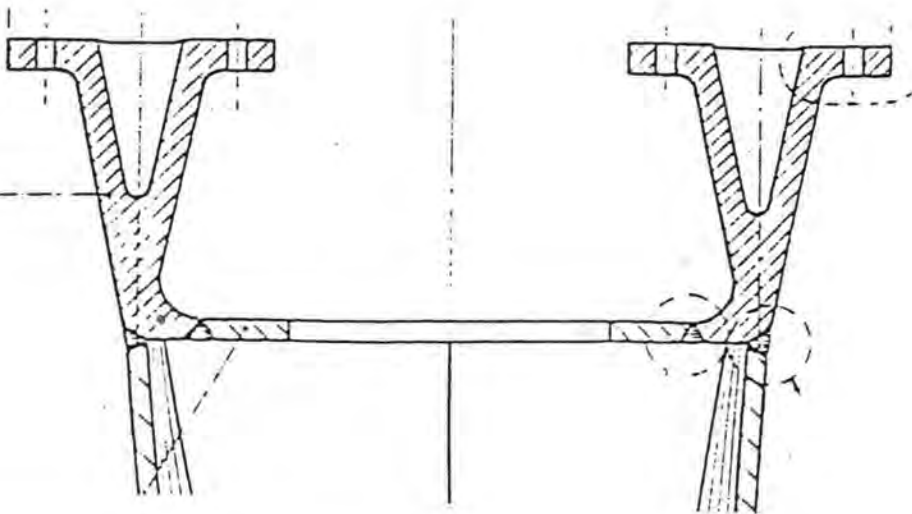


FIG. 3



Figuur 8.8.

8.4. Lange-, korte en verlengschachten

De opgetreden constructieve problemen als volgt onder te verdelen:

- A: Scheurvorming ter plaatse van de steunnokken
- B: Scheurvorming in de rondlasnaden
- C: Afbreken van de water- en luchtpijpen
- D: Boutverbinding flenzen (M30 en M36)

Ad A

Ter plaatse van de opgelaste steunnokken op de schachten trad scheurvorming op, veroorzaakt door de abrupte doorsnede- verandering van de schacht ter plaatse van de nokken.

Hierin is verbetering aangebracht door de platen van de nokken als het ware in te kerven, waardoor een meer geleidelijke overgang van de schachtdoorsnede werd verkregen (figuur 8.9.). Door toepassing van betere lasmethodes en het nabewerken door middel van slijpen werd de kwaliteit van het laswerk aanzienlijk verbeterd, waardoor de scheurvorming gereduceerd werd. Tevens werden de lassen en de directe omgeving magnetisch op scheuren onderzocht, zodat eventuele scheurvorming eerder kon worden waargenomen.

Door toepassing van een andere montagewijze aan boord, konden de nokken op de lange schachten vervallen, waardoor één storingsbron minder ontstond.

Ad B

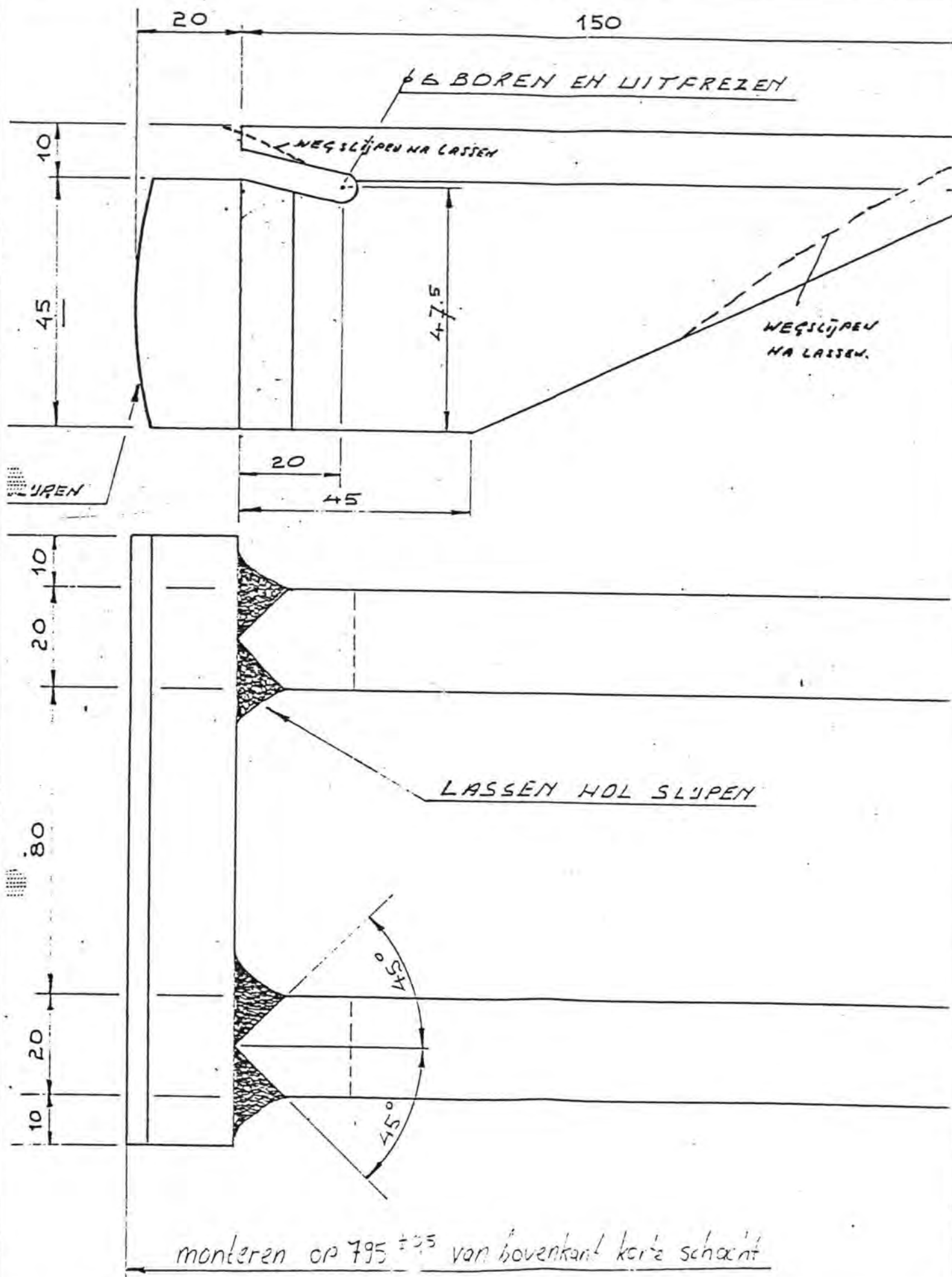
Scheurvorming rondlasnaden.

In de schachten ontstonden reeds vrij snel (na \pm 200 triluren) scheuren in de rondlasnaden. Deze scheurvorming is terug te voeren op de kwaliteit van het laswerk en de nabewerking van de las. De voorbewerking van de lasnaden leverde geen problemen op, echter wel het aanbrengen van een goede las en de nabewerking.

De lasnaden konden onderscheiden worden in:

1. Gesloten V-las - op bereikbare plaatsen (bij de flenzen)
2. Open V-las - op onbereikbare plaatsen (tussenliggende)

STEUNNOK OP KORTE SCHACHT.



Figuur 8.9.

Door Dosbouw is ten behoeve van de nabewerking van de lassen een speciaal slijpwagentje ontwikkeld om de lasnaad aan de binnenzijde van de schachten na te bewerken.

In overleg met lasexperts is de volgende lasmethode ontwikkeld en vervolgens toegepast:

1. De laskanten aan de pijp worden op de hiervoor beschreven wijze voorberekt met een ruheidswaarde van 60 Ru
2. De binnendiameters van beide pijpen worden zo bijgeslepen dat het verschil tussen Di 1 en Di 2 niet meer bedraagt dan 0,5 mm (High-Low = 0,5 mm)
3. De voorwarmtemperatuur komt niet boven 100°C en onder de 80° C en de interpass-temperatuur moet aan het maximum van 200° C voldoen.
4. Als eerste wordt een handgelegde CO₂ doorlas gelast met als beschermgas: Argon/CO₂ 80/20%. Type E70S-6, ϕ 0,8 mm, 40-60 A. 25 V, GMAW.
5. Een steunlas type E7028, ϕ 4 mm, 190-220 A, 20-30 V, SMAW. Na het leggen van deze tweede laslaag, wordt de rondas inwendig gladgeslepen t.b.v. RT onderzoek.
6. Er volgen \pm negen machinaal gelegde poederdek-lassen type EM12-F76 ϕ 3,2, 450-500 A, 30-32 V lassnelheid 40-60 cm/minuut
7. Na het lassen wordt de schacht rustig in lucht afgekoeld en teneinde tocht te voorkomen worden beide uiteinden van de schacht gedicht
8. De lassen worden van binnen en buiten goed gladgeslepen in delengterichting van de schacht om zelfs de kleinste kerven weg te halen. Dit wordt gecontroleerd door middel van Dye-Check.
9. De lassen worden 100% US onderzocht. Bij constatering van kleine fouten wordt de lasuitgeslepen, opnieuw volgelast en controleerd.
10. De las en de interpassnône spanningsarm worden op 650°C gegloeid.

Teneinde tijdig op de scheurvorming te kunnen inspelen, zijn de schachten en resonatoren na \pm 200 draaiuren aan een preventief onderzoek c.q. onderhoud onderworpen.

Indien de las tijdens reparaties afgekeurd wordt, worden de pijpsecties aan weerszijden van de las 10 cm ingekort. De ontbrekende 20 cm wordt dan naast een flens er weer tussen gelast.

In het oorspronkelijke ontwerp werden de water- en luchtpijpen in voorgespannen toestand in de schachten gemonteerd. In een later stadium zijn deze pijpen vervangen door slangen. Hierbij ging de voorspankracht in de schacht verloren, hetgeen een verzwakking van de schacht tot gevolg had (vergelijk voorgespannen betonpalen). Er werd daarom besloten de wanddikte van de schachten te vergroten van 25 naar 30 mm. Dit leverde tevens het voordeel van een sterkere rondlasnaadverbinding op.

De totale levensduur van de 25 mm schachten bedroeg gemiddeld 1700 triluren, waarna de schacht afgekeurd werd. De bereikbare levensduur van de 30 mm schachten is nog niet bekend.

Het is gebleken dat vrij grote maatafwijkingen in de diameter van de pijpstukken, waaruit de schachten opgebouwd worden, voorkomen (tot ± 6 mm).

Het is dus van belang de pijpstukken te sorteren op maat.

In verband met de lange levertijd van het FG 36 T staal van de schachten, is bij een bestelling van nieuwe schachten overgegaan op API-5LX52 staal. De koudbroosheid hiervan heeft een iets slechtere waarde, tijdens het gebruik ervan zijn echter geen nadelige invloeden merkbaar geworden. Een bijkomend voordeel is het lagere prijsniveau (50% lager t.o.v. FG 36 T).

Het werken met verlengde trilnaalden

De verdichtingswerkzaamheden moesten plaatselijk in de Roompot tot diepten van ca. 38 m -N.A.P. worden uitgevoerd. Hiertoe zijn verlengstukken van ± 4 m' voor de schachten gemaakt, die geplaatst werden tussen de lange schachten en de resonator. De naadlengte werd hierdoor vergroot van 37,2 tot 41,2 m' door het tussenbouwen van 1 verlengschacht.

Tevens is nog een proef uitgevoerd met het tussenbouwen van 2 verlengschachten waardoor de naadlengte op 45,2 m' gebracht werd.

T.g.v. het verlengen van de trilnaalden, verandert de eigen frequentie van de naalden. De eigen frequentie bij een lengte van 45,2 m' komt in de buurt van de werkfrequentie (25 Hz). Hierdoor neemt de opslinging sterk toe en daarmee de belasting van de naald (opslinging ± 2 x zo groot als bij normale naald). Tijdens het werken met verlengde naalden bleek dan ook dat de schade aan de gehele naaldconstructie sterk toenam (afbreken van bouten in flenzen - slangen defect).

T.b.v. het werken met de verlengde trilnaald van 45,2 m' moest ook het waterspoelsysteem gewijzigd worden (dus aanpassing van de slangen in de schachten) teneinde spoeling te krijgen ter plaatse van de flensverbinding tussen de 2 verlengschachten van 4 m'. Deze extra spoeling werd afgeleid van het onderspoelingsysteem, echter t.p.v. vóór de regelkleppen van de onderspoeling, daar de extra spoeling moest kunnen werken als de onderspoeling afgezet was.

Een bijkomend probleem leverde de controle van de resonatoren op (punten, nozzles e.d.) aangezien dit gedeelte niet boven water gehesen kon worden. De inspectie en eventuele reparatie was hierdoor zeer tijdrovend.

Tevens viel op dat de extra lange naalden gingen vibreren in dwarsrichting van het schip. Deze vibratie wordt veroorzaakt door de waterstroming langs de naalden (Karman-wervels). Bij metingen door middel van rekstrookjes bleken de hierbij optredende buigspanningen echter niet groot te zijn, slechts enkele procenten van de toelaatbare spanning.

Ad C

Zie hoofdstuk 8.3.

Ad D:

De flensverbindingen tussen de schachten hebben regelmatig problemen opgeleverd door gebroken tapeinden.

De tapeinden worden op de vereiste voorspanning gebracht m.b.v. een moment-sleutel en krachtvermeerderaar.

Diverse invloeden, zoals een wel of niet vette schroefdraad, toestand aanlegvlakken e.d., veroorzaken echter afwijkingen in de aangebrachte voorspanning. Een betere, echter duurdere en tijdrovende manier is het meten van de verlenging van de tapeinden tijdens het onder voorspanning brengen.

Verdere belangrijke punten zijn:

- voldoende nauwkeurigheid bij de fabricage van de tapeinden door de fabricant.
- aanlegvlakken moeten vlak/parallel zijn aan de achterkant van de flezen.
- onderleggingen voldoende hard, zodat ze niet in elkaar gedrukt worden.

8.5. De resonator

De opgetreden problemen met de resonator concentreerden zich in hoofdzaak rond de resonatorpunt, de lucht- en waterpijpen (zie ook hoofdstuk 8.6 lucht- en waterleidingen) en de nozzles (figuur 8.10.).

Direct na het in bedrijf stellen van de trilnaalden hoopten de problemen rond de resonatorpunten zich reeds op:

1. De centrale bout waarmee de punt bevestigd werd, brak af.
2. De water- en luchtpijpen braken af; door de heiwering werd de bevestigingsplaat voor de punt en de punt zelf beschadigd (het is voorgekomen dat een pijp dwars door de punt naar buiten kwam).
3. De paspennen lieten los en vielen eruit.
4. De lucht- en jetpijpjes braken af.
5. De nozzles vielen uit de punt, schroefdraad totaal weggeslagen, klepjes werden beschadigd.
6. Er trad cavitatie op, onder andere in de schacht van de resonator en in de nozzles.

Ad 1

Getracht is dit probleem als volgt op te lossen:

- a. optimaliseren van de vormgeving van de bout.
- b. een andere materiaalkeus.
- c. vervanging van de bout door een lange stang vanaf de punt tot aan de bovenkant van de resonator; de stang werd later tevens nog gesteund door een ingelast kruis in de resonatorschacht.
- d. vervanging van de bout door de water- en luchtpijpen (met 8 t voorgespannen) de kracht over te laten nemen. De bout diende nu alleen nog ter bevestiging van de spits van de punt. Al deze wijzigingen hadden niet het gewenste resultaat ten gevolge (figuur 8.11.).

Tenslotte is er toe overgegaan de punt rondom aan de resonator vast te lassen. Dit had weliswaar het nadeel van moeilijker en tijdrovendere de- en montage, maar mede gezien het feit dat na verloop van tijd de water- en luchtpijpen bleken te kunnen vervallen, zodat de reparatie aanzienlijk verminderden, viel dit nadeel in het niet. Het vastlassen van de punt bleek de enigste en meest effectieve bevestigingsmethode. De punt werd nog extra vastgezet door knieën te lassen tussen de vibrator en de punt (figuur 8.12).

Ad 2

Zie hoofdstuk 8.6. (lucht- en waterpijpen)

Ad 3

De bevestiging van paspennen is gewijzigd door deze te voorzien van schroefdraad. Doordat in een later stadium de pijpen en het vastlassen van de punt vervielen, konden de paspennen vervallen.

Ad 4

De jetpijpjes bleken te zwak geconstrueerd te zijn; de wanddikte bedroeg slechts 3 mm.

De vormgeving werd veranderd, de buitendiameter werd taps verlopend uitgevoerd en de stand werd gewijzigd (verticaler).

Ten gevolge van de wijziging van de punt, konden de pijpjes later vervallen.

Ad 5

De nozzles werkten los, daar de schroefdraad (M 48 x 1,5) het begaf en de schroefdraad te fijn was (figuur 8.13).

In eerste instantie werd een schroefdraad van M 48 x 5 toegepast, welke echter niet bleek te voldoen (loswerken).

Vervolgens is de nozzle (klephuis) verbinding geheel gewijzigd. De schroefdraad werd vergroot tot M 64 x 5 en het aanlegvlak tussen klephuis en punt werd conisch (45°) uitgevoerd (figuur 8.14). T.g.v. deze aanpassing waren de problemen grotendeels opgelost.

De nozzles werden uitgevoerd met 1 centrale conische boring en een aantal schuin naar beneden gerichte sproeigatjes.

Deze kleine gaatjes raakten dikwijls verstopt.

De latere uitvoeringen zijn alleen voorzien van één centrale conische boring (figuur 8.14). De invloed van de vorm van de uitstroomopening van de nozzles is op geen enkele wijze waarneembaar geworden tijdens het indringproces van de trilnaald. Hoofdzaak is dat door toevoeging van water met behoorlijke snelheid, een fluïdisering van het zand bereikt wordt.

De klepjes bleken vrij kwetsbaar te zijn voor grind, wat ondanks de spoeling in de nozzles gedrukt werd. Het bleek dat, ondanks de aanwezigheid van de klepjes, toch af en toe verzanding van de waterkamer en de toevoerkanalen optrad. Later bleek dat zonder bezwaar de klepjes weggelaten konden worden, mits gezorgd werd voor een goede spoeling.

Ad 6

In de resonator trad hoofdzakelijk op die plaatsen waar reeds een kleine beschadiging van het materiaal oppervlak aanwezig was (scheurtje of putje ter plaatse van lassen) cavitatie op. De problemen waren grotendeels opgelost toen de constructie van de resonator in de loop van de tijd zo gewijzigd werd, dat de gehele resonator volledig met water gevuld was en uit minder losse onderdelen bestond.

In het klephuis en de nozzle ontstond cavitatie ten gevolge van plaatselijk zeer grote stroomsnelheden welke vooral optraden ter plaatse van de klep en de overgang klephuis-nozzle.

Teneinde het euvel op te vangen is de inwendige vormgeving gewijzigd, hetgeen leidde tot een sterke reducering van de cavitatie.

De constructieve wijzigingen van de resonator-punt

De originele constructie van de punt bestond uit een gelaste constructie met een loze ruimte in het kegelvormige gedeelte, met daarboven een water- en luchtkamer.

Dit impliceert een zeer gecompliceerde lasconstructie die tevens daarnaast erg kostbaar is.

Er is gezocht naar een eenvoudigere en minder dure constructie. Deze is toen gevonden in de gesloten punt. Hierbij deed de loze ruimte in het kegelvormige gedeelte dienst als luchtkamer.

In de praktijk bleek dat de toevoer van lucht voor het indringingsproces niet nodig was; deze voorziening had daarom geen constructieve waarde meer. Tevens bleek dat het trillingsgedrag van de naald niet merkbaar veranderde indien de resonator geheel met water gevuld was, zodat de waterpijpen konden vervallen. Zodoende ontstond de mogelijkheid de punt nog verder te vereenvoudigen.

Gezien deze ervaringen is gekozen voor een sterk vereenvoudigde gelaste punt.

Een voordeel hierbij was, dat de punten nu in de eigen werkplaats vervaardigd konden worden.

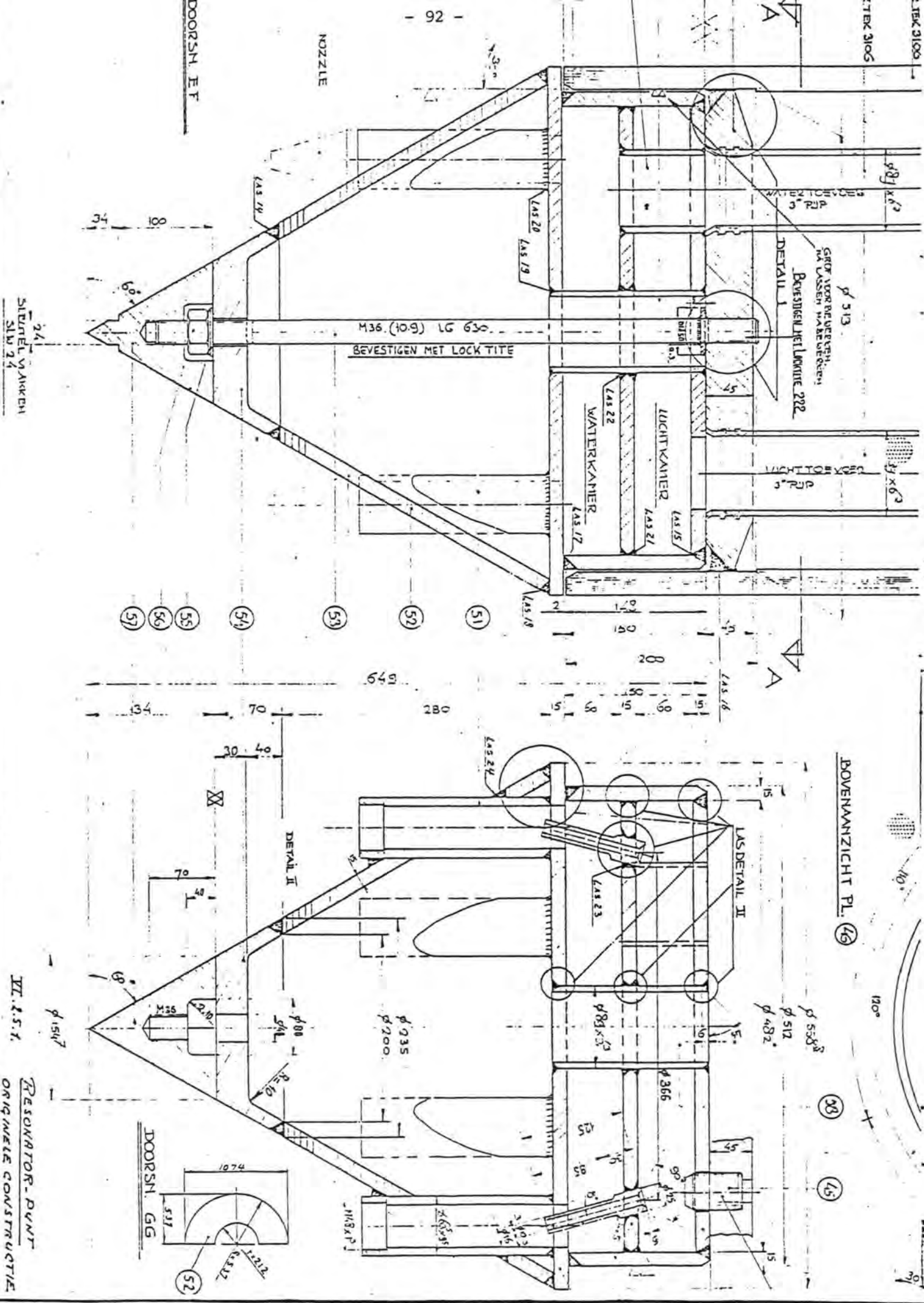
De constructie en vormgeving van de resonatorbladen

De resonator is voorzien van 12 resonatorbladen verdeeld over de omtrek, welke aan boven- en onderzijde afgeschuind zijn. Ieder blad bestond uit drie delen, een afgeschuind boven- en onderdeel en een rechthoekig middeldeel. De drie gedeeltes waren niet onderling verbonden, aangezien verwacht werd dat er hierdoor minder kans op scheurvorming in de resonatorschacht op zou treden. (In de praktijk is gebleken dat het onderling verbinden van de drie platen geen problemen oplevert).

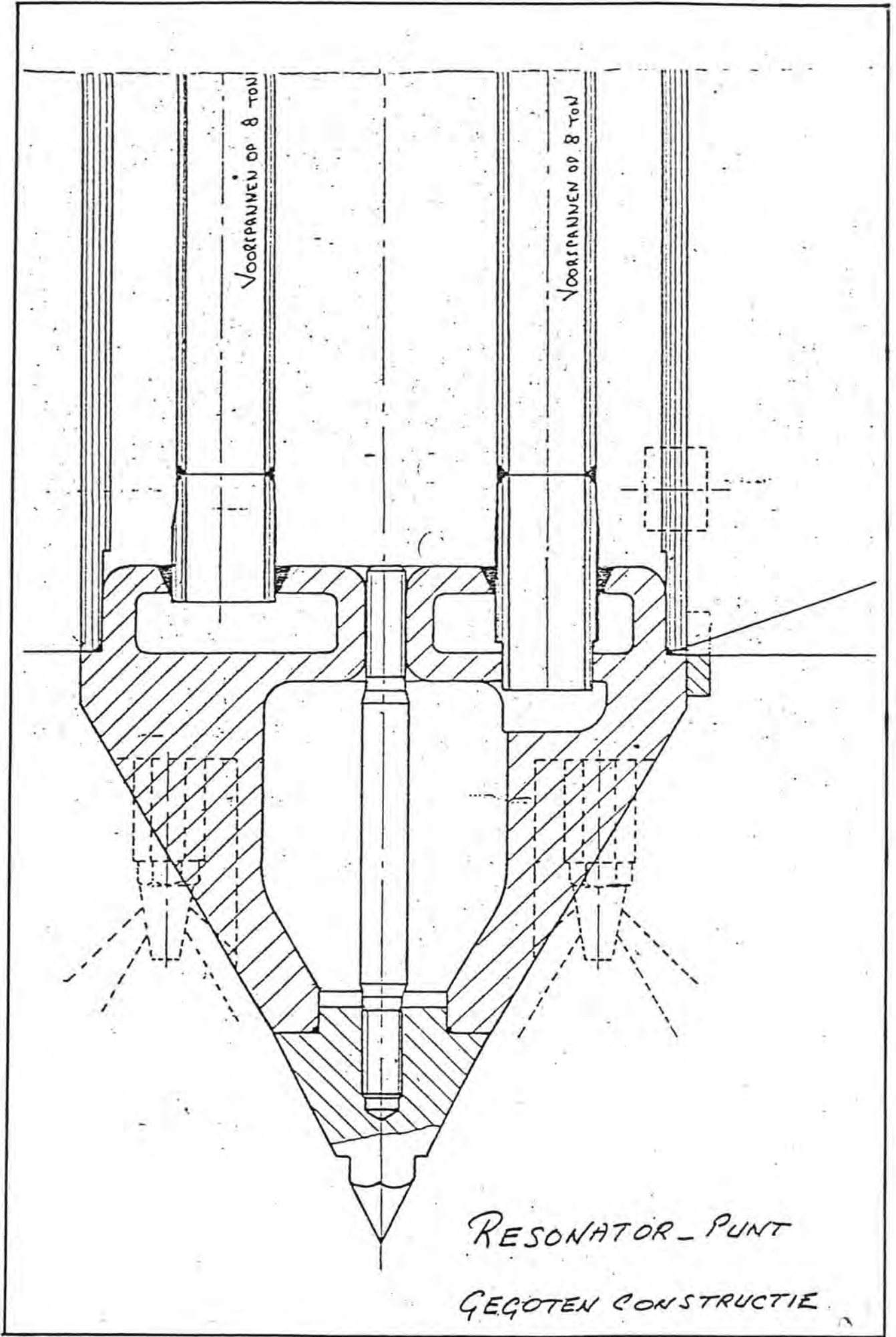
De doorlopende afschuining van schacht tot buitenzijde blad is belangrijk voor het verdringen van obstakels.

Tijdens de bedrijfsvoering is het regelmatig voorgekomen dat bladen verbogen waren; dit is echter niet te voorkomen.

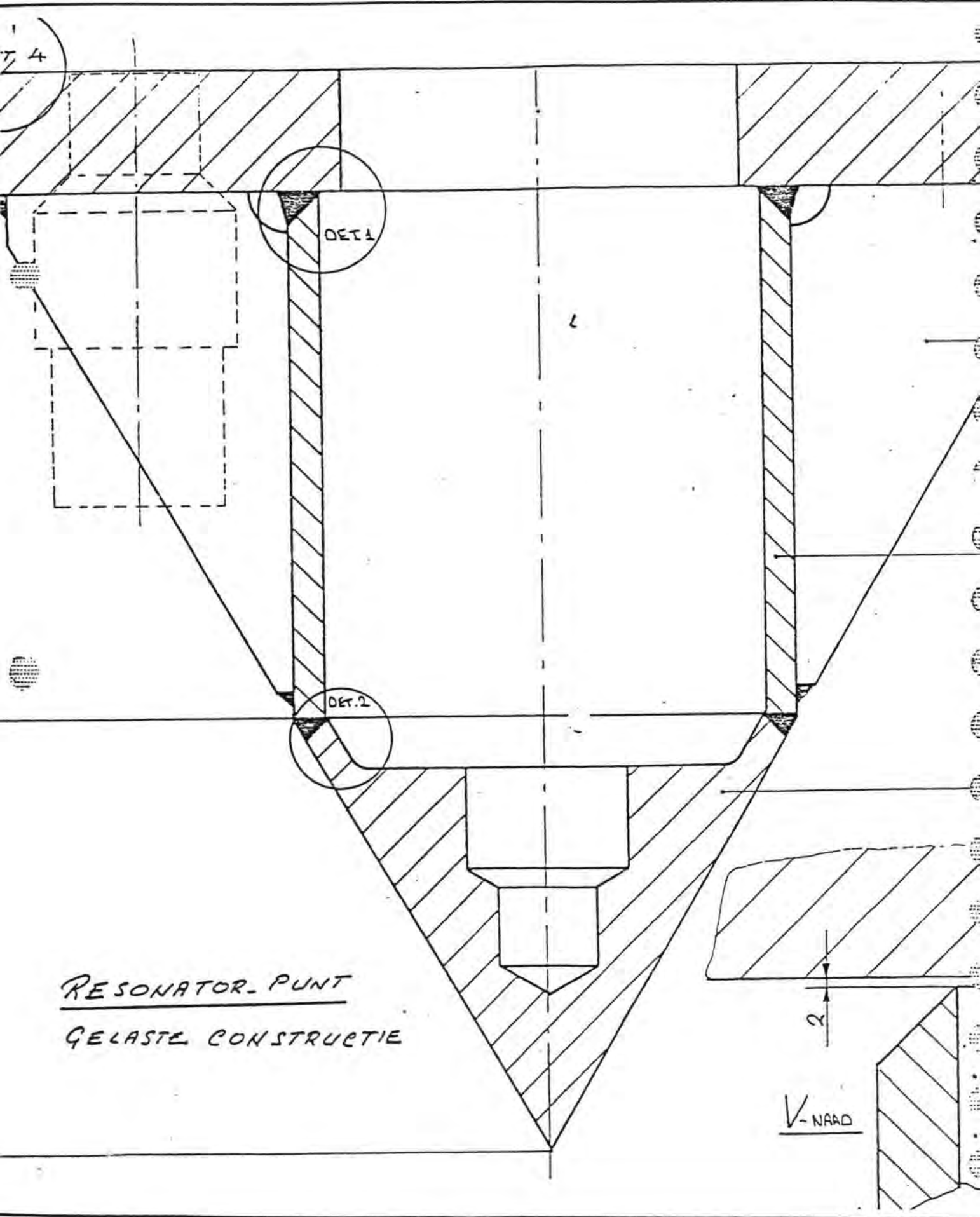
Er diende veel aandacht te worden besteed aan het laswerk van de bladen aan de schacht. O.a. voorwarmen tot 100°C - lassen slijpen - gloeien 550 - 580°C.



Figuur 8.10.



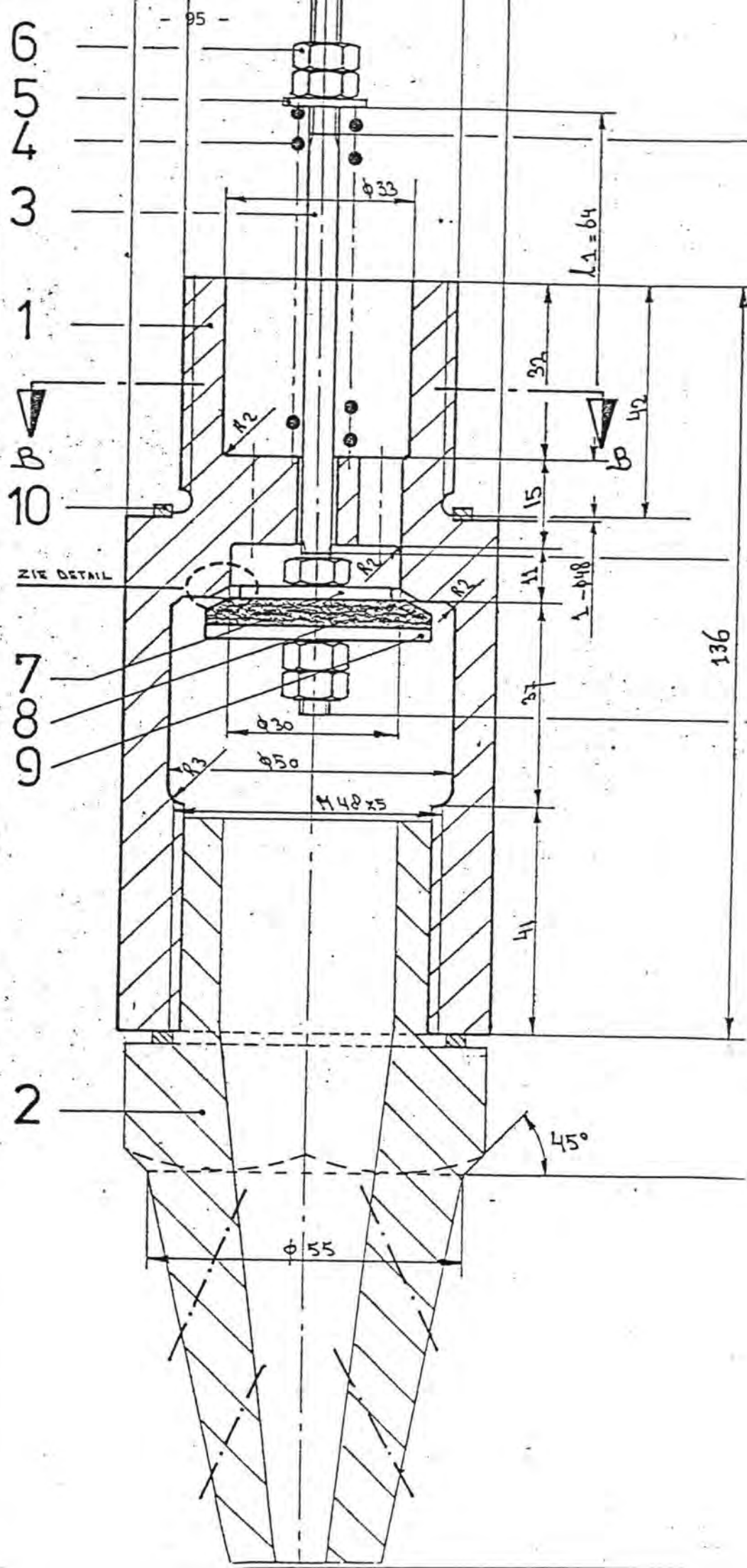
Figuur 8.11.



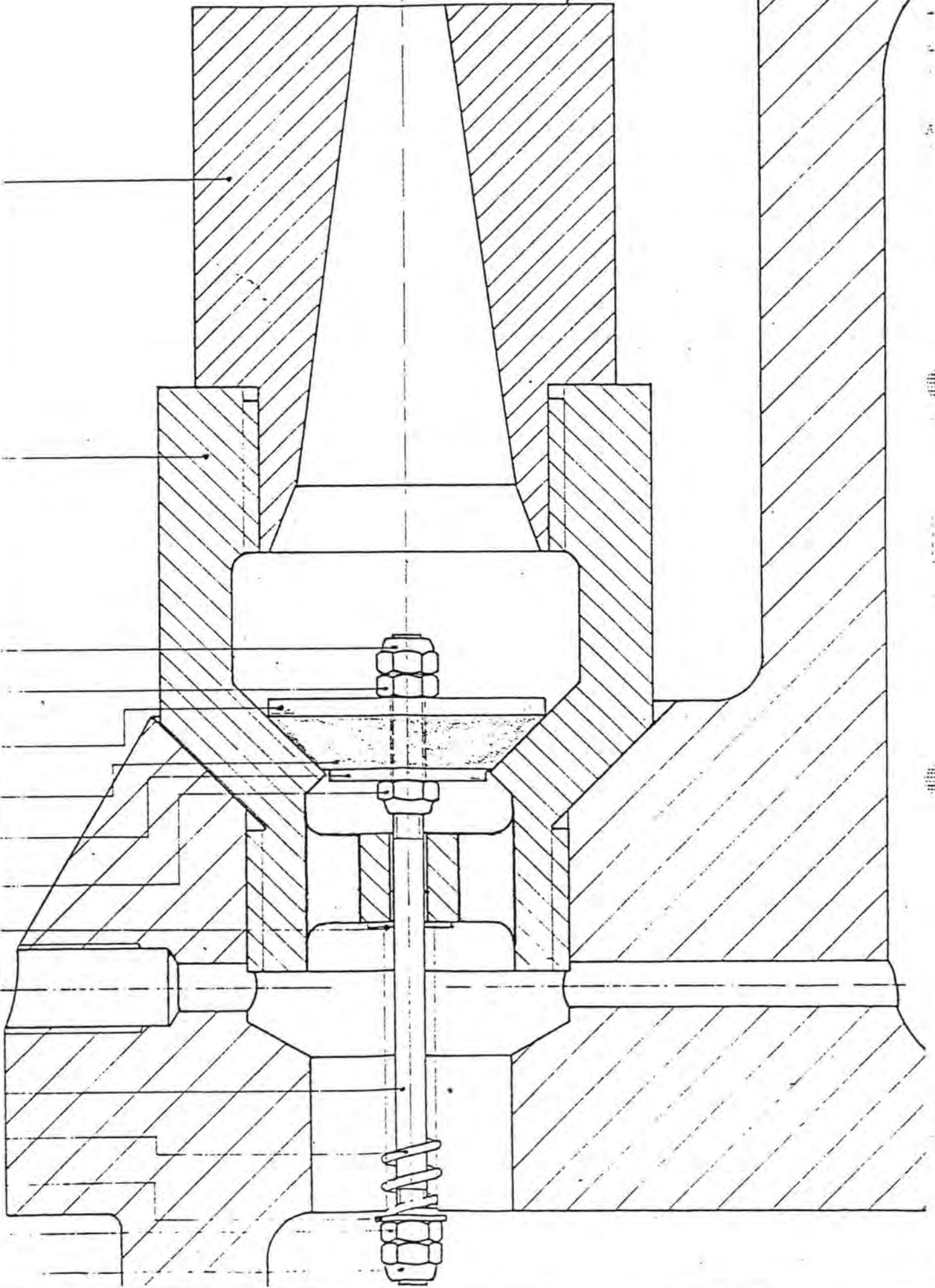
RESONATOR-PUNT
GELASTE CONSTRUCTIE

V-NAAD

Figuur 8.12.



Figuur 8.13.



Figuur 8.14.

8.6. Water- en luchtleidingen

Het water en de lucht, benodigd voor de spoeling bij het verdichtingsproces, worden door middel van slangen toegevoerd naar de aansluitpunten op de pijpenplaat bovenop de adaptor.

De verbinding van deze aansluiting bestond uit een flensverbinding. Om tijd te besparen tijdens de- en montage, is deze gewijzigd in een r.v.s. snelkoppeling (Fabr. Erich).

8.6.1. Problemen met de pijpen in de trilnaalden

Het losraken van de pijpen t.p.v. de bevestiging in de flensplaten en het breken van de pijpen, veroorzaakten zeer grote problemen. Deze problemen traden vooral op met de pijpen in de schachten en de resonator en in mindere mate in de adaptor. Een ander probleem vormden de rubberen schijven waarmee de pijpen in de schachten in horizontale richting gefixeerd moesten worden; deze raakten los en verplaatsen zich in verticale richting door de schacht, meestal naar beneden, maar ook wel naar boven.

De bevestiging van de pijpen in de pijpplaten bestond uit een gerolde verbinding, waarbij de pijpen onder 8 ton voorspanning (verkregen door middel van verwarming en meting van de verlenging) in de pijpplaten gerold werden. In de beproevingsfase bleek reeds (na enkele uren) dat deze verbinding niet voldeed. De verbinding werkte los, het pijpmateriaal wat in de groeven gewalst was, werd afgeschoven (figuur 8.15).

De problemen traden het eerst op bij de resonator en de lengteschacht. Door de loszittende pijpen werd ten gevolge van de heiwering het binnenwerk ernstig beschadigd; het is voorgekomen dat een pijp dwars door de resonatorpunt naar buiten kwam. Door het defect raken van de pijpen, functioneerde het spoelsysteem niet meer (gescheiden onder- en bovenspoeling). De theoretische berekening is uitgelegd voor een dynamische belasting van 10 g met een veiligheidsfactor 2. Dit levert een theoretische belasting op van ± 12 ton per pijp (lange schacht). Trekproeven met de rolverbinding leverden een breekkracht van 16-24 ton op.

De pijpen in de adaptor leverden aanzienlijk minder problemen op, zelfs na ruim 2000 draaiuren zijn er nog enkele gerolde verbindingen in bedrijf. Dit is verklaarbaar, daar de optredende belasting aanzienlijk lager is dan die in de andere trilnaald onderdelen:

- a. Eigen gewicht pijpen is laag (korte pijpen)
- b. Amplitude is klein ($\pm 0,6$ mm)

Hieruit volgt dat er in de adaptor vrij lage krachten in de pijpen optreden.

De schade aan de pijpen in de korte- en lange schachten, bleek in de lange schacht aanzienlijk groter te zijn:

- a. Eigen gewicht lange pijpen 2 x zo groot
- b. Optredende amplitude neemt toe, naarmate verder van de vibrator komt wordt gekomen

De schade aan de pijpen in de resonator bleek eveneens zeer groot te zijn.

- a. Eigen gewicht pijpen niet groot
- b. Optredende amplitude is groot ± 4 mm (25 Hz en normale naaldlengte en vrijhangend)
- c. In een later stadium toonden uitgevoerde trillingsberekeningen aan dat de eigen frequentie van de pijp (3,5 m Lengte) in de buurt van de werkfrequentie (25 Hz) ligt.

Ten gevolge van b. en c. ontstonden dermate hoge spanningen dat de pijpen slechts een kort leven beschoren was.

Naar aanleiding van deze problemen is gezocht naar een constructie die een langere standtijd van de schachten e.d. zou kunnen opleveren en tevens de reparatiekosten zou drukken.

De eerste wijziging die uitgevoerd is, bestond uit het vastlassen van de pijp, die voorzien werd van 2 verdikte aangelaste uiteinden, in de pijpplaten door middel van een zogenaamde "kelklas" (figuur 8.16).

De gevolgde werkwijze was als volgt:

- verwarmen van de pijp ter verkrijging van een voorspanning (8 ton)
- uitkotten van de kelk ten behoeve van de kelklas
- lassen
- vlakken op de cotterbank in verband met de te monteren afdichting

Opmerking: De pijp werd verwarmd door het inbrengen van verwarmings-elementen in de pijp. De voorspanning werd bepaald door de lengte toename te meten.

Deze wijziging leverde een verbetering van de levensduur van de pijpen op - ofwel standtijd van de trilnaalden - tot gemiddeld \pm 200 triluren.

De constructie had echter nog 2 zwakke punten:

- a. De pijp scheurde na verloop van tijd ter plaatse van de voet van de kelklas (I - figuur 8.16).
- b. De verbindingslas van de pijp en de verdikte uiteinden scheurden (II - zie figuur 8.16).

Aangezien de "kelklas" verbinding weliswaar een verbetering betekende, werd verder gezocht naar een oplossing die meer overeenstemde met de standtijd van de andere trilnaaldonderdelen.

De volgende 2 ideeën werden uitgewerkt:

- a. vervangen van de pijpen door slangen (figuur 8.17).
- b. verbinding pijpen en flenzen door middel van schroefdraadverbinding (figuur 8.17.).

In het volgende overzicht worden de overwegingen van de verschillende constructiemogelijkheden samengevat.

OVERZICHT CONSTRUCTIEVE MOGELIJKHEDEN PIJP/FLENS VERBINDING

Type constructie	Technisch aanvaardbaar	Voordelen	Nadelen	Kosten
1. Oorspronkelijke constructie rol-naadverbinding	Neen; de levensduur is kort, circa 20 uur	x		Is een onderdeel van de totale constructie. De aanmaakkosten voor 1 trilnaald (excl. adaptor en vibrator) bedraagt excl. BTW f 150.000,00
2. Noodoplossing	Neen; bleek na 1 uur trillen niet te voldoen	x		ca. f 500,00
3. Verbinding toevoerbuis met flens d.m.v. kelklas ongevulde flenzen	Neen; voor wat betreft de onderschacht; de constructie (rondlas van de toevoerbuis) in één van de onderschachten is na 70 uur bezweken. Nadat van de andere onderschacht de flenzen na 70 bedrijfsuren waren gevulde, heeft de naald tot op dit moment (25 april 1980) 231 bedrijfsuren gemaakt.	De kelklas kan volgens de constructeurs gedimensioneerd worden op een levensduur die gelijk is aan die van de schacht.	De nadelen van deze constructie in z'n algemeenheid zijn: - de onderdelen moeten naar de fabriek met als gevolg dat de defecte naalden lange tijd uit de roulatie zijn (te onderhouden door aanschaf extra reserve naalden). - slechts gespecialiseerde bedrijven kunnen de reparatie uitvoeren (vergt lange kottersbank voor afvlakken flenzen). - hoge kosten - indien een reparatie aan de schacht moet worden uitgevoerd zal dit in veel gevallen tevens betekenen dat het binnenwerk moet worden verwijderd in verband met tegenlassen Naarmate de levensduur van de schacht verstrijkt zal de tijd tussen twee opeenvolgende reparaties aan de schacht afnemen. Indien dan bovendien telkens het binnenwerk moet worden vernieuwd is dit een erg dure modificatie - De zwakste schakel in de constructie is gebleken te zijn de rondlasnaad in de toevoerbuisen. Uitvoeringstechnisch gezien een moeilijke lasverbinding.	Modificatie van 2 boven- en 2 onderschachten bedraagt: f 95.062,63 (excl. BTW) uitgevoerd in dagen avonddienst.

OVERZICHT CONSTRUCTIEVE MOGELIJKHEDEN PIJP/FLENS VERBINDING

Type constructie	Technisch aanvaardbaar	Voordelen	Nadelen	Kosten
4. Verbinding toevoerbuis met flens d.m.v. kelklasnaad, gevulde flenzen en de nieuwe rondlassen spanningsvrij gegloeid.	Ja: één onderschacht is na 11 uur bezweken, één onderschacht draait nu (25 april 1980) 304 uur.	Als bij 3. De meerdere kosten van het vlakken van de flenzen en het spanningsvrij gloeien van de lassen wegen ruimschoots op tegen de verlengde levensduur van de constructie.	Als bij 3. Levensduur moet aanzienlijk worden verlengd wil dit een economisch verantwoorde oplossing zijn (v.w.b. onderschacht).	Modificatie van 2 boven- en 2 onderschachten alsmede het afvlakken van 6 flenzen. Uitgevoerd in dagdienst f 95.579,66 (excl. BTW).
5. In één trilnaald toegepast de verbinding toevoerbuis met flens d.m.v. kelklas, gevulde flenzen en op de middentoevoerbuis consoles voor bevestiging van de rubber schijven. Nieuwe rondlassen normaal uitgegloeid.	Ja: levensduur onbekend.	Als bij 3.	Als bij 3 en 4.	Modificatie van één boven- en onderschacht komen op f 115.992,41 (excl. BTW).
6. Vervanging van de stalen toevoerbuisen door rubber-slangen (handelskwaliteit).	Ja: voor (nood) reparaties altijd toepasbaar (levensduur minimaal 30 uur) voor permanente toepassing aanvaardbaar mits een levensduur kan worden bereikt van meer dan 100 uur (b.v. 300 uur).	<ul style="list-style-type: none"> - een zeer eenvoudige vervanging van defecte slangen - lage kosten aan materialen - hoge rolatiesnelheid van defecte naalden naaldschachten - geen dwarsafsteuning nodig 	<ul style="list-style-type: none"> - bij een korte levensduur van de slang gaat er teveel tijd (productieverlies) verloren met uitwisselen en reparaties; kosten hiervan zijn ca. f 4.500,00 (excl. BTW) 	Aanpassing van de flenzen is éénmalig en kost op ca. f 17.000,00 per trilnaald. Vervanging van de slangen kost per trilnaald f 7.500,00 (excl. BTW). In verband met de voortgang van de werkzaamheden heeft reeds voor 3 onderschachten en 1 bovenschacht de aanpassing van de flensplaten plaatsgevonden.
7. Vervanging stalen toevoerbuisen met flenzen d.m.v. schroefverbinding	Ja: Mits voldoende lange levensduur kan worden bereikt. Dit moet meer zijn dan 100 uur (b.v. 300 uur). Deze oplossing is nog niet aan de praktijk getoetst.	Combineert de voordelen van de slangenmodificatie met die van de stalen toevoerbuisen.	Afgewacht moet worden wat de problemen kunnen zijn m.b.t. de levensduur van de schroefverbinding. Zijdelingse afsteuning blijft noodzakelijk. Aan het laswerk van rondnaden worden hoge eisen gesteld. De werkzaamheden zullen in een fabriek moeten worden uitgevoerd. De handeling is dan wat omslachtig en vergt tijd.	Aanpassing van de flenzen is éénmalig; kosten zullen ca. f 15.000,00 per trilnaald bedragen. De reparatiekosten voor één naaldschacht zijn sterk afhankelijk van het aantal defecte toevoerbuisen. De niet defecte toevoerbuisen kunnen weer worden toegepast. De kosten voor het herstellen van één lasverbinding kost enkele duizenden gulden.
8. Vervanging van de stalen toevoerbuisen door speciaal geconstrueerde slang	Ja	Voordelen van oplossing 6	Kosten kunnen mogelijk vrij hoog uitvallen waardoor het voordeel weer te niet wordt gedaan.	Wordt thans nagegaan.

De uitvoering met de schroefdraad verbinding en de vervanging door slangen zijn parallel gaan verlopen.

1. Schroefdraadverbinding

De door TNO geschatte levensduur bedroeg ca. 300 draaiuren.

De nadelen van deze constructie zijn:

- a. zeer kostbare constructie
- b. probleem met schijven in de schachten blijft bestaan

Voordeel:

- a. voorspanning in de schachtconstructie blijft behouden

2. Slangen in plaats van pijpen

Nadeel:

- a. voorspanning in de schachtconstructie vervalt

Voordelen:

- a. oplossing betrekkelijk goedkoop
- b. probleem met schijven opgelost

Door "KEMA" is voor de twee mogelijkheden een studie verricht naar de betrouwbaarheid en de reparatiekosten. Het bleek dat voor de korte schacht bij een levensduur van de slangen van 150 draaiuren, de schroefdraadverbinding meer dan 600 draaiuren mee moest gaan, wilde deze concurrerend zijn.

Voor de lange schacht was dit 300 draaiuren.

Aan de hand van proeven, leek de 300 draaiuren levensduur voor de schroefdraadverbinding bij de lange schachten haalbaar.

Zodra het idee om de pijpen te vervangen door slangen actueel werd, zijn er diverse proeven uitgevoerd met verschillende typen en fabricaten slangen. De eerste proef werd gedaan met een heipaalspuit slang van Heeneman. Hierbij bleken zich na enige tijd blaasjes op de buitenzijde van de slang te vormen. Bij proeven op slangen met spiraalvormige stalen bewapening bleek de staaldraad te breken en naar buiten te treden.

Uit de genomen proeven kwam de "Trelleborg cement Hose" als de beste naar voren. Deze slang bleek de langste standtijd en een relatief gunstige prijs te hebben.

De slang-constructies zijn zodanig geconstrueerd dat deze hoofdzakelijk radiale druk kunnen opnemen een in mindere mate axiale belasting. Een andere eigenschap is het zogenaamde "kruipverschijnsel": onder belasting blijken de slangen een doorgaande blijvende lengtevermeerdering te ondergaan en wordt het rubber als het ware plastisch.

Dit kruipverschijnsel heeft tot gevolg dat, ondanks het aanbrengen van de voorspanning, deze voorspanning op den duur verdwijnt en de slang als het ware te lang wordt; ter plaatse van de onderste slangtule gaat de slang knikken en tenslotte kapot.

De met de slangen bereikte levensduur bedraagt voor de lange schachten ca. 200 draaiuren (dit komt overeen met de preventieve onderhoudscyclus van de schachten). De slangen die uit de lange schachten komen (na 200 draaiuren) worden ingekort en weer gebruikt voor de korte schachten, waar deze dan nog een levensduur van ca. 400 draaiuren hebben.

De slangen worden tussen de pijpplaten gemonteerd door middel van twee slangtules, die door middel van wartelmoeren in de pijpplaten vastgezet worden. De slangenbundel wordt op enkele plaatsen ter bescherming omwikkeld met neopreen schuimrubber (50 x 10 mm 1-zijdig klevend) en PVC-tape 100 mm.

Teneinde de benodigde vóórspanning in de slangen te verkrijgen wordt de slanglengte met 2% gereduceerd alvorens deze te monteren. Het is mogelijk slangen te fabriceren welke beter aan de eisen voor axiale belasting en kruipvastheid voldoen; daar aangezien de kosten en levertijden geweldig hoog waren en er tevens een acceptabele levensduur verkregen was, werd deze mogelijkheid verworpen.

De Firma Dunlop kon een slangtype leveren, welke enigszins aan de gestelde eisen voldeed; de prijs was echter hoog en de levertijd erg lang. Een proef met deze slang leverde een positief resultaat op, maar vanwege de genoemde redenen is deze slang niet verder toegepast.

Een bijkomend voordeel van de toepassing van slangen is, dat de pijpplaten veel lichter uitgevoerd kunnen worden, daar de vóórspanning bij de pijpconstructie praktisch te verwaarlozen is.

De pijpen in de "adaptor" hebben weinig problemen opgeleverd (korte lengte - kleine amplitude). Indien er echter pijpen vervangen moesten worden, dan gebeurde dit nu door montage van slangen.

Aangezien tijdens de bedrijfsvoering bleek dat de toevoeging van lucht aan het "onderspoelsysteem" nooit werd gebruikt, konden de pijpen in de resonator vervallen. Het opvullen van de resonator met water gaf geen verandering in het trillingsgedrag van de naalden.

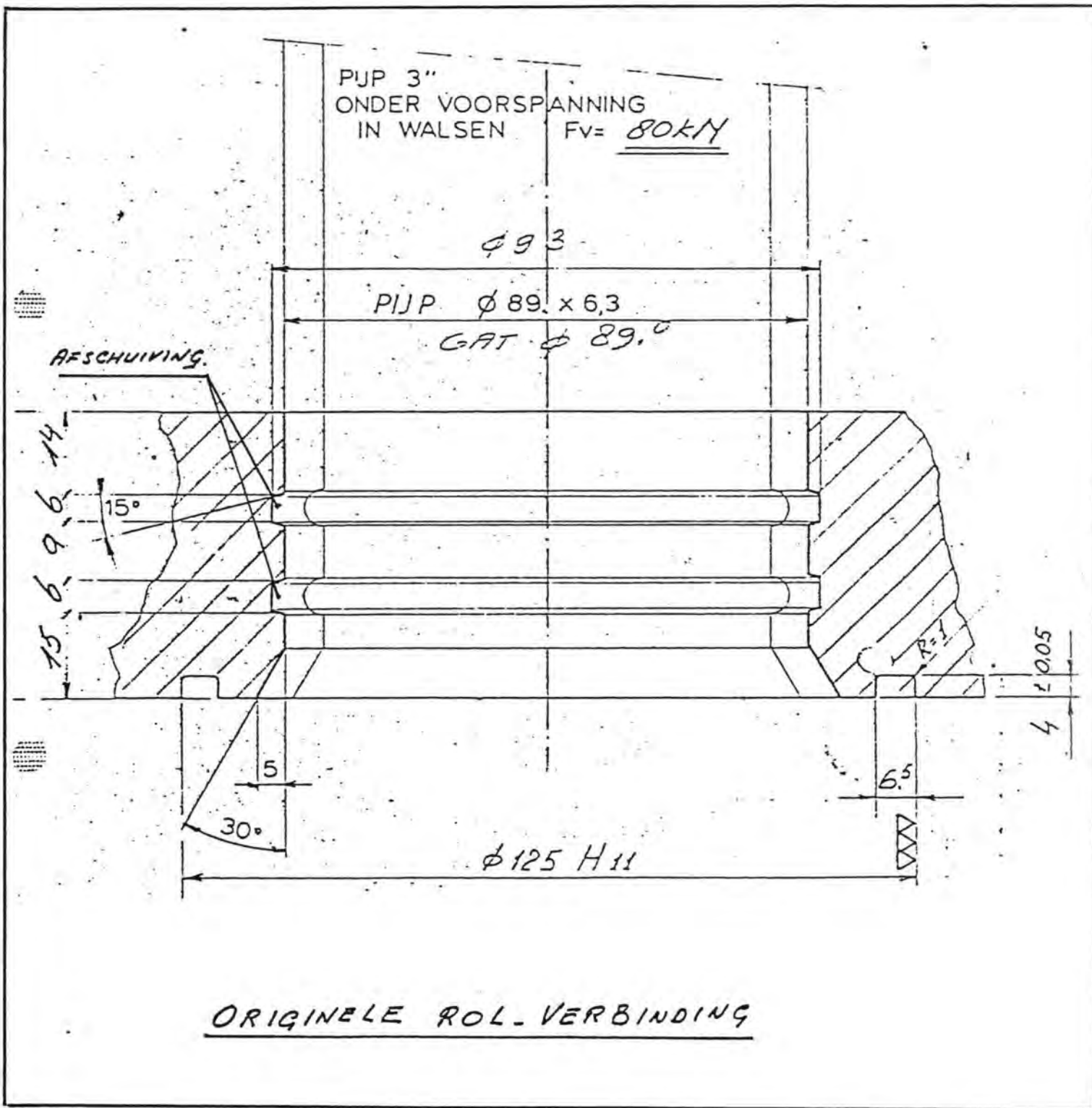
8.6.2. Opgetreden problemen met de "rubberschijven" in de schachten (figuur 8.19)

De rubber schijven in de schachten dienden om te voorkomen dat de water- en luchtpijpen zijdelings zouden gaan trillen. De houdkracht werd verkregen door axiaal samendrukking, waardoor de schijven radiaal tegen de pijpen gedrukt werden. Het bleek echter dat de schijven door de schacht gingen wandelen en zich onder en bovenin de schacht verzamelden. Verder vertoonden de schijven verbrandingsverschijnselen (energievernietiging). Er zijn diverse proeven uitgevoerd teneinde te proberen de schijven op hun plaats te houden. Onder andere met verschillende aandrukkrachten van het rubber, met 3 staaldraadjes gekoppeld tussen de schijven onderling, met steuntjes op de centrale pijp (uitgegloeid).

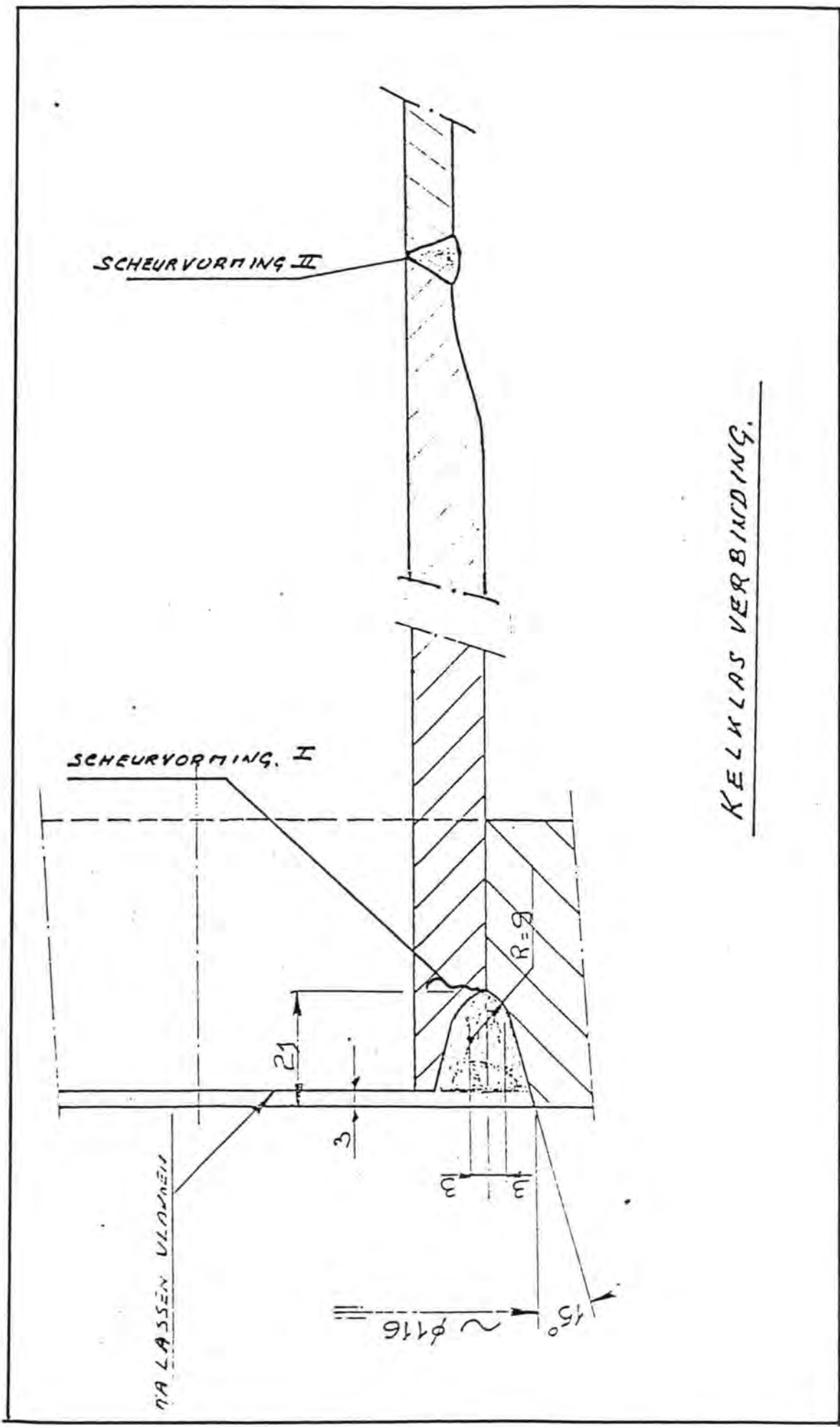
Al deze proeven gaven een negatief resultaat. Een bevredigende oplossing is dan ook niet gevonden.

Doordat de pijpen echter vervangen werden door slangen, konden de schijven vervallen.

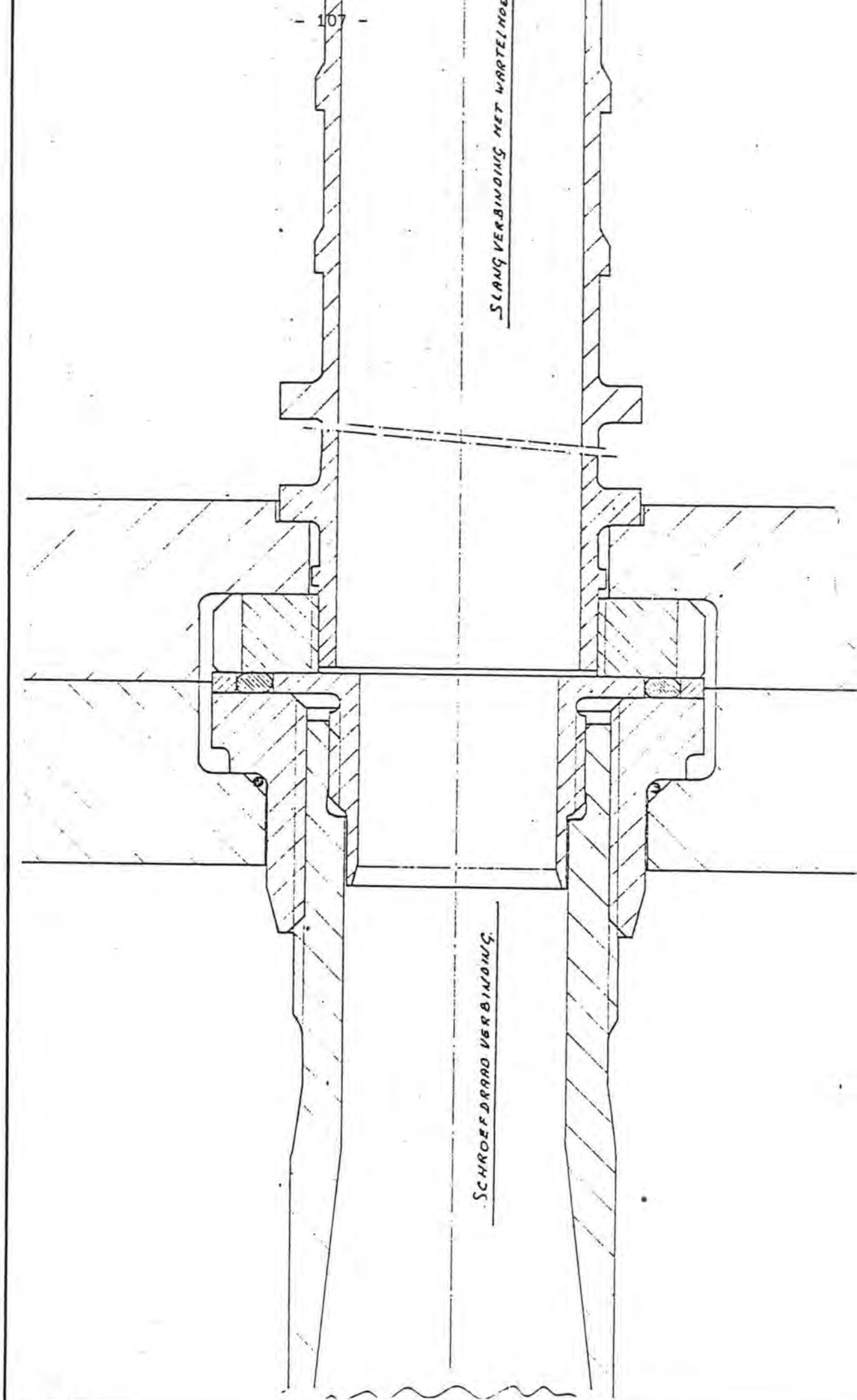
De oorzaak van het schijven probleem moet waarschijnlijk worden gezocht in het optredende faseverschil tussen de schacht en de pijpen.



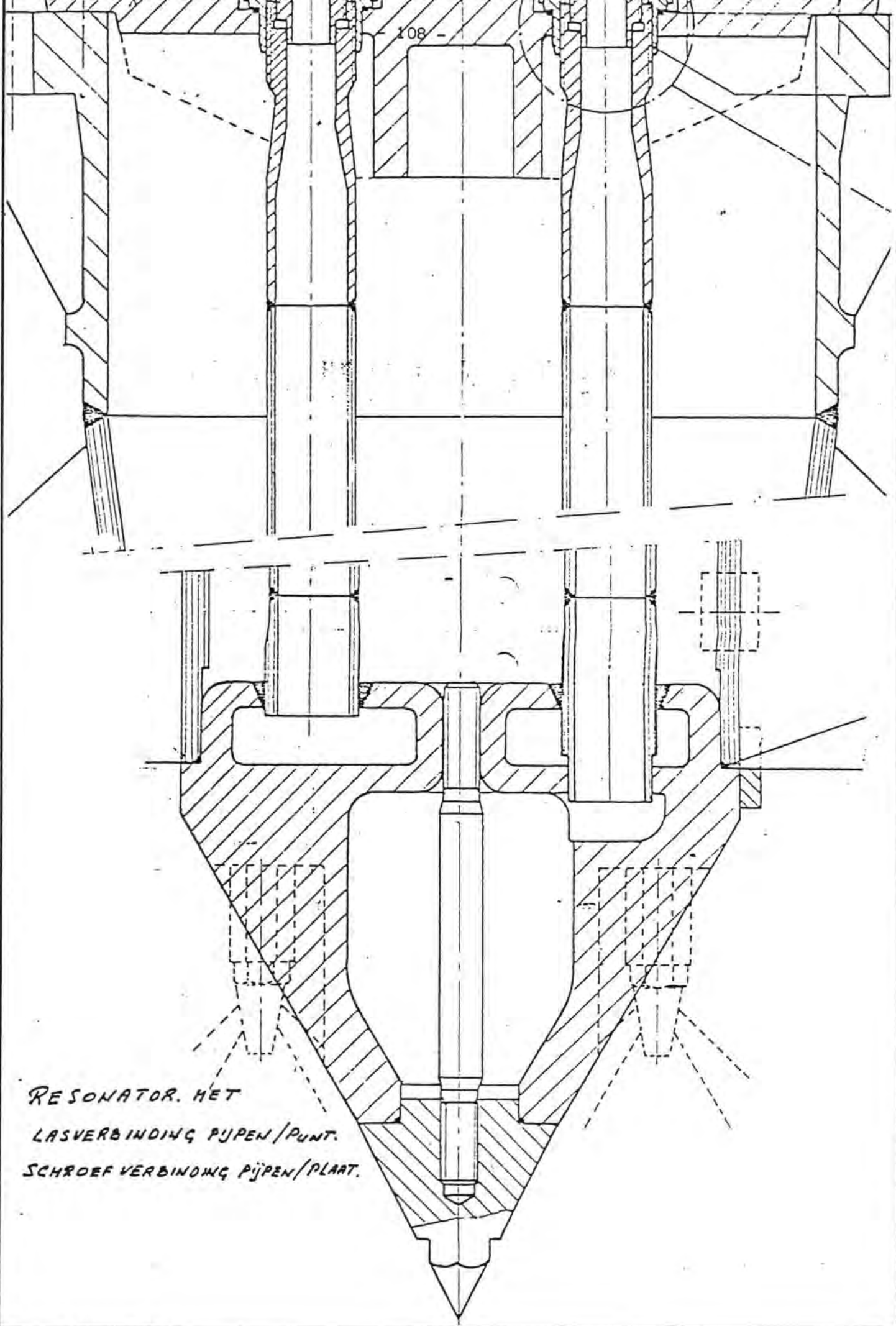
Figuur 8.15.



Figuur 8.16.

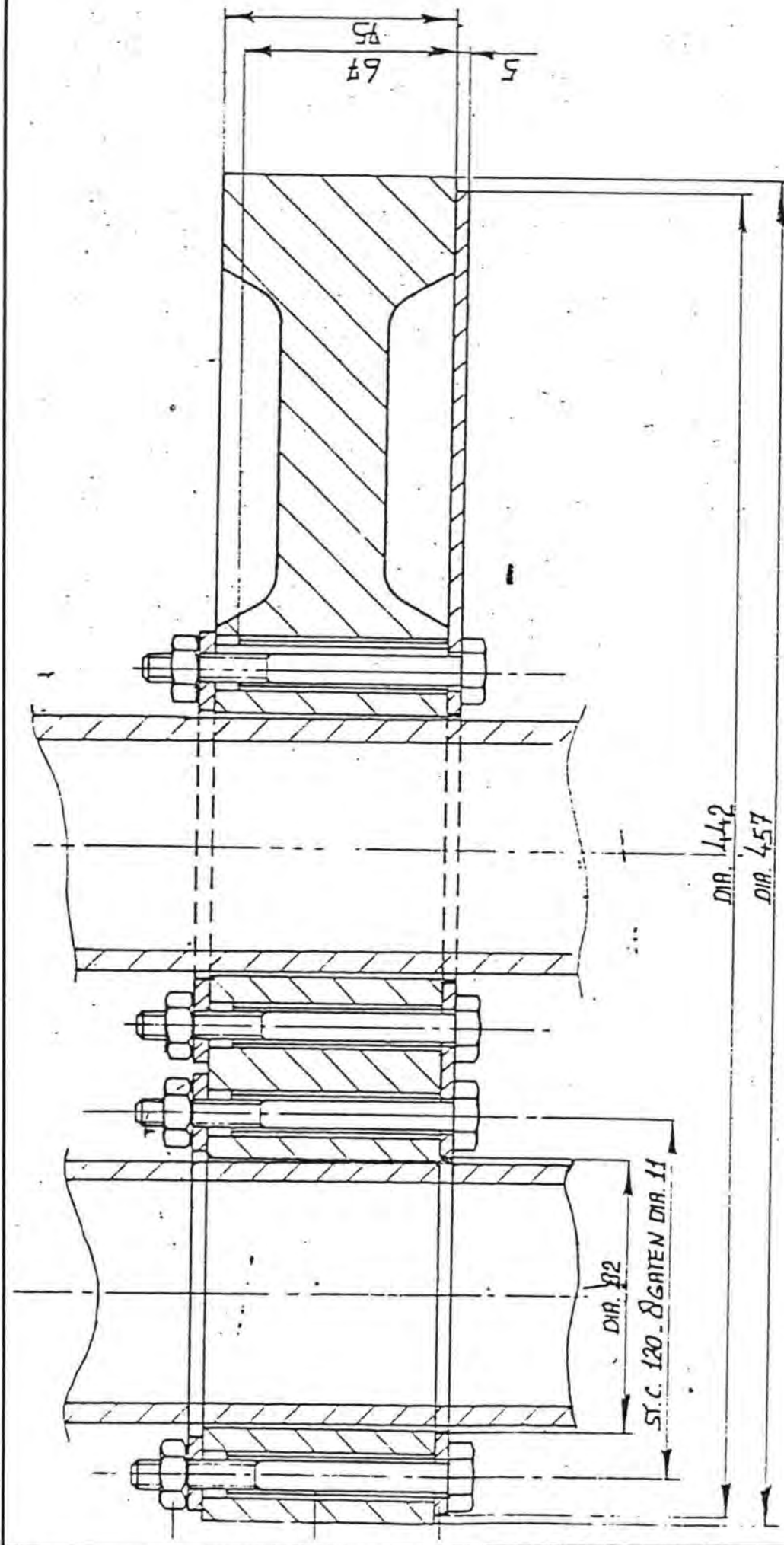


Figuur 8.17.



RESONATOR. MET
LASVERBINDING PIPEN/PUNT.
SCHROEF VERBINDING PIPEN/PLAAT.

Figuur 8.18.



RUBBERSCHIJF.

Figuur 8.19.

9. De toegepaste "trilnaalden" filosofie

De zogenaamde naaldwaarde (gemiddeld aantal naalden waarmee tegelijkertijd wordt getrild) is een zeer belangrijke factor voor de voortgangssnelheid van de Mytilus. De stalen naalden worden t.g.v. het trillen dynamisch belast; de vermoeiingssterkte van het materiaal zelf en de kwaliteit van de op de naald aanwezige verbindingen (lassen en boutverbindingen) zijn bepalend voor de levensduur van de trilnaalden c.q. naaldonderdelen.

Bij het ontwerp en de bouw van de Mytilus is steeds als uitgangspunt gehanteerd, dat, om optimaal met 4 trilnaalden te kunnen werken, er 2 reserve-naalden noodzakelijk waren; totaal dus 6 complete units (trilnaald + vibrator). Hierbij werd aangenomen dat met één naald reserve in het service punt van de Mytilus en één naald in onderdelen aan boord aanwezig, storingen voldoende konden worden ondervangen.

De resultaten van een door de T.H. Eindhoven uitgevoerd vermoeiingsonderzoek (eind 1979) gaven voor de trilnaalden echter een te verwachten levensduur van ca. 400 uur. Bij deze voorspelling was de door de trilnaalden te ondergane belastingcombinatie vrijonzeker. Medio 1980 zijn door TNO metingen aan de trilnaalden uitgevoerd. Op grond van de resultaten van deze metingen heeft TNO een nieuwe te verwachten levensduur voor de trilnaalden berekend: 600-800 draaiuren (1e levensduur). Deze levensduur was gebaseerd op de levensduur van de pijp-flens verbinding in de schacht van de trilnaalden (wanddikte 25 mm):

breukkans (%)	gebaseerd op meetresultaten		gebaseerd op berekeningsresultaten	
	N cycli	aantal bedrijfsuren	N cycli	aantal bedrijfsuren
2,3	$2,99 \times 10^7$	330	$2,14 \times 10^7$	238
16	$4,78 \times 10^7$	530	$3,43 \times 10^7$	381
50	$7,65 \times 10^7$	850	$5,48 \times 10^7$	609
84	$1,22 \times 10^8$	1350	$8,77 \times 10^7$	975
97,7	$1,96 \times 10^8$	2160	$1,40 \times 10^8$	1560

In januari 1981 is nagegaan welke maatregelen er voor een optimalisatie van de naaldwaarde moesten worden genomen. Achtereenvolgens werden beschouwd:

- * het benodigde aantal reservenaalden c.q. reserveonderdelen
- * het benodigde preventieve onderhoud (controle-, reparatie- en vervangingsfilosofie)

9.1. Analyse optimalisatie naaldwaarde

Het stukgaan van trilnaalden en/of onderdelen hiervan heeft invloed op de procesvoering t.a.v. het verdichtingsstramien (naaldwaarde). De grootte van de hierdoor ontstane vertraging in voortgangssnelheid wordt in belangrijke mate bepaald door de beschikbaarheid van reserve-trilnaalden c.q. reserve-onderdelen.

Tevens kan er vertraging optreden indien scheurvorming tijdens het verdichten optreedt; bij een doorgaande scheur kan de naald in de grond blijven zitten.

Uit het voorgaande blijkt dat voor een optimaal proces m.b.t. de trilnaalden de volgende punten van zeer groot belang zijn

- controlefilosofie
- vervanginsfilosofie
- reparatiefilosofie
- beschikbaarheid van reserve-trilnaalden c.q. reserve-onderdelen

9.1.1. De levensduur van trilnaaldonderdelen

Een trilnaald bestaat uit de volgende vijf delen:

- trilunit (vibratoren)
- adaptor
- bovenschacht
- onderschacht
- resonator

Uit de tot 31 december 1980 opgetreden storingen is m.b.t. de levensduur van deze onderdelen het volgende berekend (onderdelen gemaakt van FG 36 N staal):

onderdeel	gem. levensduur	standaardafwijking
bovenschacht	516 draaiuren	215 draaiuren
onderschacht	567	255
adaptor	508	190
trilunit	nog niet te bepalen	nog niet te bepalen
resonator	160	nog niet te bepalen

De vermelde levensduren zijn bepaald door de periode te nemen die ligt tussen in gebruikneming ($t=0$) en de eerste maal dat het onderdeel stuk gaat.

Uit de tot op dat moment beschikbare, geringe, praktijkgegevens, bleek dat na een eerste keer stuk gaan de gemiddelde levensduur aanzienlijk korter werd (m.a.w. de tijd tussen een eerste keer stukgaan en een tweede maal dat hetzelfde onderdeel stukgaat).

De gemiddelde 2e levensduur voor de bovenschacht, onderschacht en adaptor lag op ca. 200 uren; voor de resonator op ca. 234 uren. Van de trilunit zelf was op dat moment nog geen gemiddelde levensduur te bepalen. Een trilunit is nl. opgebouwd uit vele onderdelen; het ene onderdeel zal een andere levensduur hebben dan het andere, terwijl tevens de reparatieduur aanmerkelijk kan verschillen. Bij de resonatoren lag de gemiddelde levensduur op ca. 160 uren (resonatoren met pijpen). De gemiddelde tweede levensduur bedroeg ca. 234 uren, terwijl de gemiddelde derde levensduur ca. 309 uren was (resonatoren met slangen). Als gemiddelde vierde levensduur kwam ca. 95 uren uit de bus. Het leek alsof de gemiddelde levensduur van de resonatoren langer zou worden. Dit werd echter veroorzaakt doordat drie van de zes resonatoren al twee maal stuk waren gegaan na ca. 200 triluren. Dezelfde drie resonatoren zijn daarna relatief lang meegegaan (meer dan 400 triluren).

9.1.2. De beschikbaarheid van reserve trilnaalden c.q. reserve-onderdelen

Door de KEMA is m.b.v. de tot en met januari 1981 beschikbare gegevens een eerste analyse gemaakt over de nodige beschikbaarheid van reserve-naalden c.q. reserve-onderdelen. Hierbij is aangenomen dat ieder van de vijf onderdelen tweemaal gerepareerd worden om daarna door een nieuw onderdeel vervangen te worden (m.a.w. drie levensduren). Tevens zijn de invloeden van de trilunit en de resonator buiten beschouwing gelaten.

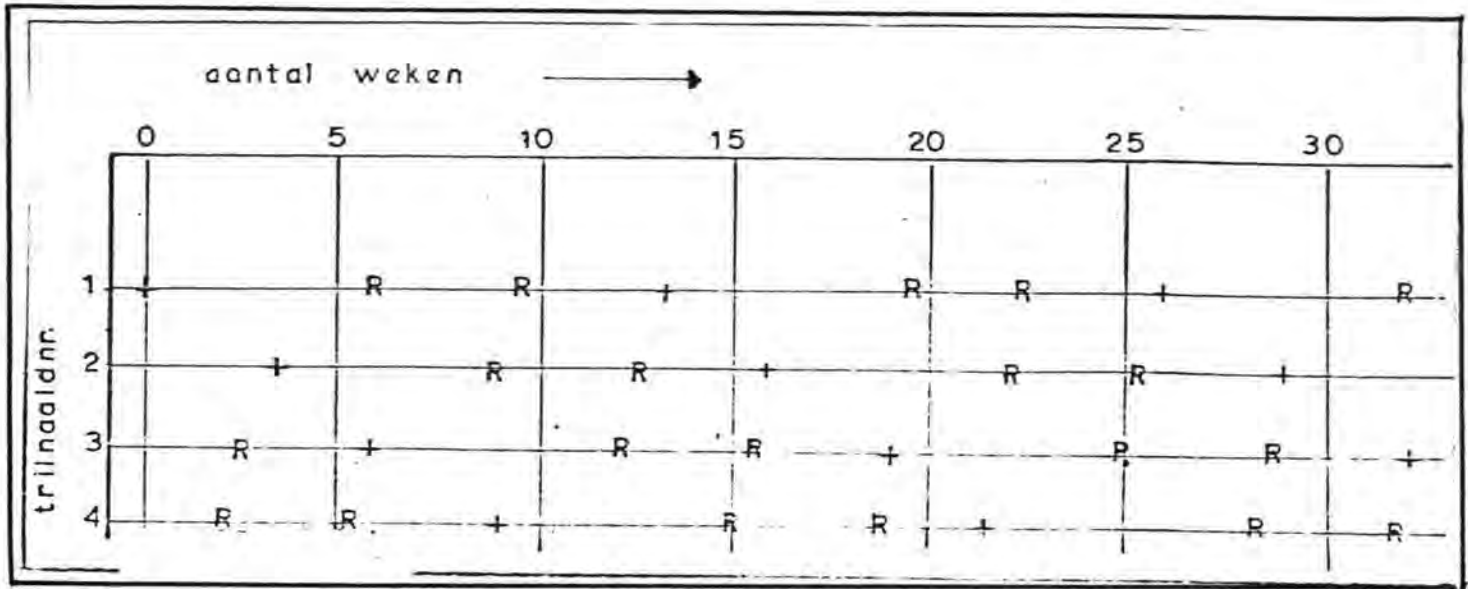
A) Onderschacht, bovenschacht en adaptor

In eerste instantie is uitgegaan van (voor boven- en onderschacht en adaptor):

- 1e levensduur 500 triluren
- 2e levensduur 200 triluren
- 3e levensduur 200 triluren

Voor de bepaling van het aantal triluren per week is uitgegaan van een 3-ploegendienst (80 triluren per week).

Toepassing van bovenstaande uitgangspunten geeft het volgende patroon van repareren en vervangen als functie van de tijd van of de bovenschacht of de onderschacht of de adaptor.



figuur 9.1.

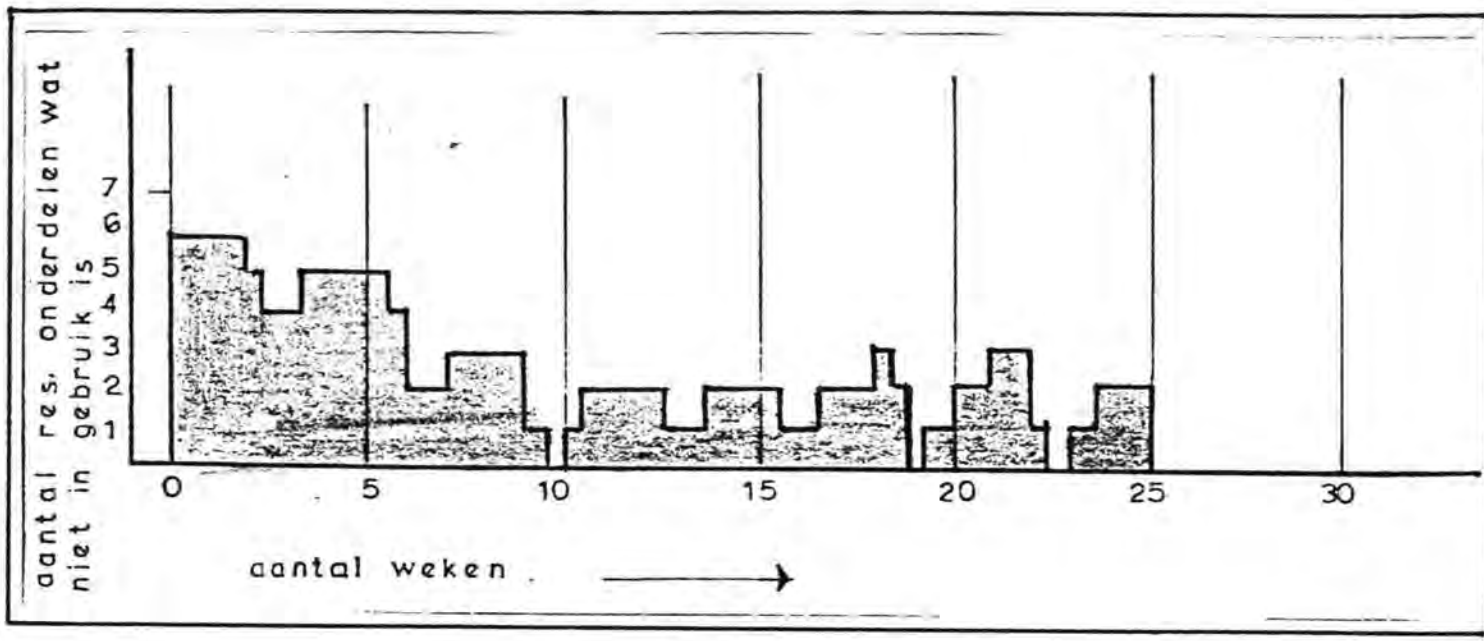
+ = vervanging van een onderdeel na tweemaal reparatie, d.w.z. het onderdeel wordt uit de roulatie genomen

R = reparatie van een onderdeel

In eerste instantie is een analyse gemaakt, ervan uitgaande dat op $t = 0$ zeven reserve-onderdelen aanwezig zijn. Uit deze analyse blijkt dat reeds rond $t = 10$ weken al een keer de situatie voorkomt, dat er niet een reserve-onderdeel over is. Nu komt er nog bij dat het eerder genoemde levensduurpatroon (500-200-200-uren) in werkelijkheid veel grilliger is. Om nu aan dit grillige verloop het hoofd te kunnen bieden is het volgende gesteld:

- a. er moeten tenminste 3 reserve-onderdelen extra aanwezig zijn (dus totaal $7 + 3$ extra reserve = 10 reserve-onderdelen).
- b. uitgaande van een levertijd van 12 weken, dient bij elke vervanging (dus bij elk kruisje) een nieuw onderdeel te worden besteld dat dan 12 weken later wordt afgeleverd.

Hiervan uitgaande is tot de volgende relatie tussen de tijd en het aantal niet in gebruik zijnde reserve-onderdelen gekomen.



figuur 9.2.

Uit de analyse blijkt dat, indien op het tijdstip $t = 0$ tien reserve-onderdelen (onderschacht, bovenschacht en adaptor) aanwezig zijn en tevens bij elke vervanging van een onderdeel tegelijkertijd een nieuw wordt besteld (uitgaande van een levertijd van 12 weken), er vrijwel altijd één of meer reserve-onderdelen voorhanden zijn. M.a.w. de niet beschikbaarheid van reserve-onderdelen is op deze wijze vrijwel nul.

Eenzelfde exercitie is uitgevoerd voor een andere levensduurpatroon nl.

- 1e levensduur 800 uren (i.p.v. 500)
- 2e levensduur 400 uren (i.p.v. 200)
- 3e levensduur 400 uren (i.p.v. 200)

Uit deze exercitie blijkt dat het aanwezig zijn van 7 reserve-onderdelen op $t = 0$ juist voldoende is.

Bij toepassing van deze analyse-opzet is er van uitgegaan dat de naalden qua triluren niet "uit de pas lopen", zodat er niet vier tegelijkertijd stukgaan.

B) Vibratoren

Van de vibratoren kon op dat moment nog niet veel worden gezegd, daar er nog geen levensduur bekend was. Uit een globale analyse is echter wel gebleken dat de aanschaf van een extra vibrator de gemiddelde niet beschikbaarheid ongeveer een orde grootte zou doen dalen.

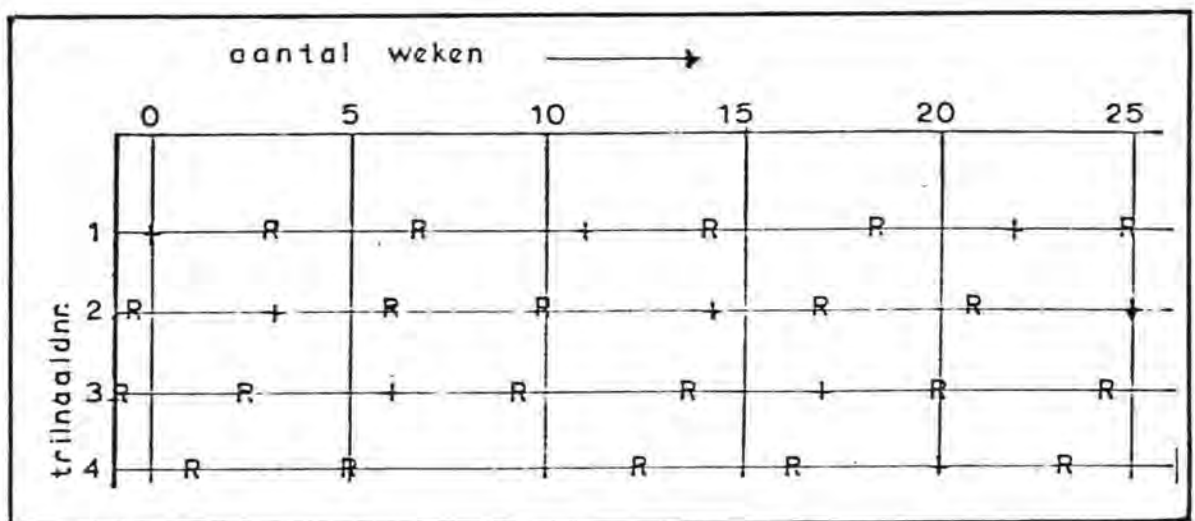
C) Resonator

Voor de resonatoren is door de KEMA een soortgelijke exercitie als voor de boven- en onderschacht en adaptors uitgevoerd. Er is hierbij van uitgegaan dat de eerste, tweede en derde levensduur gelijk zijn, namelijk ca. 230 uren.

In eerste instantie is een analyse gemaakt, uitgaande dat er op $t = 0$ 10 reserve resonatoren aanwezig zijn. Het blijkt dan dat rond $t = 25$ weken in de situatie wordt gekomen dat er niet één resonator over is. Echter ook bij de resonatoren is het aangenomen levensduurpatroon in de werkelijkheid grilliger. Om aan dit grillige verloop het hoofd te kunnen bieden is het volgende gesteld:

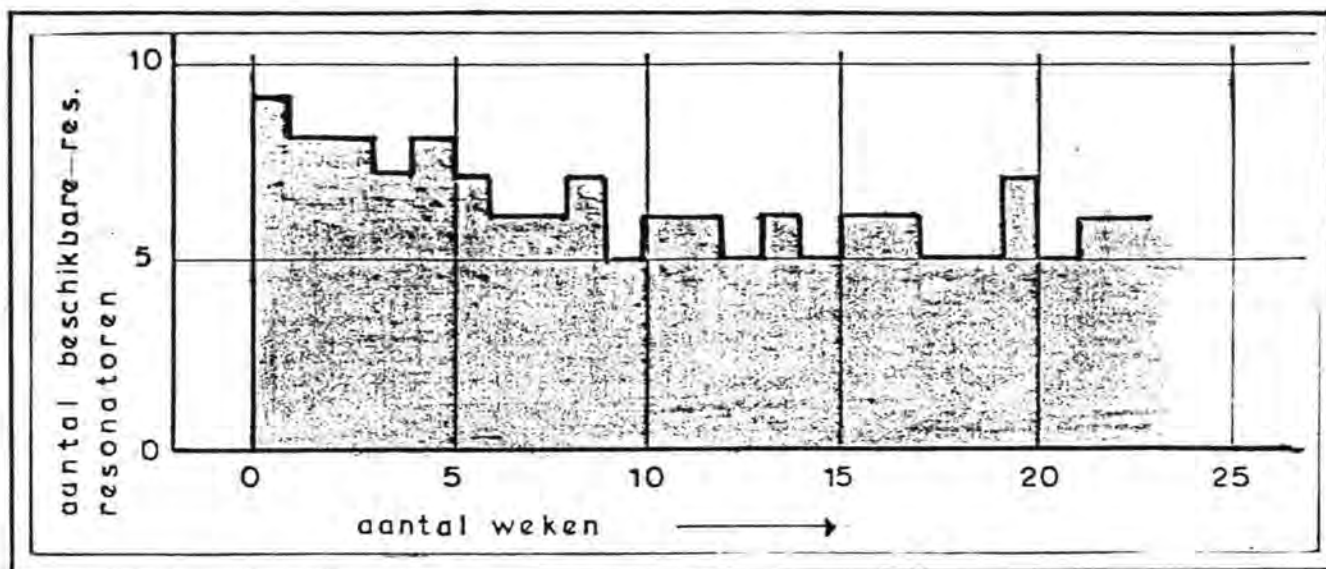
- a. er moeten altijd 5 resonatoren in reserve zijn
- b. uitgaande van een levertijd van 10 weken, dient bij elke vervanging een nieuwe resonator te worden besteld

Hiervan uitgaande is de volgende relatie tussen de tijd en het aantal beschikbare reserve resonatoren verkregen



figuur 9.3.

- + = vervanging van een resonator, m.a.w. uit de roulatie nemen
- R = reparatie van een resonator



figuur 9.4.

Uit de uitgevoerde analyse blijkt dat indien gestart wordt met de beschikbaarheid over 10 reserve resonatoren en er tevens, wanneer een resonator vervangen wordt een nieuwe wordt besteld, er altijd een reserve van 5 resonatoren aanwezig blijft (uitgaande van een levertijd van ca. 10 weken). Op deze wijze kan worden ingespeeld op het grillige praktijkverloop van de levensduur der resonatoren en wordt de niet beschikbaarheid van resonatoren tot vrijwel 0 gereduceerd.

9.1.3. Optimalisatie levensduur trilnaaldonderdelen

De bepaalde gemiddelde levensduur van de verschillende trilnaaldonderdelen was gebaseerd op de tot 1 januari 1981 verwerkte trilnaaldgegevens. Eind 1980 is tevens gestart met een analyse in hoeverre de levensduur van de verschillende trilnaaldonderdelen kan worden vergroot (werkgroep trilnaalden), door enerzijds kritische onderdelen van het ontwerp aan te passen c.q. te verbeteren en anderzijds betere reparatie procedures (b.v. verbeterde lasprocedures) te ontwikkelen (zie hoofdstuk 8).

Deze optimalisatie had een drieledig doel:

- verlengen levensduur trilnaaldonderdelen
- minimaliseren van de niet beschikbaarheid van trilnaaldonderdelen, ofwel optimaliseren van de zogenaamde naaldwaarde (gemiddeld aantal naalden waarmee tegelijkertijd wordt getrild)
- het ontwikkelen van een zodanige controlemethode op scheurvorming, zodat het risico dat een naald scheurt terwijl er verdicht wordt, zo klein mogelijk is.

A) Bovenschacht- en onderschachten

Scheurvorming treedt op t.g.v. vermoeiing; de zogenaamde vermoeiingssterkte wordt in belangrijke mate bepaald door de materiaalkwaliteit (o.a. homogeniteit) en de spanningen (spanningsconcentraties) in het materiaal. Spanningsconcentraties treden voornamelijk op t.p.v. lassen (afrondingen en gaten in het materiaal).

- Uit een analyse bleek dat de scheurvorming bij de boverschachten voornamelijk optraden t.p.v. van de op de boverschachten gelaste nokken. Bij nadere bestudering bleek dat deze nokken bij de lange schachten weggelaten konden worden: de vanaf januari 1981 geleverde lange schachten zijn dan ook zonder nokken uitgevoerd.
- In samenwerking met de werkgroep trilnaalden is de lasmethode verbeterd, waardoor een hogere kwaliteit lassen is verkregen. Hierdoor zijn de spanningsconcentraties t.g.v. de lassen minder geworden.
- Teneinde lagere spanningen (en dus lagere spanningsconcentraties) in het staal te verkrijgen is de wanddikte van de na januari 1981 bestelde naalden 30 mm i.p.v. 25 mm. Uit berekeningen is gebleken dat door van een wat grotere wanddikte de amplitude t.p.v. de resonatoren in geringe mate afneemt, hetgeen vrijwel geen invloed op het verdichtingsresultaat heeft gehad.
- Het uitvoeren van een periodieke en grondige inspectie (preventief onderhoud) voor alle trilnaaldonderdelen.

Gezien deze (uitgevoerde) verbeteringen werd t.b.v. de bepaling van het benodigde aantal reserve onderdelen de gemiddelde levensduur van de boven- en onderschachten geschat op:

- 1e levensduur 800 uren (was 500)
- 2e levensduur 600 uren (was 200)
- 3e levensduur 400 uren (was 200)

B) Adaptors

Bij de adaptors is een betere boutverbinding tussen het trilblok en de adaptors toegepast. Tevens is er een verbetering m.b.t. de afrondingen in de adaptor aangebracht, waardoor lagere en een minder aantal spanningsconcentraties zijn verkregen.

Gezien deze verbeteringen werd de gemiddelde levensduur t.g.v. het benodigd aantal reserve-adaptors afgeschat op:

1e levensduur 800 uren (was 500)

2e levensduur 400 uren (was 200)

3e levensduur 400 uren (was 200)

C) Resonatoren

Bij de resonatoren is een onderscheid gemaakt tussen de resonator' zelf, het inwendige deel van de resonator (lucht- en watertoevoerpijpen) en de resonatorpunt (inclusief nozzles).

Indien bij elk van deze onderdelen een defect optrad, dan moest de gehele resonator in reparatie gaan.

Uit een analyse van de opgetreden defecten is gebleken dat een groot deel van de reparaties betrekking hebben op het inwendige deel van de resonator.

In januari 1981 was men bezig met verbeteringen aan:

- resonatorpunt (inclusief omzetbelasting)
- lucht- en watertoevoerleidingen
- de ophangconstructie

Gezien deze verbeteringen (zie hoofdstuk 8 is de gemiddelde levensduur t.b.v. het aantal te bepalen reserve-resonatoren afgeschat op:

1e levensduur 800 uren (was 230)

2e levensduur 600 uren (was 230)

3e levensduur 400 uren (was 230)

D) Trilunits

Over de levensduur van een vibrator was weinig bekend. Bij andere verdichtingswerken is een vibrator slechts gedurende een relatief korte aangesloten tijd in werking. Ook het totaal draaiuren op zulke verdichtingswerken is gering in vergelijking tot het Oosterschelde verdichtingswerk.

Bij de Oosterschelde verdichtingswerken moest de tijd uitsluitend geven over de levensduur van de vibratoren. Hierbij leek het niet gewenst om te wachten totdat een vibrator stuk zou gaan. Er is daarom voorgesteld om na 1000-1500 triluren de vibrator van de trilnaald te demonteren en vervolgens grondig te inspecteren en eventueel te reviseren, hetgeen betekent, dat de vibrator uit elkaar wordt genomen.

Voor een effectieve controle dienen voldoende reserve onderdelen aanwezig te zijn. In januari 1981 was de beschikking over 6 vibratoren. Daar de kans aanwezig was dat, tijdens de controle van een vibrator een andere stuk zou gaan, werd aanbevolen om alvast tenminste één extra vibrator bij te stellen.

9.2. Uitvoering van de filosofie m.b.t. de reserve trilnaaldonderdelen

In december 1980 is m.b.v. de resultaten van het KEMA onderzoek de volgende uitvoering aan de filosofie m.b.t. de benodigde hoeveelheid naalden c.q. naaldonderdelen gegeven.

Hoeveelheden naalden:

4-in bedrijf aan boord

2-aan boord voor montage, demontage en reparatie

1-reserve aan boord

2-aan de wal voor reparatie

dus 4 in bedrijf en 5 in roulatie (totaal 9 stuks)

Hoeveelheid ter vervanging:

uitgegaan van: 1e levensduur = 800 uur

2e levensduur = 600 uur

3e levensduur = 400 uur

totaal = 1800 uur

113 draaiuren per week (3 ploegen)

40 weken per jaar

Dit geeft een verbruik van:

40 x 113

$\frac{\quad}{1800} \times 4 = 10$ stuks per jaar (of 1/4 per week)

voor 1981 gold dan:

(de eerste 6 naalden hadden op dat moment gemiddeld 600 draaiuren)

nog te gaan met eerste 6 naalden:

1800 - 600

$\frac{\quad}{113 \times 4} \times 6 = \underline{16}$ weken

resterend voor 1981: 40 - 16 = 24 uren

hiervoor nog nodig : 24 x 1/4 = 6 naalden

Dus om te kunnen werken tot eind 1981 zijn in totaal besteld:

6 schachten en resonatoren ter vervanging (januari 1981)

5 schachten en resonatoren i.v.m. roulatie (februari 1981)

Voor 1982 werd het aantal reservenaalden op 10 afgeschat. De resultaten qua levensduur bleken echter gunstiger uit te vallen, zodat voor 1982 geen extra schachten besteld zijn.

In november 1981 en januari 1982 zijn resp. 2 en 3 reserve adaptors besteld, en in september 1981 2 stuks reserve electromotoren voor de vibratoren.

Ten behoeve van het verdichten op grotere diepten zijn in februari 1981 6 stuks verlengschachten à 4 m' en in februari 1982 2 stuks besteld.

Samengevat kan worden gesteld dat de gehanteerde filosofie m.b.t. het aantal benodigde reserve-onderdelen in de praktijk vrij juist is gebleken.

9.3. Het preventieve onderhoud (controlefilosofie)

Tot januari 1981 bestond de controle op scheurvorming voor zover mogelijk alleen uit een visuele inspectie aan boord van de Mytilus en dan nog voor zover het mogelijk was. Reparatie werd pas uitgevoerd nadat er een scheur geconstateerd was. De verwachting was dat door een grondige, periodieke inspectie en de hieruit voortkomende reparatie de levensduur van de verschillende trilnaaldonderdelen zou kunnen worden verlengd.

Bij het preventieve onderhoud is de trilurengrens belangrijk waarbij de verschillende trilnaaldonderdelen op gebreken worden gecontroleerd.

9.3.1. Controlecyclus schachten, adaptor en resonator

Bij de bepaling van de controlecyclus heeft enerzijds de kans dat één der naalden "faalt" voor het preventieve onderhoud en anderzijds de verlettijd welke optreedt bij het uitwisselen van de naalden (stagnatie in voortgangssnelheid) meegespeeld. Uit de levensduurtabel, gebaseerd op de gegevens tot 31 december 1980, bleek dat de standaardafwijking vrij groot was (200-250 triluren). De eerste naald "faalde" reeds na ca. 300 triluren. Door de aangebrachte verbeteringen werd verwacht dat de gemiddelde levensduur aanzienlijk omhoog zou gaan, m.a.w. ook de ondergrens (kleinere standaardafwijking levensduur).

Gezien het voorafgaande werd besloten na elke 200 draaiuren de trilnaalden te controleren. De trilnaalden werden dan uitgewisseld, gedemonteerd en gecontroleerd in een werkplaats. Na 800 draaiuren werd de naald ontmanteld. Hieronder wordt volstaan de schachten in pijpen en flenzen splitsen, de laszones verwijderen, waarna deze delen weer tot schachten kunnen worden samengesteld; de resonatoren en adaptors een warmtebehandeling geven en nabewerken. Voor het moment waarop besloten zou moeten worden een trilnaaldonderdeel te vervangen, was vooraf geen exacte trilurengrens aan te geven. In de praktijk kwam het er op neer, dat wanneer een zwakke plek of scheur in de constructie werd geconstateerd, het betreffende stuk uit de constructie werd verwijderd en vervangen door een nieuw stuk staal, dat tussen de intact gebleven delen werd gelast. Let wel, er werd dus niet het totale onderdeel (b.v. een bovenschacht) vervangen. Bepalend voor het vervangen van het totale onderdeel was het aantal lasnaden en de plaats van de lasnaden na de verschillende reparaties.

9.3.2. Controlecyclus vibratoren en trekkoppen

De gemiddelde levensduur van een vibrator is aanzienlijk groter dan die van de andere trilnaaldonderdelen. De 6 trekkoppen en vibratoren zijn dan ook na respectievelijk 2326, 2220, 1315, 2853 en 1822 draaiuren geheel overhaald.

9.3.3. Voor de controle getroffen voorzieningen

Een effectieve controle kon worden uitgevoerd doordat de ervoor benodigde voorzieningen aanwezig waren:

- a. het ter beschikking hebben van voldoende reserve trilnaaldonderdelen
- b. voorzieningen aan boord van de Mytilus
- c. de inrichting van een reparatiewerkplaats op de wal
- d. extra reparatiepersoneel, wat op afroep besteld kan worden
- e. voldoende personeel om ingeschakeld te worden bij de controlewerkzaamheden.

sub a. zie hoofdstuk 9.2.

sub b. Om zonder vertraging van het verdichtingsproces naalden te kunnen wisselen, te demonteren en vervolgens weer op te bouwen, alsmede het steeds stand-by houden van één volledige reserve trilnaald, is het aantal naalden parkeerplaatsen op de Mytilus uitgebreid tot 3 (i.p.v. 2).

sub c. Om de trilnaaldonderdelen adequaat te kunnen behandelen is de werkplaats Roompot voorzien van een rollenbaan, extra lasmogelijkheden en een installatie voor het onder poederlassen. Tevens is een kotterbank aangebracht om passingen en afdichtingsvlakken natebewerken, alsmede persgereedschap.

sub d. Voor het demonteren en opbouwen van trilnaalden aan boord van de Mytilus en is, daar dit tijdens het verdichtingsproces geschiedt, is extra personeel

sub e. ingezet.

Tevens zijn gespecialiseerde onderaannemers aangetrokken voor onder andere de volgende werkzaamheden:

- ultra-sonor controleren van lasnaden
- rontgenfoto's maken van lasnaden
- gloeien van lasnaden
- naaldschachtenpersen
- nabewerken van grote vlakken

9.4. De opgetreden levensduur van de verschillende trilnaaldonderdelen

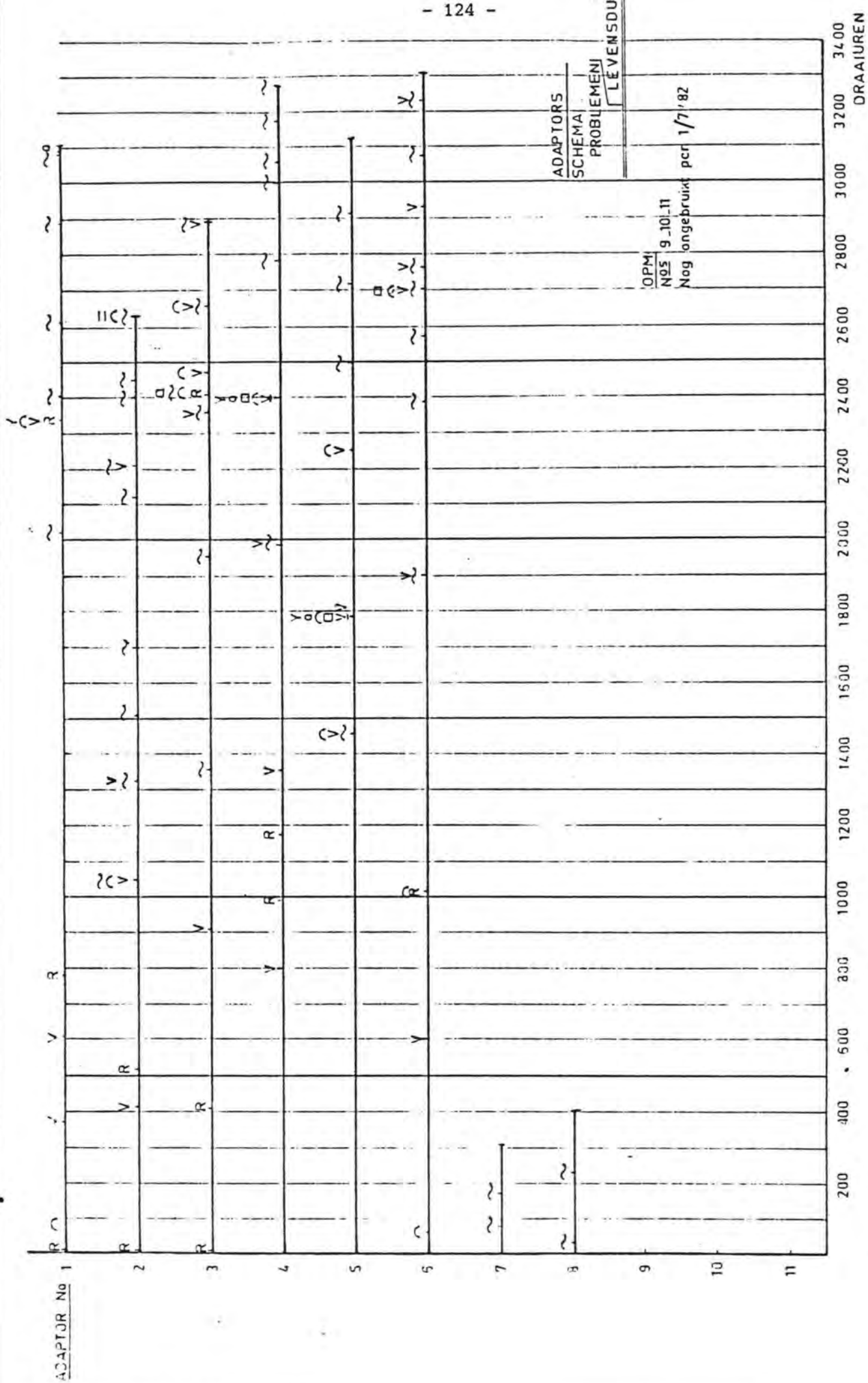
In de figuren 9.5 t/m 9.11 is schematisch een overzicht gegeven van de opgetreden problemen, standtijden en levensduur van respectievelijk de adaptors, schachten en resonatoren.

De totale levensduur van deze onderdelen kwam op het volgende neer:

onderdeel	totale levensduur (draaiuren)	
	opgetreden	aangenomen in "filosofie" (hoofdstuk 9.2)
korte schachten	1100-2500 (1720)	1800
lange schachten	1200-2100 (1710)	1800
resonatoren	1000-1900 (1625)	1800
adaptors	nog niet bekend; tot 1-8-82 ca. 3000	1600

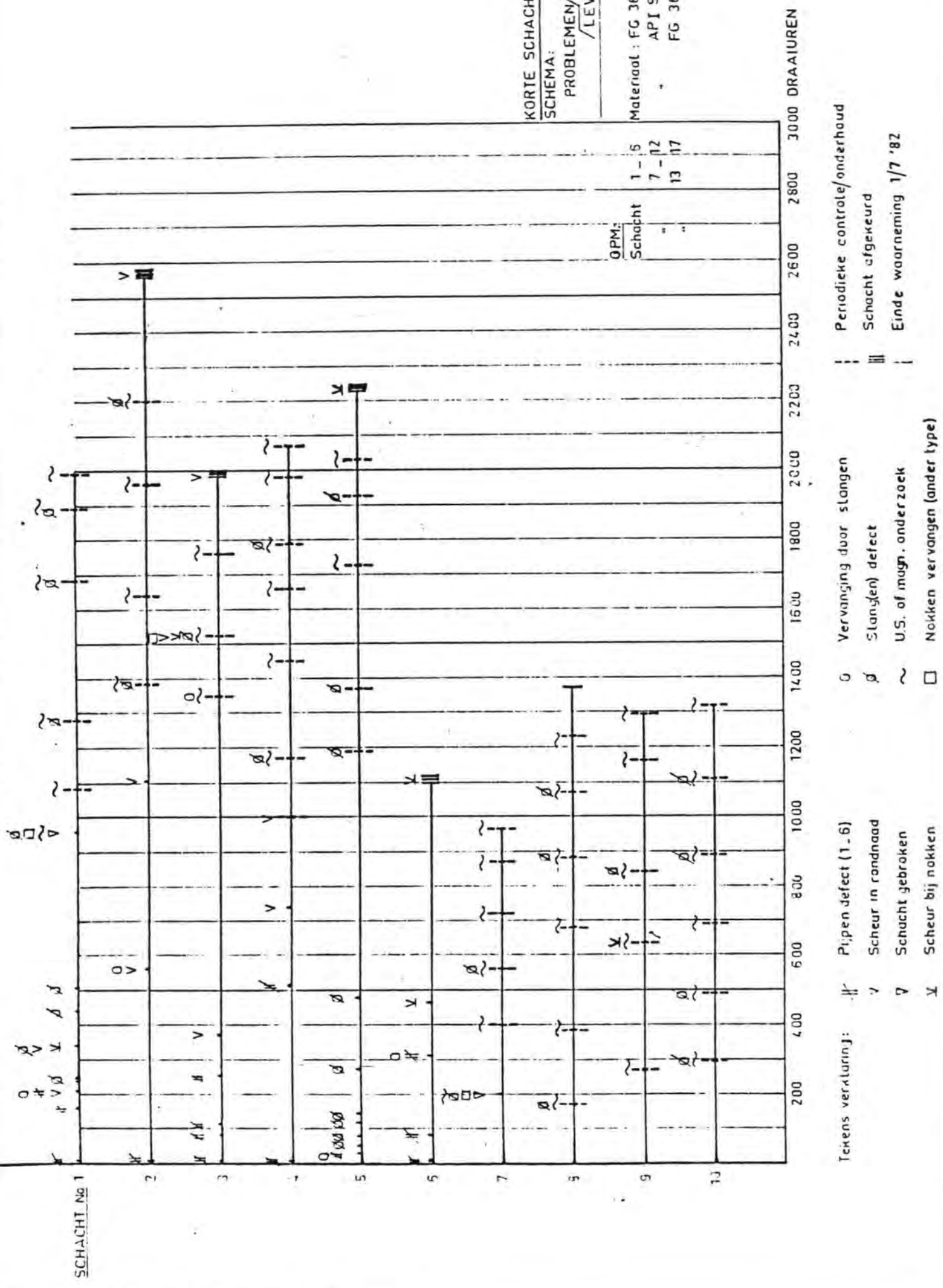
(--) = gemiddelden

Uit de voorafgaande tabel blijkt dat de in de vervangingsfilosofie aangenomen totale levensduur in het algemeen vrij redelijk overeenkomt met de opgetreden totale levensduur. Een uitzondering zijn de adaptors, welke langer zijn meegegaan dan verwacht werd.



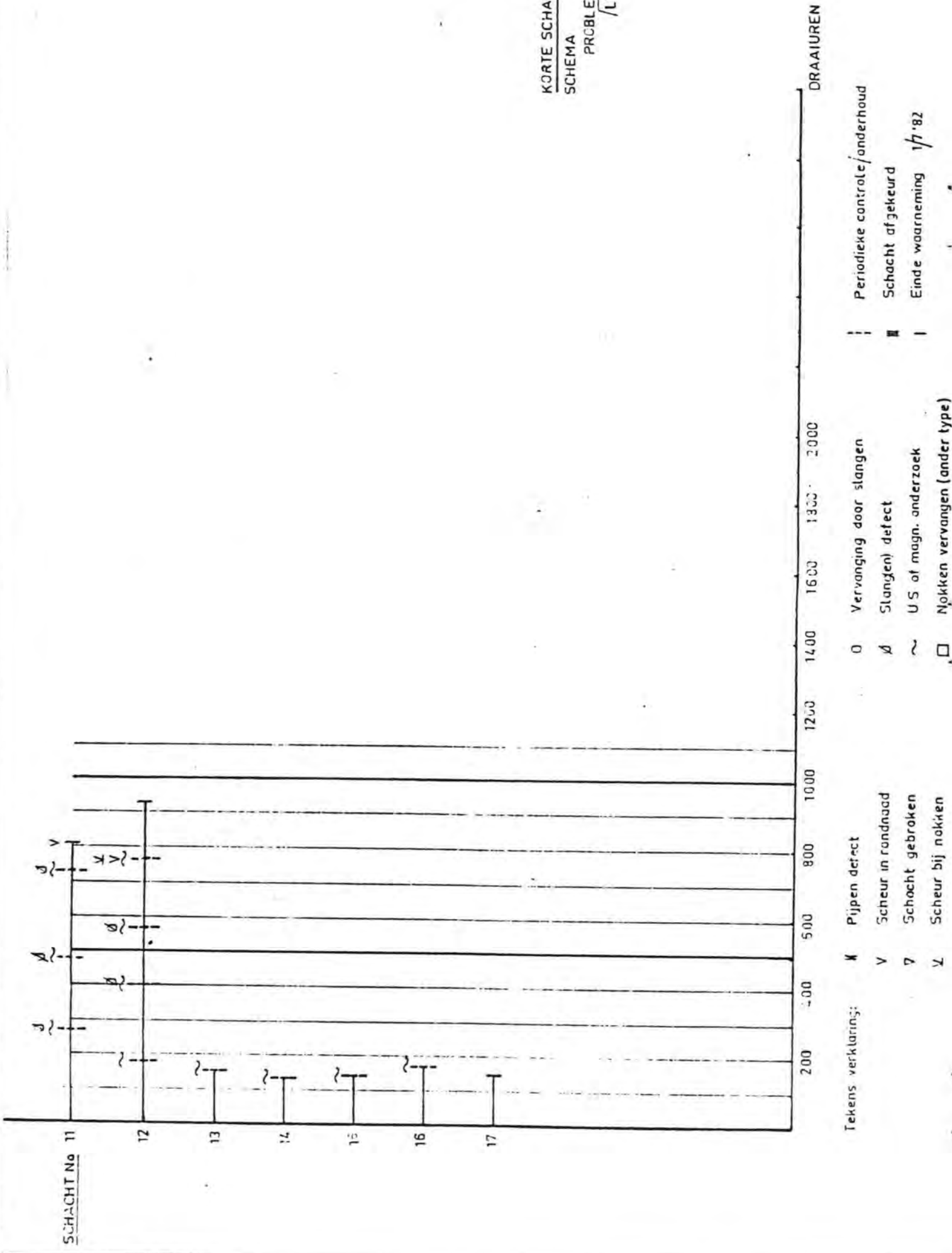
Figuur 9.5.

KORTE SCHACHT(10M) I
 SCHEMA:
 PROBLEMEN/
 /LEVENSDUUR
 Materiaal : FG 36 T
 API SLX 52
 FG 36 T (30mm)



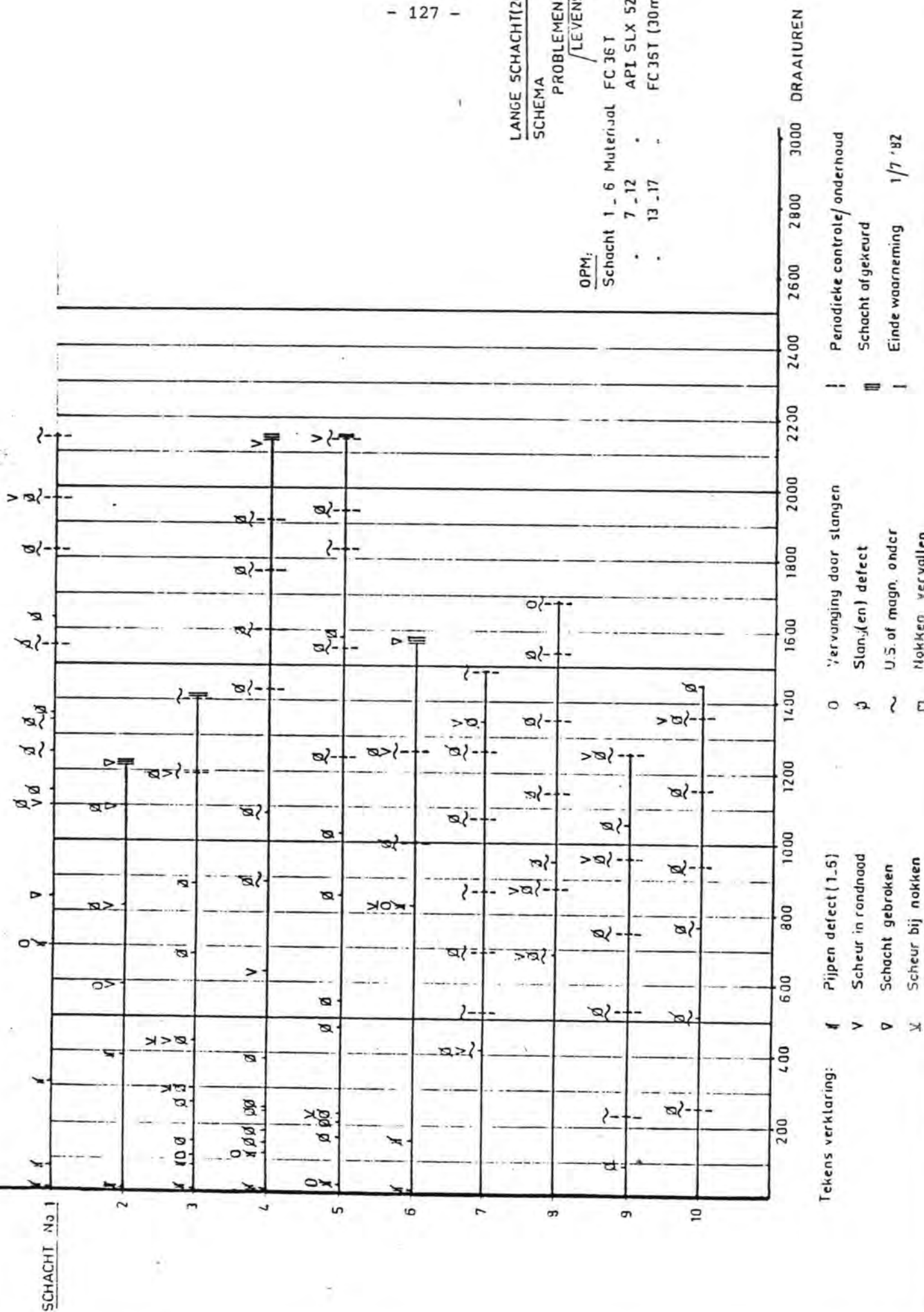
Figuur 9.6.

KORTE SCHACHT(10M) II
SCHEMA
PROBLEMEN/
LEVENSDUUR



Figuur 9.7.

LANGE SCHACHT(20M)
 SCHEMA
 PROBLEMEN/
 LEVENSDU
 OPM:
 Schacht 1 - 6 Materiaal FC 36T
 7 - 12 API SLX 52
 13 - 17 FC 36T (30mm)

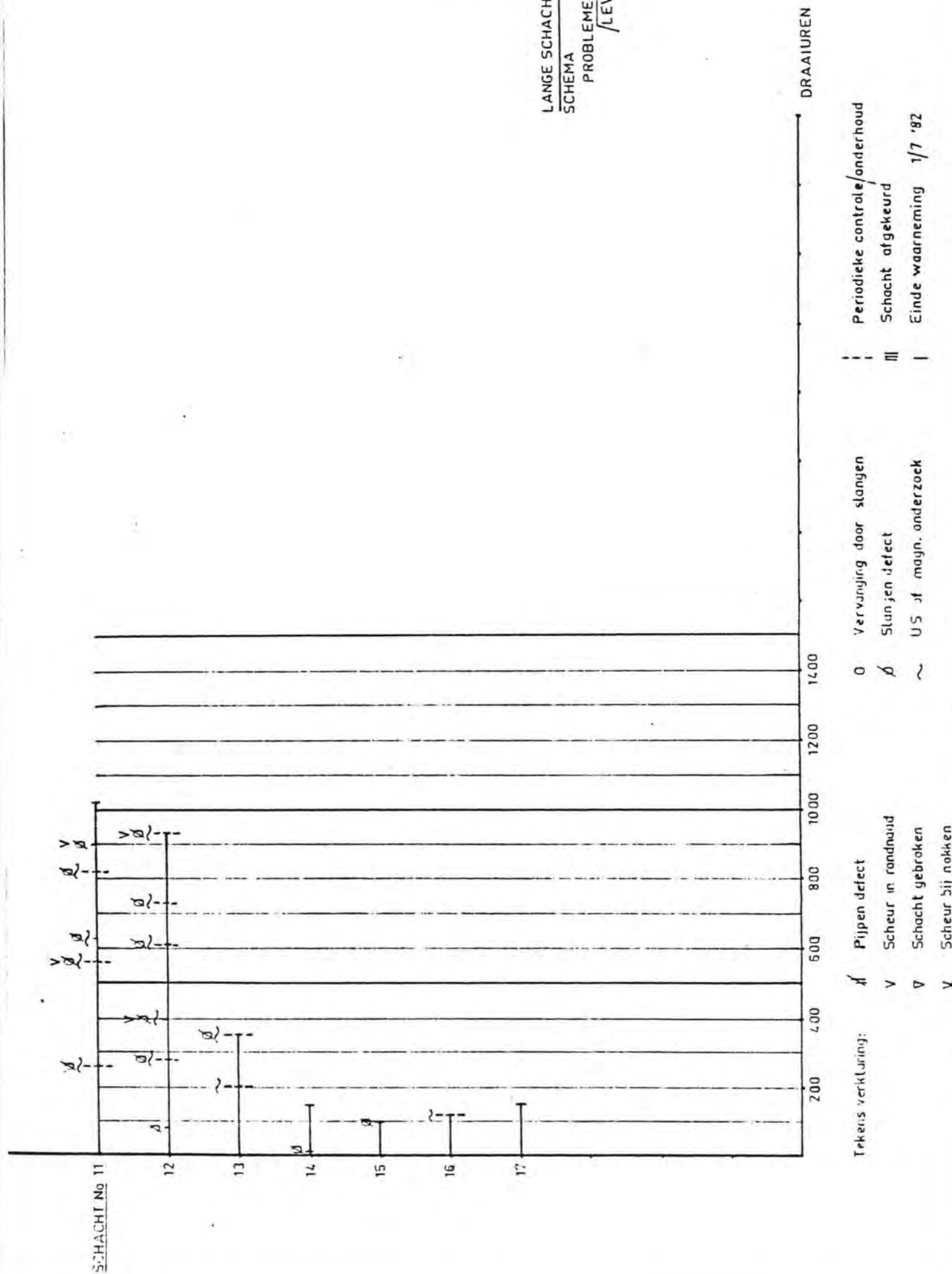


Tekens verklaring:

- f Pijpen defect (1-5)
- V Scheur in rondhoed
- ∇ Schacht gebroken
- X Scheur bij nokken
- O Vervanging door stangen
- p Stang(en) defect
- ∩ U.S. of magn. onder
- Nokken vervallen
- ||| Periodieke controle/onderhoud
- I Schacht afgekeurd
- I Einde waarneming

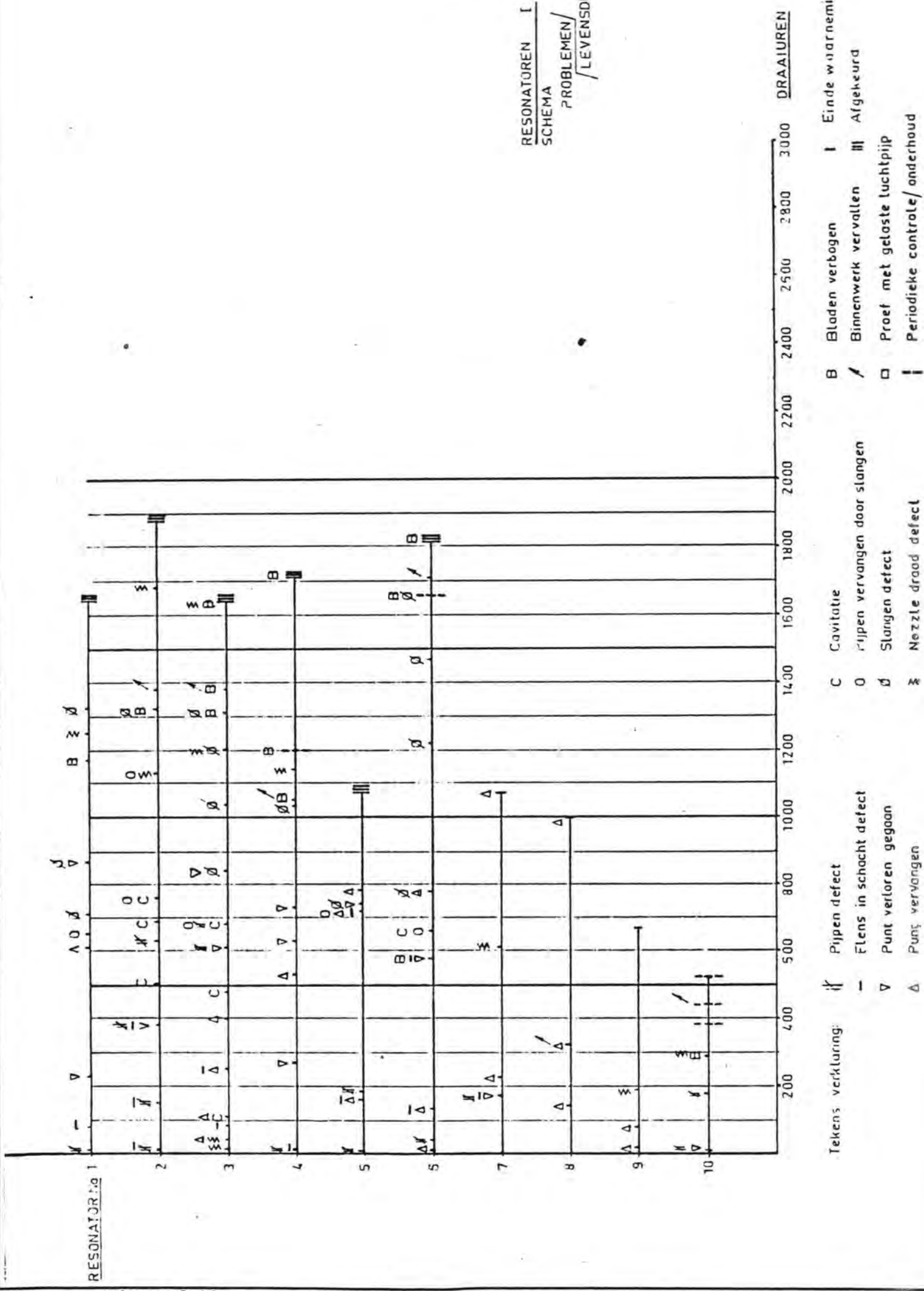
Figuur 9.8.

LANGE SCHACHT (20 M) II
SCHEMA
PROBLEMEN/
LEVENSDUUR



Figuur 9.9.

RESONATOREN I
SCHEMA
PROBLEMEN/
LEVENSDUUR



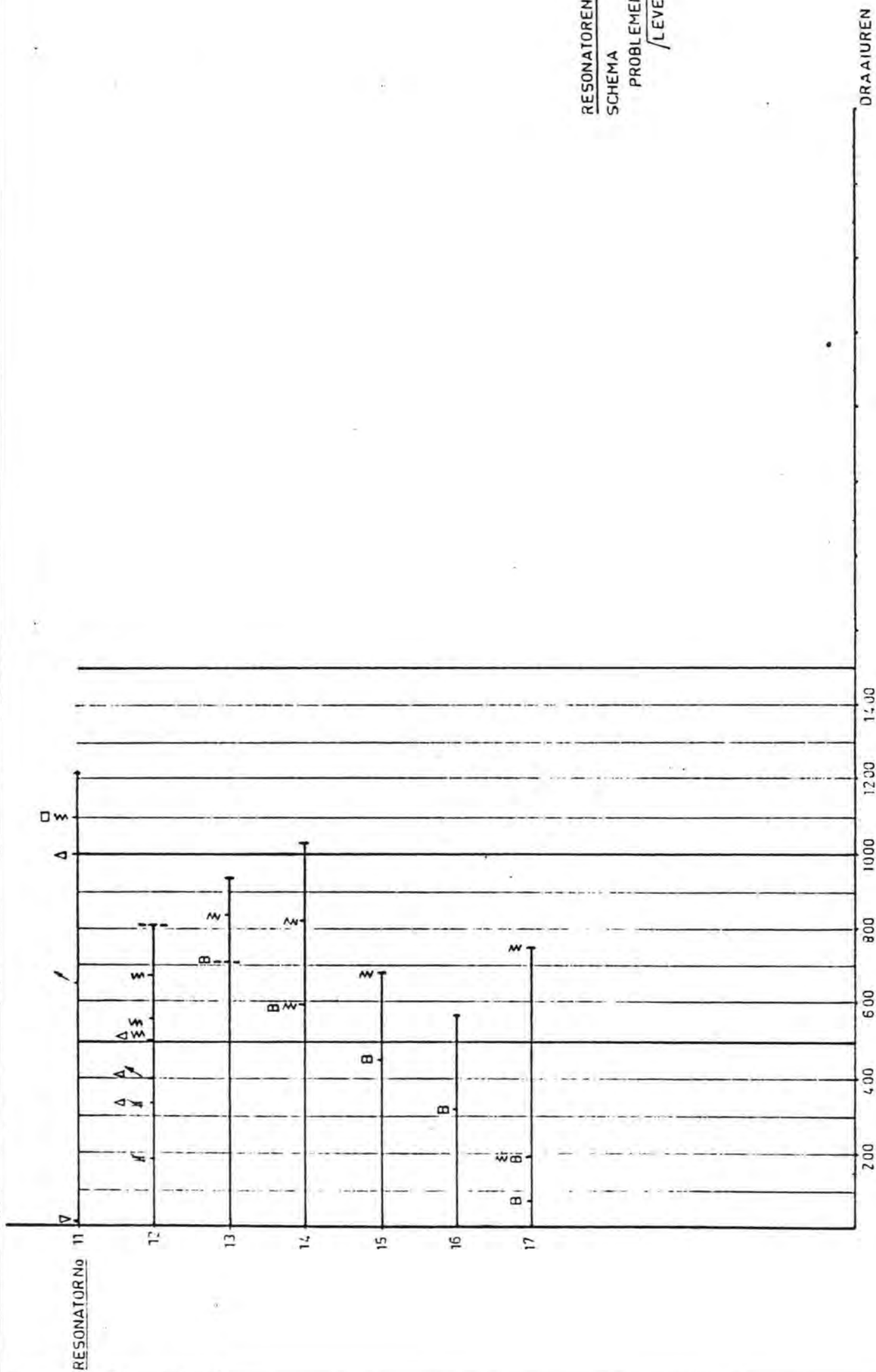
RESONATOR 1-10

DRAAIUREN

- Tekens verklaring:
- if Pijpen defect
 - Flens in schacht defect
 - v Punt verloren gegaan
 - Δ Punt vervangen
 - B Bladen verbogen
 - / Binnenwerk vervallen
 - Proef met gelaste luchtpijp
 - ! Periodieke controle/onderhoud
 - C Cavitatie
 - o rijken vervangen door slangen
 - ∅ Slangen defect
 - Σ Nezzle draad defect
 - I Einde waarneming/17.8
 - III Afgekeurd

Figuur 9.10.

RESONATOREN II
SCHEMA
PROBLEMEN/
LEVENSDUUR



- Tekens verklaring
- △ Flens in snaecht defect
 - Flens verloren gegaan
 - ▽ Punt vervangen
 - △ Punt vervangen
 - Cavitatie
 - Pijpen vervangen door slangen
 - ∅ Slangen defect
 - ⊗ Nozzle draad defect
 - Bladen verbogen
 - ∕ Binnenwerk vervallen
 - Proef met gelaste luchtpijp
 - ∕ Periodieke controle onderhouden
 - I Einde waarnemingen 1/7 '82
 - III Afgekeurd

Figuur 9.11.

10. Lieren, geleidebalk en spudpalen

10.1. Naaldlieren en deiningscompensatoren (figuur 10 t/m 10.4)

Voor de verticale bewegingen van de naalden zijn vier naaldlieren geplaatst welke zowel synchroon als individueel bediend kunnen worden. Tevens is de mogelijkheid aanwezig om synchroon te werken met de balklieren erbij. De elektrisch aangedreven naaldlieren zijn opgesteld op het dek aan bakboordzijde (dus onder het bedieningshuis). De hijsdraad loopt aan de buitenzijde van het portaal omhoog en via geleideschijven bovenop het portaal naar het hijspunt van de naalden. Op dit punt is tevens per naald een verticale bedieningscompensator (deico) opgesteld. Deze bestaat uit een hydraulische cilinder welke d.m.v. een gesloten circuit is aangesloten op een drukaccumulator. De drukaccu heeft een vulling van stikstof. De cilinder is voorzien van 2 schijven welke als bovenblok van de naaldtakel dienst doet. Het onderblok van deze takel wordt gevormd door de 2 schijven in de hefdraadgeleider. De hijsdraad wordt dan vanaf de 3e geleideschijf (vlak naast het hijspunt) eerst naar de 1e schijf van de hefdraadgeleider gevoerd, daarna over de 1e schijf van de deico en vervolgens dan de 2e schijf hefdraadgeleider en 2e schijf deico. Het dode part wordt vlak naast de 3e geleideschijf bovenop de bok vastgezet. Op deze wijze wordt de trekkracht van de hijslier 4x vergroot; op deze wijze worden tevens de bewegingen van het schip t.g.v. golven en wind gecompenseerd.

10.1.1. Technische specificatie naaldlieren (4 stuks):

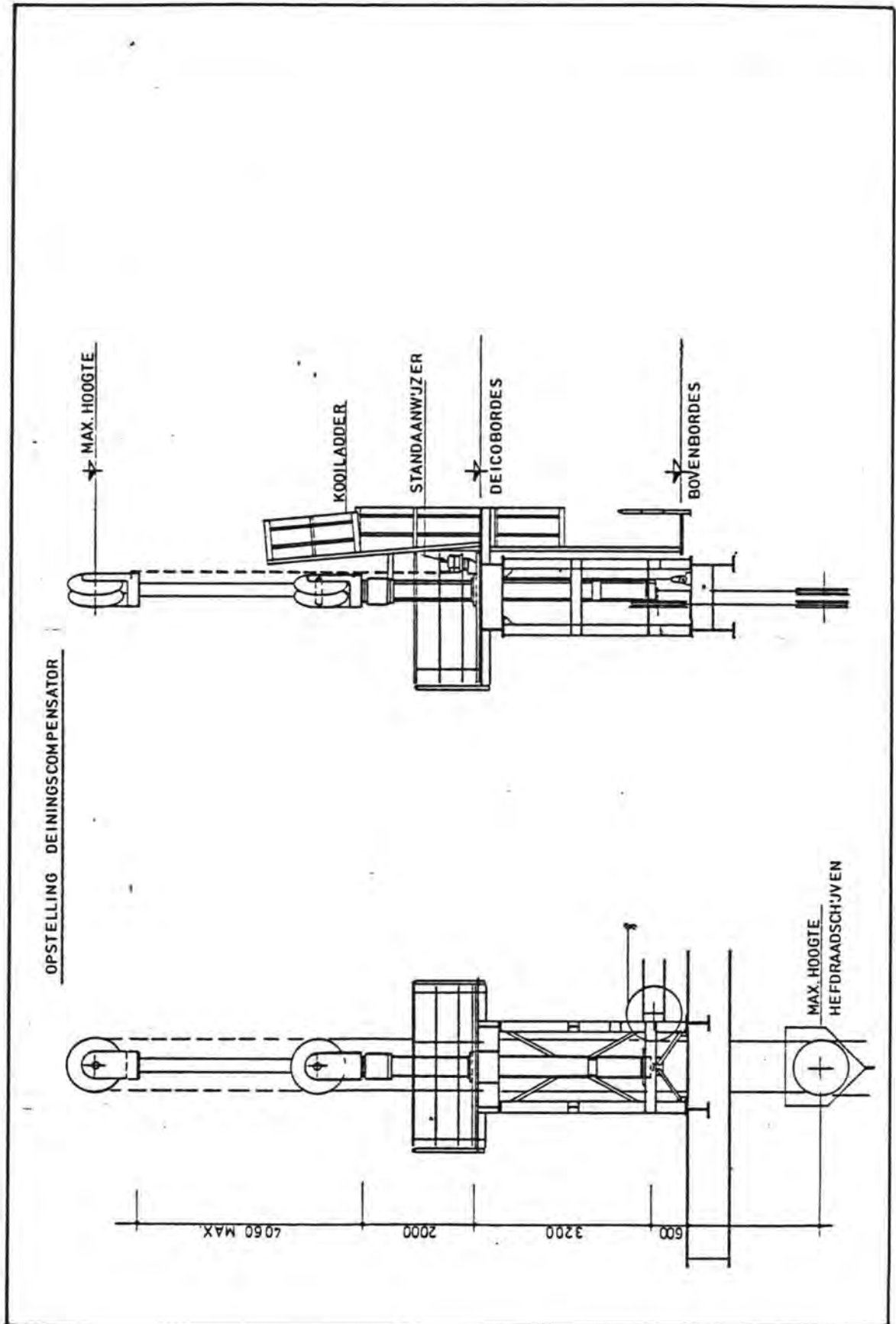
lier	- fabr. : Bodewes nom. trekkracht : 13,5 t (1e laag) snelheid : 0,4 m/sec gem. trommel diam. : 1130 mm draad diam. : 36 mm draadberging : 170 m' (in 1 laag)
t.w. - kast	- fabr. : Dorstener overbrenging verhouding : 1 : 108.4
motor	- fabr. : Indar type : N-280-L-a cap. : 60 kW - 750/1500 R.P.M. 440 V-148 A- 40%I
rem	- fabr. : pintsch bamag type : SFB 250

10.1.2. Technische specificaties deico's (4 stuks):

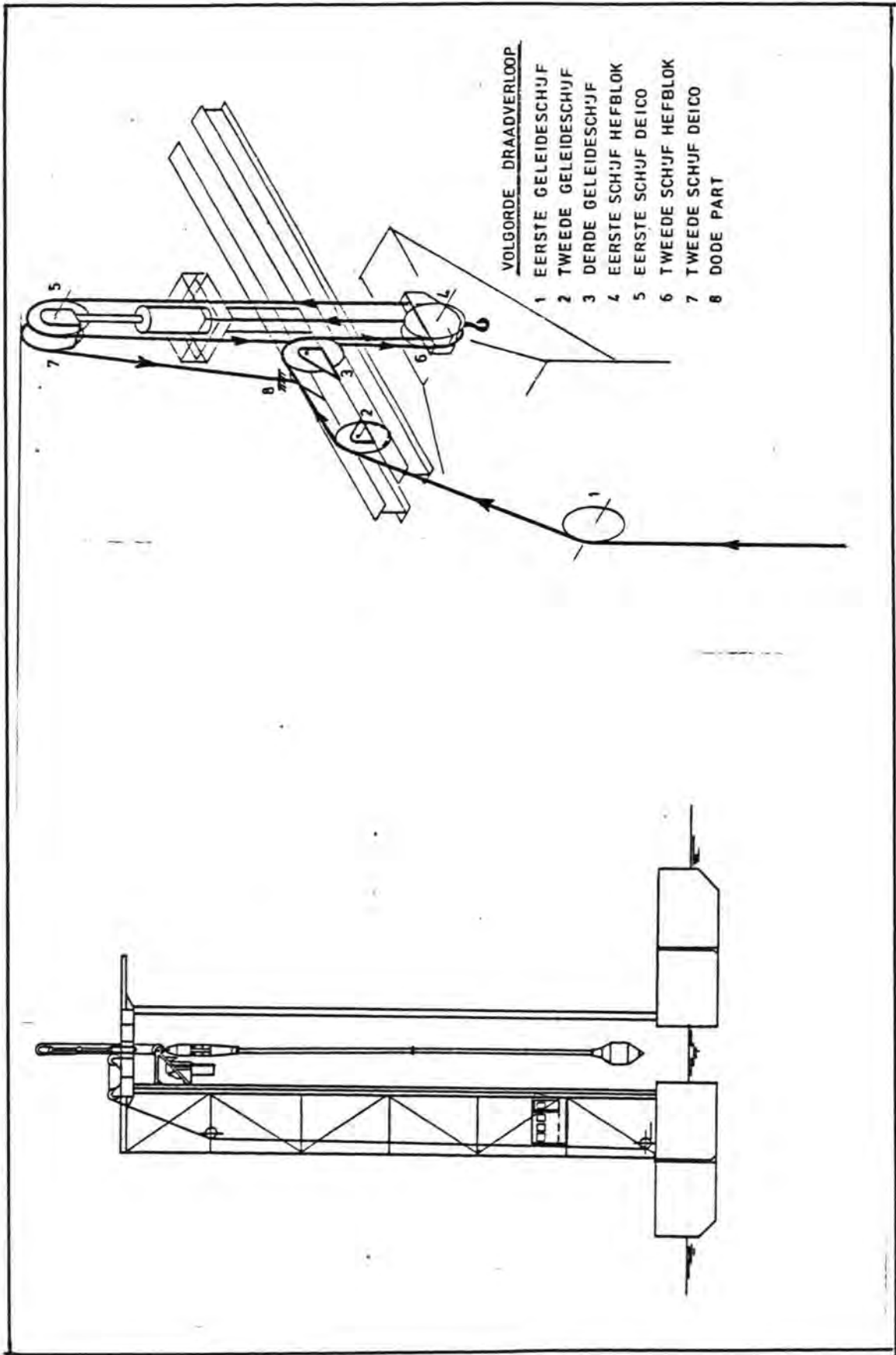
hydr. cylinder	- fabr.	: hydraudyne
	diam.	: 250 mm
	slag	: 4000 mm
	P _{max}	: 320 bar
	K _{max}	: 122 ton
Accumulatoren	- fabr.	: Olaer
	type	: HPB 50 (balg DEV 160)
	cap.	: 50 ltr.
	voorvuldruk	: 22.3 bar (30 °C) - stikstof

10.1.3. Hijsdraad

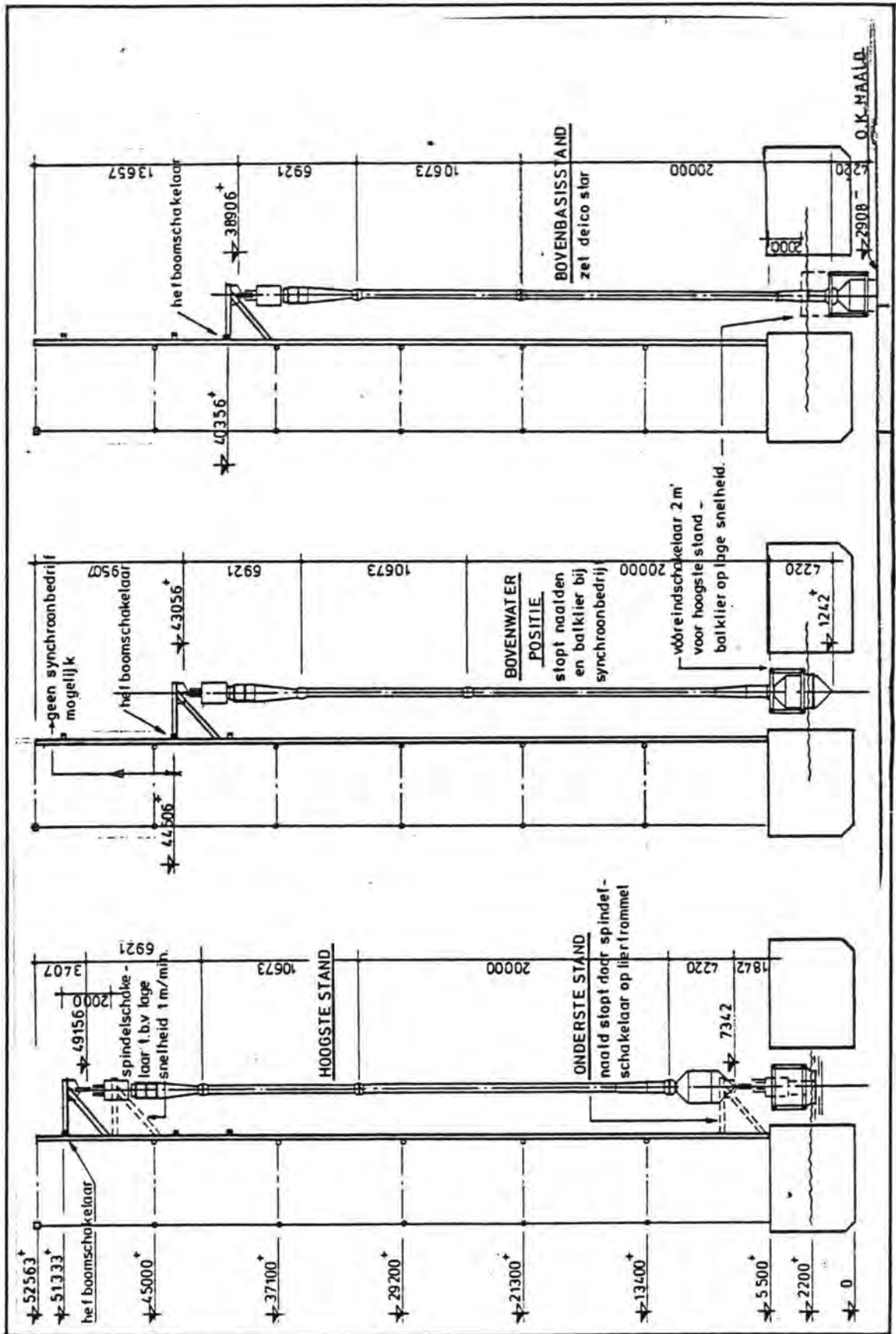
Verzinkte staalkabel ϕ 36 mm, constructie 6 x 36 WS + stalen kern, kruisslag links geslagen voorgevormd. Treksterkte 200 - 219 kg/mm². Werkelijke breekkracht 94.400 kg. Voorzien van Crosby-socketvoordraad 1 1/4" - 1 3/8" (S-416) met pen (G-416) totale lengte draad 292 meter.



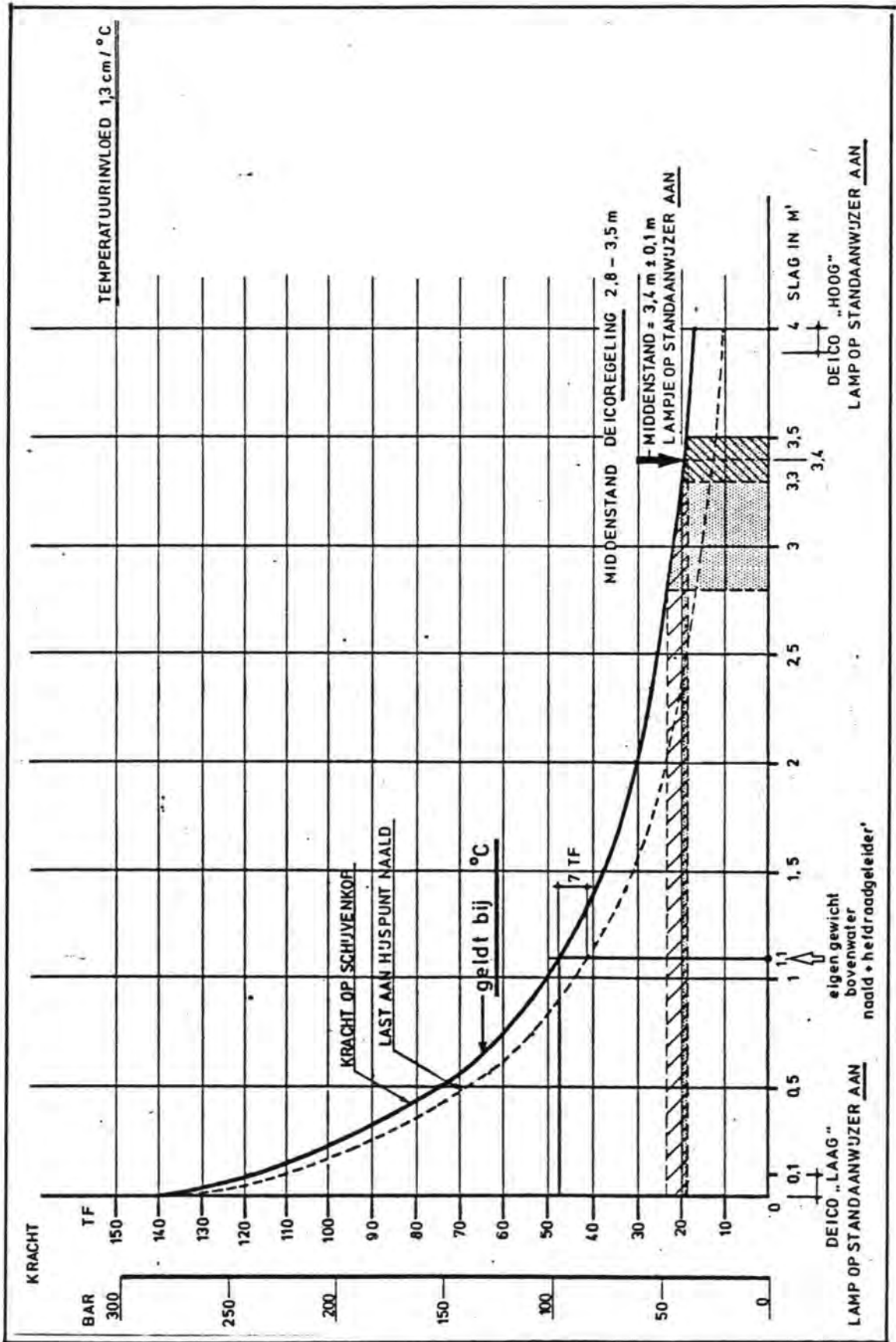
Figuur 10.1.



Figuur 10.2.



Figuur 10.3.



Figuur 10.4.

10.2. Geleidebalk en balklieren

Als de spudpalen van het schip goed gepositioneerd aan de grond staan moeten de naalden vanuit de positie in de bol van het schip gevierd worden tot bodemniveau. Om er voor te zorgen dat de naaldpunten in de goede positie op de bodem arriveren en niet door stromend water ver van de bedoelde positie terecht komen, is een geleidebalk ontworpen die door middel van twee balklieren vanuit de beun van het schip tot op de bodem neergelaten kan worden. Deze geleidebalk glijdt langs de twee spudpalen vanuit de beun naar beneden zodat een juiste positionering ook hier gewaarborgd is.

Om de naalden in de juiste positie te krijgen zijn in de balk openingen gespaard waarin de resonatorgedeelten van de naalden passen. Door nu de naalden gelijktijdig met de balk te vieren (terwijl de resonatoren in de balk blijven), wordt een voldoende nauwkeurige positionering van de naaldpunten bereikt.

De balk is uitgevoerd als een ruimtelijke buisconstructie waarin 6 geleideconstructies zijn opgenomen: 2 voor de geleidepalen ("spuds") en 4 voor de naalden. De buitenwerkse afmetingen zijn: 2.27 m' hoog, 2.92 m' breed en 38.30 m' lang. In neutrale toestand bevindt de balk zich in de beun waarbij de spudpalen door de geleideconstructie in de balk steken.

De resonatoren van de naalden kunnen dan voor inspectie boven de balk gehesen worden.

De balklieren staan opgesteld tussen de buitenste naaldposities en de spudposities aan de bakboordzijde van de beun. Aan de bovenzijde van de balk bevinden zich twee enkele schijven, waardoor de hijsdraad geschoren wordt. Aan de bakboordzijde van de beun bevindt zich rechttegenover de balklier een bokje waaraan het part van de hijsdraad is vastgezet. Verder bevinden zich aan de beunwanden verschillende zeevasten en borgingen voor de balk in neutrale positie.

De balklieren worden bediend vanaf de hoofdoperators lessenaar in het bedieningshuis of vanaf een console op het dek nabij de balklieren. Deze dekbediening moet op de hoofdoperators lessenaar vrijgegeven worden en beperkt zich tot het halen of vieren van de betrokken balklier. Op de dekbedieningsconsoles bevindt zich wel een trekkracht-aanwijzer.

Op de hoofdoperators lessenaar kan zowel individueel als synchroon gewerkt worden met behulp van de "synchroon controller". In dit laatste geval werken alleen beide balklieren tegelijkertijd indien de individuele naaldlieren niet op "synchroon" geschakeld zijn. Is dit wel het geval dan worden door de synchroon controller ook de vier naaldlieren bediend.

10.2.1. Technische specificatie balklieren (2 stuks):

lier	- fabr.	: Bodewes
	nom.trekkkracht	: 13 ton
	snelheid	: 0,2 m/sec
	gem.trommeldiam:	1000 mm
	draaddiam	: 36 mm
	draadberging	: 80 m' (in 1 laag)
t.w. kast	- fabr.	: Indar
	type	: 280 S-i=37,5
motor	- fabr.	: Indar
	type	: N 250-1-a
	cap.	: 30 kW-750/1500 RPM
		440 V-76 A- 40% ID
Rem	- fabr.	: Pintsch Bamag
	type	: SFB 100

10.2.3. Ondervonden moeilijkheden met de balklieren en geleidebalk

1. De synchroonbediening van de balklieren en de naaldlieren diende regelmatig afgesteld te worden.
2. De electromotor van de achterste balklier is opnieuw gewikkeld. T.g.v. een elektrische storing had de motor met een te hoog toerental gedraaid.
3. Bij het niet-continue bedrijf van de Mytilus moest dagelijks de balk gezevast worden nabeeëindiging van de werkzaamheden. Om deze extra werkzaamheden te vereenvoudigen en de tijdsduur te beperken, is er een pneumatische zeevast inrichting aangebracht.

10.3. Spudpaal-systeem

10.3.1. Beschrijving spudstelsel (figuur 10.5)

De beide spudpalen van de Mytilus zijn uitsluitend bedoeld als geleiding van de onderwaterbalk, die op zijn beurt weer de 4 trilnaalden geleidt. De spudpalen zijn dus niet bedoeld als verankering, zoals bijvoorbeeld bij een cutterzuiger. Om te voorkomen dat de palen horizontale krachten opnemen doordat het schip verplaatst (schrikken, verzetten, rollen en stampen) kunnen de spuden de spudhefinrichting op dekniveau in twee richtingen scharnieren. (Cardan scharnier). Dit scharnier moet alleen werken als de spudpaal op de grond staat. Hangt de paal in één van de vangen dan moet het scharnier niet werken omdat anders door de stroom de paal scheef komt te hangen. Dit wordt bereikt door 2 buffercylinders, die tussen de bovenkant van de spudhefinrichting en de spud-hulppalen zijn aangebracht. Deze buffercylinders hebben 2 karakteristieken:

"star", als de spud boven de grond hangt en "slap" als de spud op de grond staat. De hefinrichting is uitgerust met een klem-kleminstallatie, waarmee de spud zowel naar boven als naar beneden verplaatst kan worden. Om de spud in te laten dringen in de bodem is een "vrije val" regeling aanwezig. De spudpalen kunnen in zowel horizontale als verticale richting geborgd worden.

10.3.2. Buffer-systeem

De spud en de spudhefinrichting kunnen d.m.v. het cardanscharnier een hoekverdraaiing maken t.o.v. de ponton. De maximale hoekverdraaiing waarbij de spud ten alle tijde vrij blijft van onderdelen van de bok (trappenhuis, liftkoker) is 4°. Als de paal niet op de grond staat mag er geen hoekverdraaiing op kunnen treden, omdat anders de paal door stroom of wind een schuine stand kan innemen. Aan de bovenzijde van de spudhefinrichting zijn twee hydraulische cilindrs horizontaal opgesteld. De afmetingen van deze cilindrs zijn zodanig gekozen dat de hoekverdraaiing niet groter kan worden dan 4°. De cilindrs hebben twee karakteristieken:

a. Bufferkarakteristieken

De cilinder is in dit geval in principe een slappe veer. Bij een hoekverdraaiing groter dan 2° gaat de kracht van de cilinder toch oplopen tot ongeveer 70 tf bij 4°.

De bedoeling hiervan is dat wanneer de paal niet in de bodem zit en op bufferkarakteristiek is geschakeld, de cilindrs niet met een grote klap in hun uiterste stand komen. Deze situatie kan zich voordoen bij het uit de grond trekken van de palen.

b. Positioneer karakteristiek

De cylinder is star en zorgt ervoor dat de spudpalen in het midden blijven. Dit wordt verzorgd door de hydrauliekpompen, die bij een uitwijking uit de middenstand voor een correctie zorgen. Het corrigeren gaat door zolang de positioneer karakteristiek is ingeschakeld. Wanneer tijdens het hijsen of zakken van de paal een correctie uitgevoerd wordt, wordt de hijs/zak-beweging automatisch onderbroken totdat de correctie beëindigd is.

De regeling voor de beide karakteristieken is als volgt:

1. Als de spud in één van de vangen hangt, dus niet op de grond staat, is de positioneer karakteristiek ingeschakeld.
2. Ongeveer 2 sec (instelbaar) na het bedienen van de knop "vrije val" wordt er overgeschakeld van positioneer- naar buffer karakteristiek.
3. Bij spud trekken wordt er na de eerste slag van de hefcylinders overgeschakeld naar de positioneer karakteristiek.
4. Als de spud in de borg aan het bovenbordes gehesen wordt moet voor een goede centrering, de buffer- karakteristiek ingeschakeld worden. Dit gebeurt met de hand op het spudbedieningspaneel in het bedieningshuis.
5. Bij laten zakken van de spud uit de borg aan het bovenbordes moet in het bedieningshuis weer omgeschakeld worden van buffer karakteristiek naar automatische bediening "positioneer- buffer karakteristiek". Dit dient te gebeuren voordat de spudpaal de zoeker verlaten heeft.

Op de vier buffercylinders zijn acoustische afstandmeters gemonteerd, waarmee de lengte van de cylinder gemeten wordt. Uit deze lengtes wordt door de navigatie-computer de hoek van de spud t.o.v. de ponton berekend. Het hydraulisch-systeem dat de beide karakteristieken regelt wordt gestuurd door deze afstandmeters. Dit wil zeggen dat als de 4 afstandmeters niet correct functioneren ook de regeling van de karakteristieken niet meer werkt.

10.3.3. Ontgronding rondom de spudpalen

Bij het in de bodem zitten van de spudpalen, diende gecontroleerd te worden hoever deze zich in de bodem bevonden (waterdiepte - spudpalendiepte). Door ontgrondingen rond de paal zou deze diepte kunnen verminderen. Het constateren van deze eventuele ontgrondingen is slechts proef-gewijs door duikers uitgevoerd. Uit deze duikeronderzoeken bleek dat er van ontgronding nauwelijks sprake was. Wanneer tijdens de uitvoering van het werk gebleken zou zijn dat ontoelaatbare grote ontgrondingen waren opgetreden (gelijk aan de indringdiepte van de spudpalen), dan waren ontgrondingsplaten beschikbaar om dit te voorkomen. Deze platen hebben een uitwendige diameter van 4,50 m en inwendig 1,50 m, zodat ze rond de spud passen.

De platen kunnen met 4 kettingen onder aan de balk worden gehangen. Ten behoeve van de montage zijn de platen deelbaar langs een middellijn. Zoals vermeld zijn deze ontgrondingsplaten niet nodig geweest (bij het overstaan van de spuds gedurende een getijperiode bij een maximaal gemiddelde stroomsnelheid van 1,27 m/sec, is rondom de spuds een ontgroning van ca. 0,75 m met korte steile taluds geconstateerd).

10.3.4. Technische specificatie spudhefcylinders

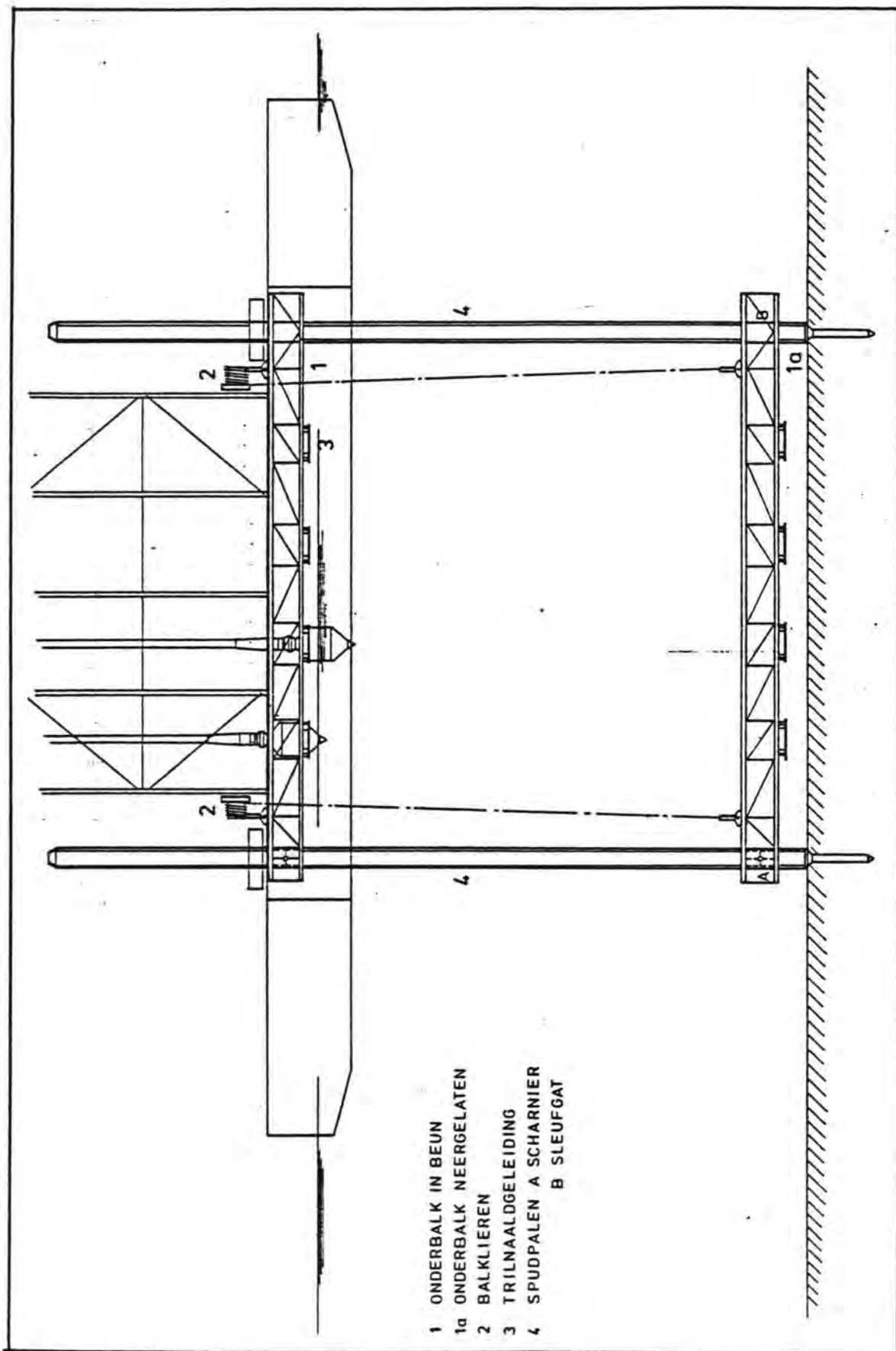
fabr.	:	Hydraudyne
diam.	:	320 mm
slag	:	2250 mm
Pmax	:	200 bar

Technische specificatie spud buffersysteem

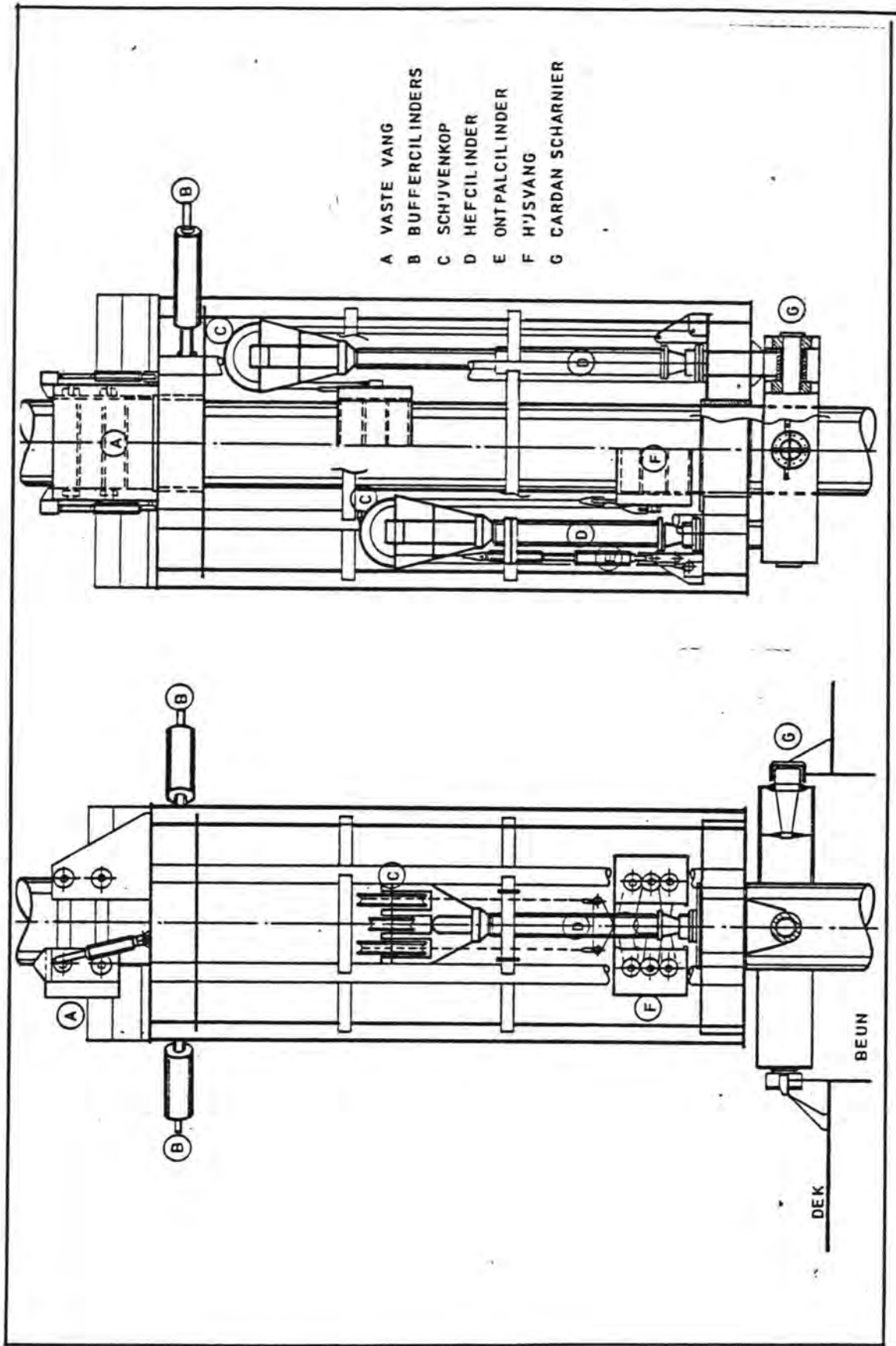
cylinders	- fabr.	:	hydraudyne
	diam.	:	320 mm
	diam. stang	:	140 mm
	slag	:	1500 mm
	Pmax	:	200 bar
accumulatoren (per spudpaal)	- 2 stuks fabr.	:	Rual
	cap.	:	50 ltr.
	voorvuldruk	:	6 bar - stikstof
	- 2 stuks fabr.	:	Hydac (zuigeraccu)
	cap.	:	45 ltr.
	voorvuldruk	:	20 bar (voor bodemzijde)
	- 2 stuks fabr.	:	Hydac (zuigeraccu)
	cap.	:	45 ltr.
	voorvuldruk	:	29 bar (voor stangzijde)

10.3.5. Opgetreden moeilijkheden tijdens de bedrijfsuitvoering

1. De smering van de assen van de spudhijsvangen bleek niet geheel te voldoen (vastzittende assen). De borgplaatjes t.b.v. de borging van de assen werden daarom verwijderd en de assen voorzien van 6-kantjes waardoor ze regelmatig rondgetornd konden worden.
2. In de vaste vang van de spudhef installatie zijn haarscheurtjes geconstateerd, na reparatie (uitslijpen en lassen) zijn deze niet meer opgereden.
3. Het koppelstuk tussen ontpalcylander en ontpaldraad is, t.g.v. schade ontstaan door gebroken borgboutje, vervangen.
4. De doorn van de spudpalen bleek te lang te zijn, de penetratie was onvoldoende, waardoor de geleidebalk onder de spuds haakte bij het hijsen van de balk. De doornen werden 2,5 m' ingekort.



Figuur 10.5.



Figuur 10.6.

10.4. Ankerlieren

Ter verankering en positionering is de Mytilus voorzien van 2 stuks 80 tons en 6 stuks 55 tons ankerlieren.

Alle lieren zijn voorzien van:

- lebus schalen op de trommels
- flectangle compensator
- draadkracht meting
- 2,2-voudig stilstandskoppel
- 2-voudig toerental bij minder dan 50% nominale belasting
- een "constant tension" regeling van 10-60 %
(gestuurd door draadkrachtmeters)

10.4.1. Technische specificatie ankerlieren 80 ton (nr. 2 en 3 van figuur 10.7)

lier - fabr. : Bodewes
nom. trekkracht : 80 t (op 2e laag)
snelheid : 3,6 m/min (max 28,2 m/min)
stolpunt : 175 t
draadberging : 800 m (in 6 lagen)
draad diam. : 60 mm
houdkracht rem : 280 t

t.w.kast - fabr. : Dorstener
overbr. verh. : $i = 108,4$ en $26,7$

motor - fabr. : Indar
type : N - 280 - L - a
cap. : 60 kW - 750/1500 rpm.
440 V - 148 Amp - 40% ID.

rem - fabr. : Pintsch Bamag
type : SFB 250

10.4.2. Technische specificatie ankerlieren 55 ton (nr. 1-4-5-6-7-8 van figuur 10.7)

lier	- fabr.	: Bodewes
	nom. trekkracht	: 55 t (op 2e laag)
	snelheid	: 3,6 m/min (max 28,2 m/min)
	stolpunt	: 120 t
	draadberging	: 600 m (in 6 lagen)
	draad diam.	: 48 mm
	houdkracht rem	: 190 t
t.w. kast	- fabr.	: Dorstener
	overbr. verh.	: $i = 108,4$ en $27,6$
motor	- fabr.	: Indar
	type	: N - 280 - M - a
	cap.	: 40 kW - 750/150 rpm 440 V - 101 Amp - 40% ID

10.4.3. Opgetreden problemen tijdens de bedrijfsuitvoering

- a) De motoren van de lieren zijn uitgelegd voor 40% I.D. (dit betekent 4 minuten 100% belasting daarna 6 minuten 0% belasting).
Het inhalen of uitbrengen van een ankerdraad geschiedt met behulp van een sleepboot, die de draad onder een bepaalde spanning houdt van bijv. 10-12 ton.
Bij deze werkwijze wordt normaal met hoge snelheid gedraaid, dus in het gebied van de veldverzwakking en gedurende bijv. 20 minuten.
Dit veroorzaakt een overbelasting van de electromotoren, wat geresulteerd heeft in doorgebrande ankerwikkelingen en ingebrande collectoren.
De beste maar ook duurste oplossing was geweest, de electromotoren te vervangen door motoren met 100% I.D.
Op de Mytilus zijn voor de ankerlieren de regelsystemen in het gebied van de veldverzwakking gewijzigd, waardoor het maximum toerental van de motoren van 1500 naar ± 1100 is teruggebracht, hetgeen echter een verlaging van de maximale snelheid inhoudt.
- b) Het is gebleken dat de smering van de hoofdlagers van de lieren, welke d.m.v. een door de lier aangedreven vetsmeerspparaat geschiedt, onvoldoende was zodra de lier op "constant tension"werkte.
Hierbij maakt de lier meestal weinig omwentelingen (pendelt), waardoor de opbrengst van de smerapparatuur erg laag is. De oplossing hiervoor was een aparte eigen aandrijving van de vetsmeersapparatuur.

c) Alle ankerlieren zijn voorzien van trekkrachtmeetapparatuur, welke gekoppeld is aan de "constant tension" regeling. Het systeem berust op het meten van de rek in 2 schalmen in de lierfundatie.

Belangrijk voor de nauwkeurigheid van de meting is, dat de rek in deze schalmen lineair verloopt met de liertrekkracht.

Het constant tension systeem werkt bij 10-60% van de nominale trekkracht. De constructie van de lier en de fundatie is uitgelegd voor 350% van de nominale trekkracht. Dus ook de schalmen waaraan gemeten wordt. De gemeten lengte verandering is derhalve zeer klein. De invloed van uitwendige factoren zoals temperatuur, doorbuiging schip e.d. zijn daardoor groot op de gemeten waarde. De meetresultaten waren in de beginfase zeer slecht. Er trad eveneens een vrij grote "hysterese" op.

Verbetering is bereikt door:

- verwijdering van een gedeelte (4 van de 10) van de zgn. fundatiekantelplaten, waardoor de schalmen procentueel meer belasting op moesten nemen.
- de speling in de schalmgaten en pennen te minimaliseren
- uitgloeien van de schalmen
- aanbrengen van een voorspanning op de lier d.m.v. trekstangen (10 ton).

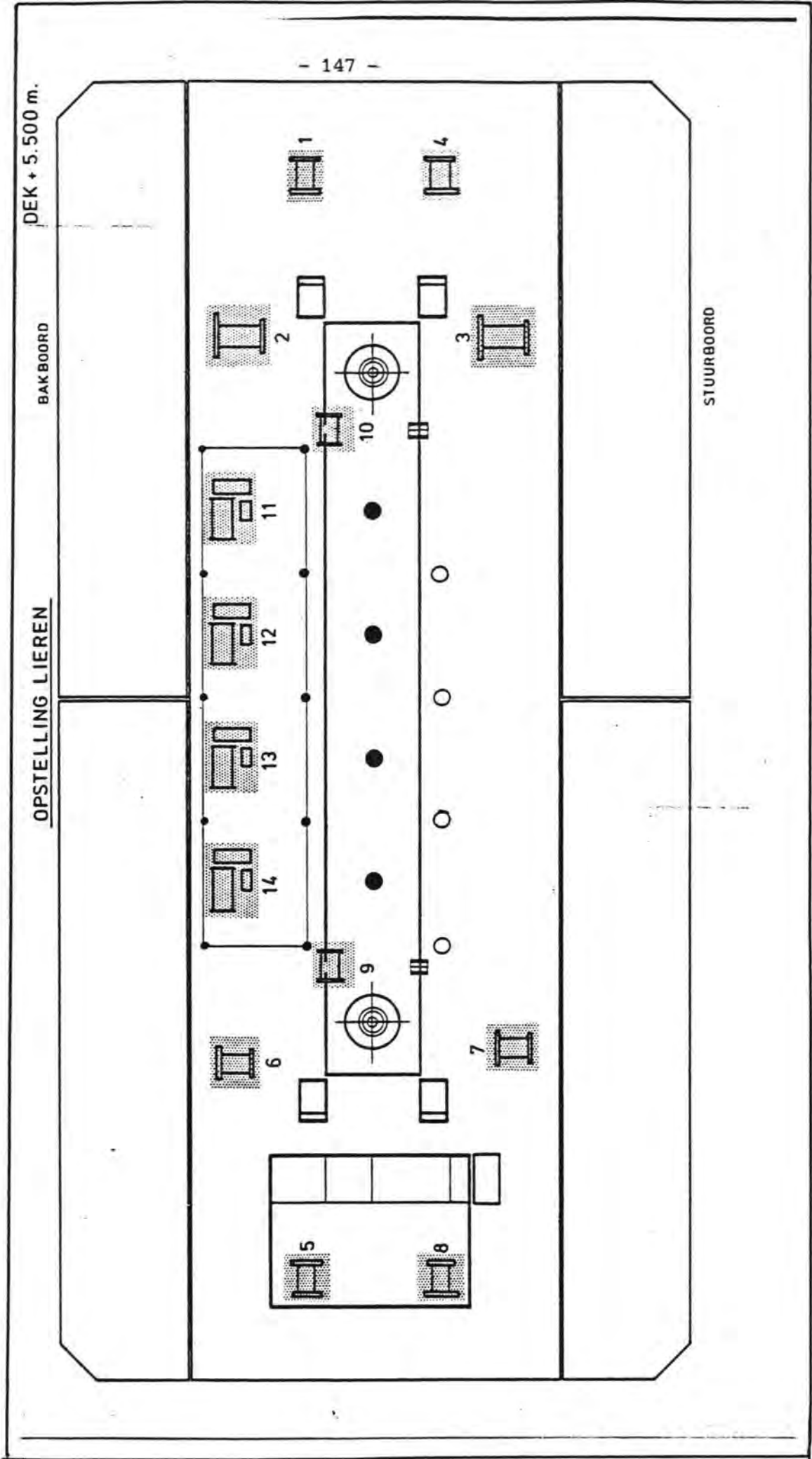
De verkregen resultaten zijn nu min of meer acceptabel. Wel moet de meetapparatuur regelmatig geijkt en opnieuw ingesteld worden.

d) Uitgevallen ankerlieren

Een uitgevallen ankerlier levert geen probleem op voor wat betreft de verankering van de Mytilus indien er niet wordt gewerkt. Tijdens het werken staan de ankerlieren op de rem en kan er niets wijzigen. Bij het tijdens het verhalen uitvallen van een ankerlier treden verplaatsingen op in de grootte van 0,20 tot 1,00 m.

Deze waarden zijn gemeten bij stroomsnelheden van 1,50 m/sec en een krachtige N.W.-wind.

Het kunnen werken op 7 ankerdraden is vooral afhankelijk van de plaats van de defecte lier en de weersomstandigheden.



Figuur 10.7.

10.5.Reparatievoorzieningen aan boord

Voor het van de werkpositie verwijderen van een naald en vervangen door een andere (t.b.v. groot onderhoud of reparatie) zijn een aantal hulpconstructies op de Mytilus aangebracht.

Op het hoofdponton aan stuurboordzijde van de beun is een uit 5 zware palen bestaande bokconstructie aanwezig. Elke paal is voorzien van hulpmiddelen t.b.v. montage en demontage van de naalden.

De twee uiterste palen zijn zogenaamde "Parkeerpalen". Deze palen zijn voorzien van de nodige middelen om een naald tijdelijk op te slaan.

De middelste paal is de zogenaamde "servicepaal". Als een naald hier geplaatst is kan deze volledig gedemonteerd worden met behulp van de boven de servicepaal aanwezige takels, welke de diverse onderdelen tot op het dek kunnen laten vieren. Teneinde slingeren van de last aan de takel te voorkomen, is naast de servicepaal een zogenaamde "geleidepaal" aanwezig.

Tussen de servicepaal en elke parkeerpaal zijn aan de tweede en vierde paal de zogenaamde "draaiarmen" gemonteerd. Met behulp van deze draaiarmen kan een naald vanuit de werkpositie zowel naar de servicepaal als een parkeerpaal gebracht worden.

Elke draaiarm kan twee naalden in de werkpositie bereiken alsmede het servicepunt en het dichtsbijzijnde parkeerpunt.

Een defecte trilnaald die niet binnen redelijke tijd (\pm 3 uur) te repareren is, wordt verwisseld met een reservenaald. Daarna kan het verdichtingswerk doorgaan en wordt de reparatie aan de defecte trilnaald in het servicepunt uitgevoerd. Zo nodig kan de defecte trilnaald in het servicepunt geheel gedemonteerd worden.

Voor het verwisselen van de trilnaalden wordt gebruik gemaakt van de draaiarmen.

De te volgen werkwijze is dan:

- a. De reserve naald bevindt zich in het servicepunt.
- b. De defecte naald wordt uit de bok in het betreffende parkeerpunt geplaatst.
- c. De reserve naald wordt van het servicepunt in de bok gehangen. Hierna kan het verdichten weer starten.
- d. De defecte naald wordt van het parkeerpunt naar het servicepunt verplaatst.
- e. In het servicepunt vindt reparatie of vervanging van defecte naaldonderdelen plaats.

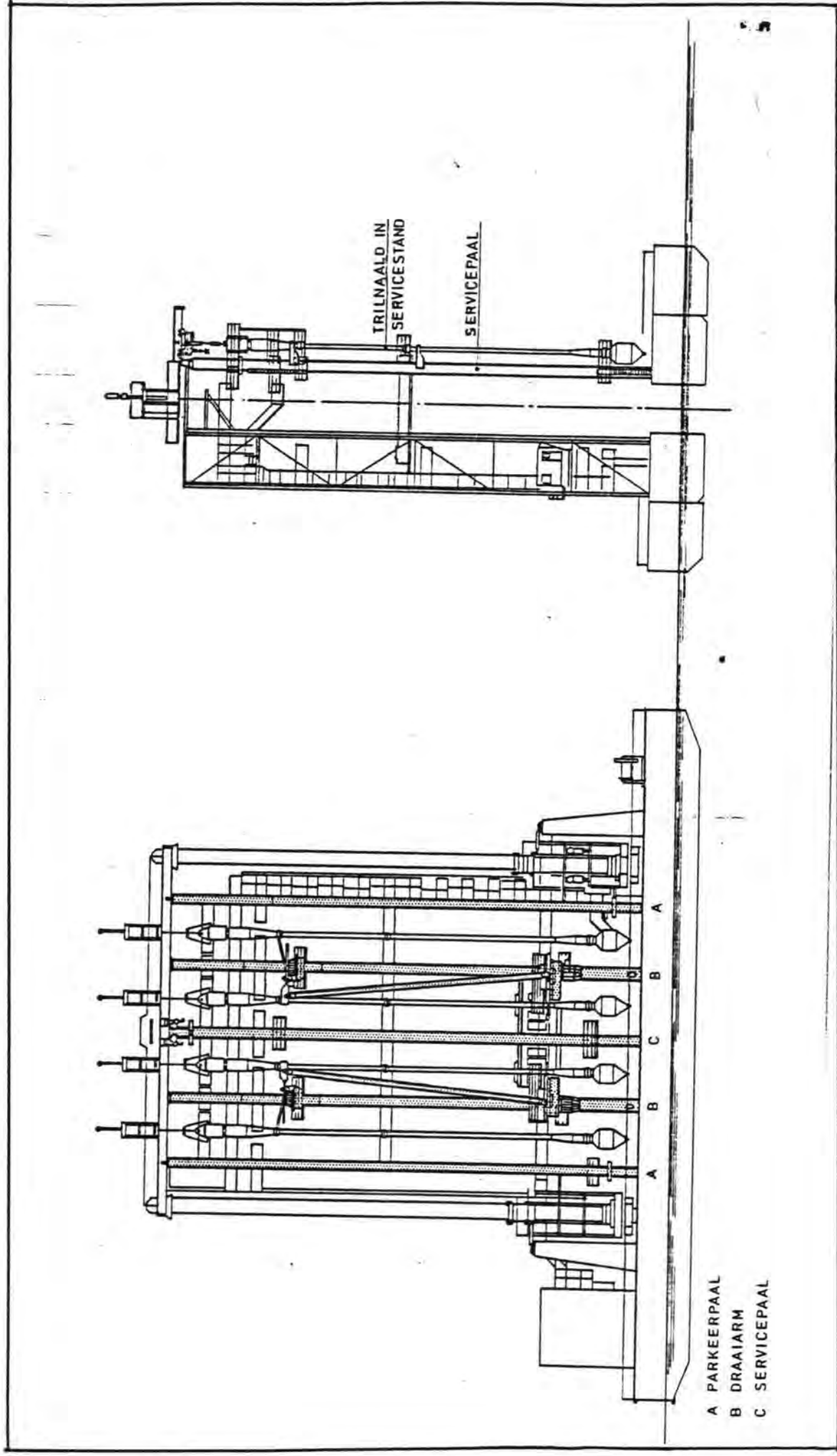
10.5.1. Opgetreden moeilijkheden tijdens de bedrijfsvoering

- a. De hydraulische cylinders van de zwaibomen zijn diverse malen beschadigd (stangen verbogen).
In een bepaalde stand zitten ze in de weg voor de vibratoren.
Door zorgvuldige bediening is schade voorkomen.
- b. De verticale hydraulische cylinders bleken te licht uitgevoerd, de naalden waren, mede door de extra aangebrachte vibratorunit en de grotere wanddikte van de schachten zwaarder dan aangenomen.

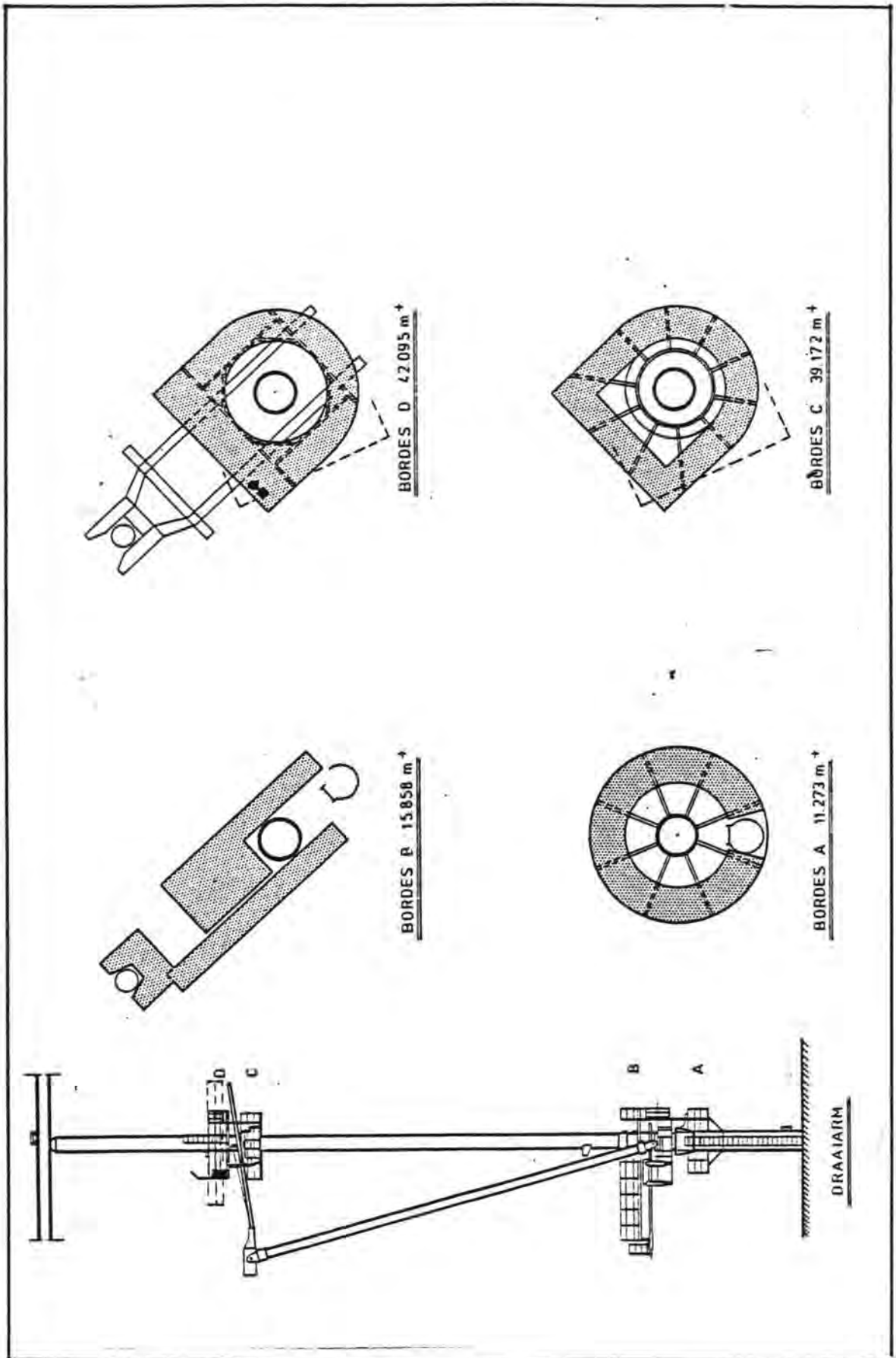
De zijn cylinders zijn dan ook vervangen door een zwaarder type.

10.5.2. Aanvulling c.q. uitbreiding van de voorzieningen

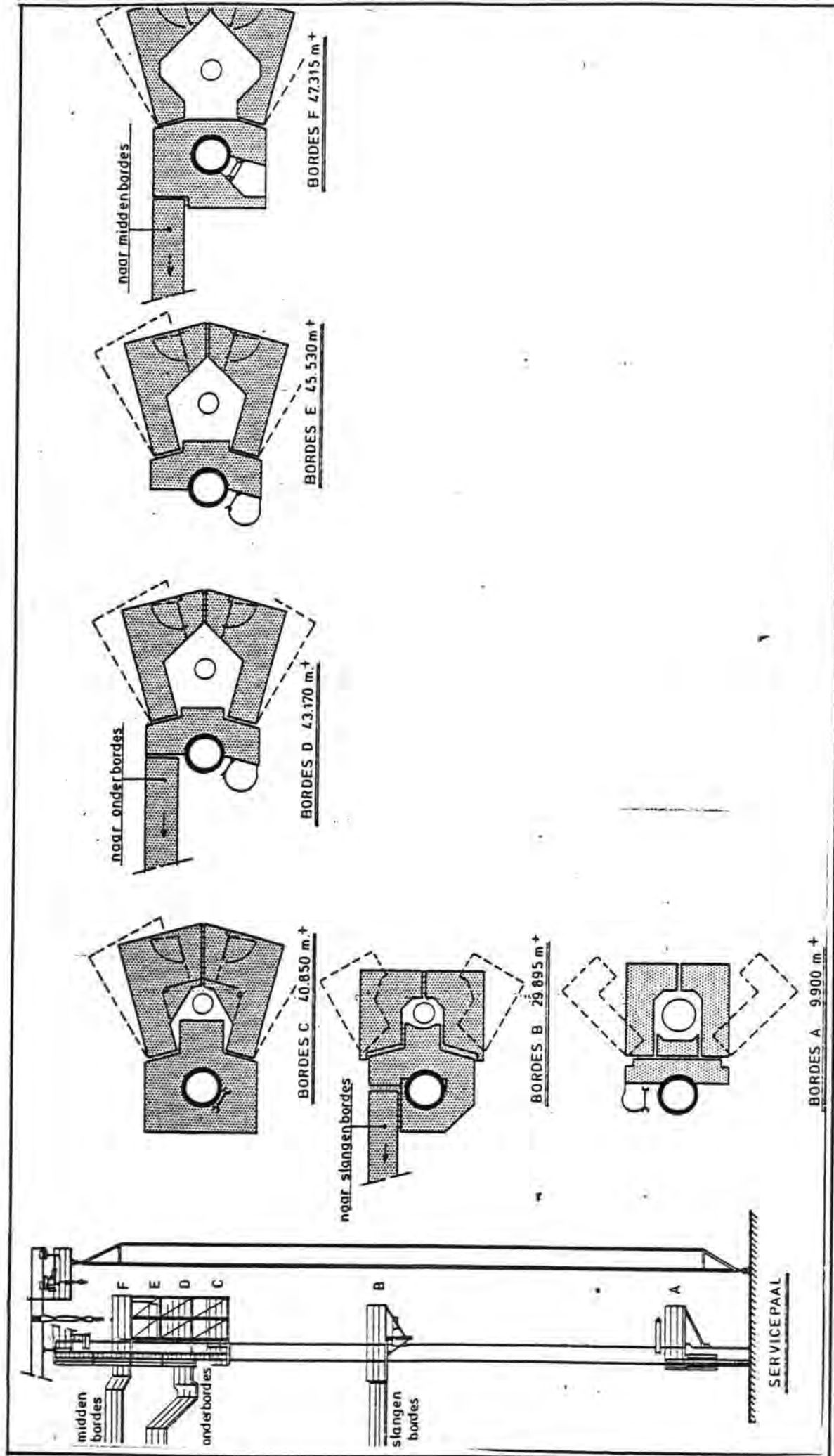
- a. T.b.v. de "handling" van de naalden aan boord is een hulpparkeerpunt aangebracht.
- b. In beide parkeerpunten zijn zeevastbordessen aangebracht.
- c. Op het slangenbord van het servicepunt is een hydraulische bediende vang aangebracht.
- d. T.b.v. de uit te voeren werkzaamheden aan de resonatorpunten en nozzles in het beun, bij het werken met verlengde schachten, zijn 2 stuks hangende werkbordessen gemaakt.



Figuur 10.8.



Figuur 10.9.



Figuur 10.10.

11. Productie, draai- en verlettijden

In de figuren 11.1 t/m 11.3 zijn voor de as-verdichting de productie (aantal verdichte punten) en de draai- en verlettijden weergegeven over de jaren 1980-1981-1982 (t/m week 34).

In deze productie diagrammen zijn respectievelijk het aantal uitgevoerde cycli en het aantal verdichte punten per week uitgezet.

M.b.v. deze gegevens kan de zogenaamde "naaldwaarde" worden berekend (= aantal verdichtingspunten gedeeld door aantal cycli x 4).

In de uren-diagrammen zijn weergegeven:

A = diensturen per week

B = draaiuren per week (C + D)

C = indaal- + verdichtingsuren

D = verhalen, handelingen met spuds en geleidebalk (werkzaamheden direct verband houdend met het verdichtingsproces)

E = verleturen t.g.v. reparaties en wisselen van naalden

F = verlet t.g.v. alle andere oorzaken, zoals weersomstandigheden, dek- en machinekamerreparaties e.d.

Voor een meer uitgebreidere evaluatie van de bedrijfsgrootheden wordt verwezen naar de Evaluatienota verdichten as.

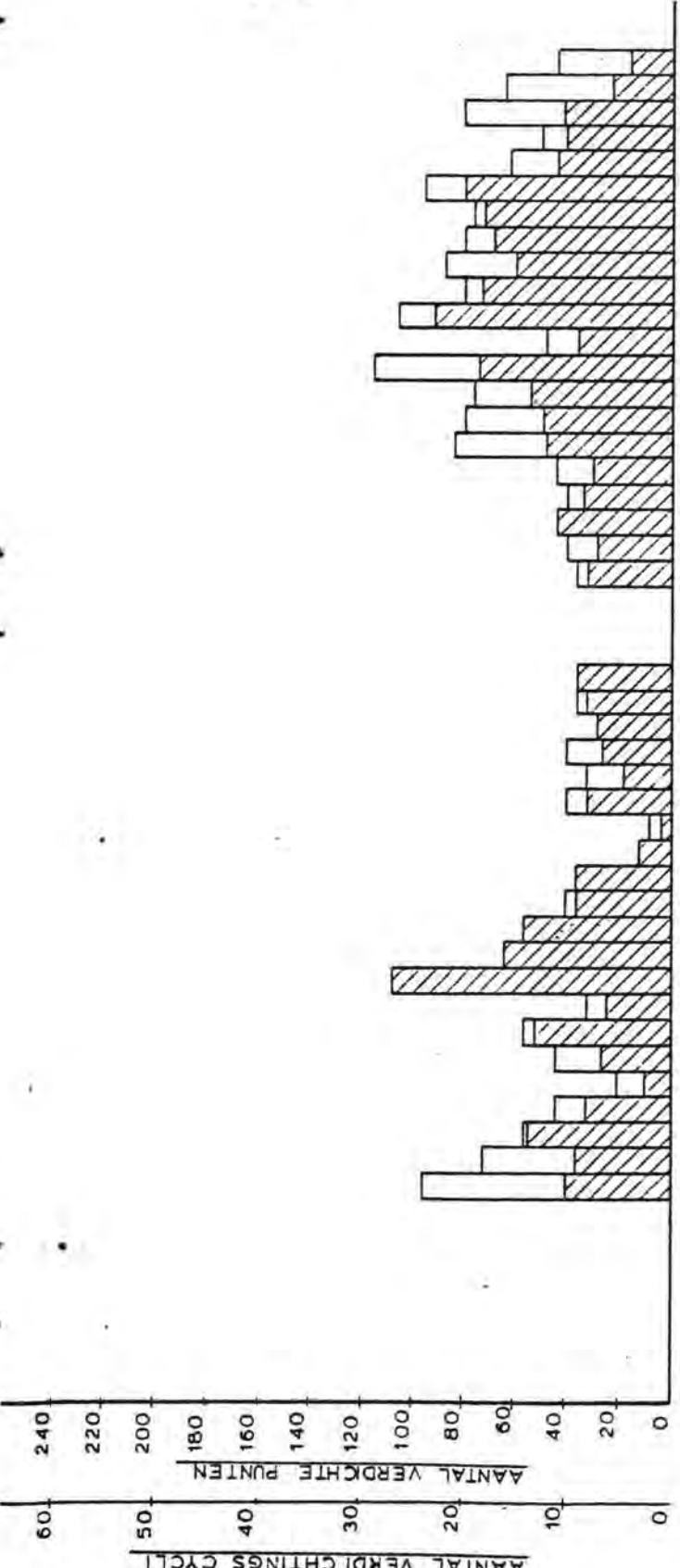
In dit hoofdstuk wordt slechts een korte beschouwing gegeven over de procentuele diensturenverdeling.

Jaar	Procentuele diensturen verdeling			
	Indalen + verdichten	Verhalen, spuds, balk e.d.	reparatie en wisselen naalden	verlet t.g.v. weer, dek en machinereparatie
1980	55,8	13,4	6,4	24,4
1981	58,8	15,4	3,9	21,9
1982 t/m wk 34	47,8	19,7	1,4	31,1

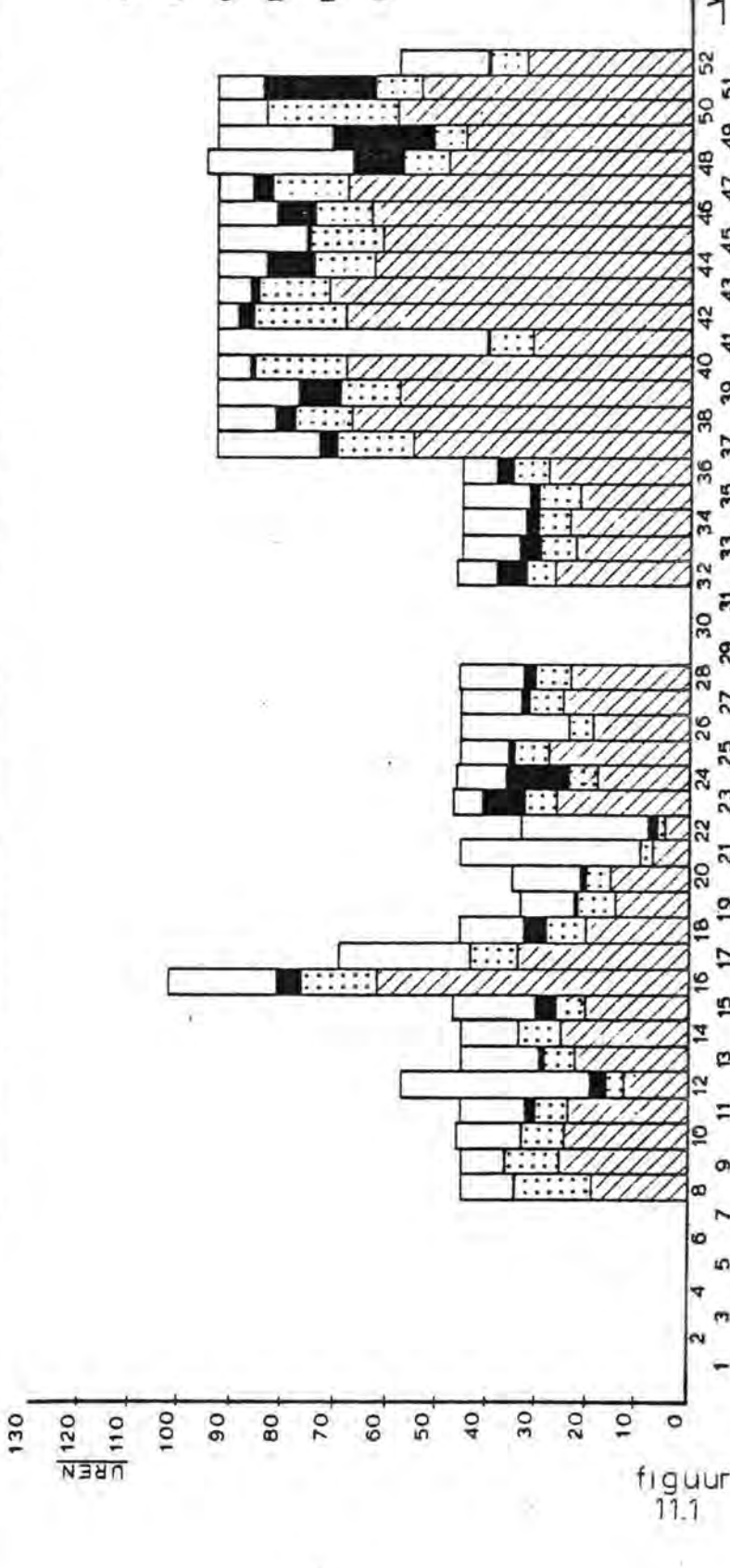
Bij deze tabel kunnen de volgende opmerkingen worden gemaakt:

- a) In 1982 is een procentuele daling van het aantal verdichtings- en in-daaluren opgetreden. Dit is veroorzaakt door:
 - in verhouding tot de voorgaande jaren moest de Mytilus meer van de ene naar andere locatie worden veresteld t.g.v. prioriteiten overige uitvoeringshandelingen en andere werkschepen (percentage verhalen is dan ook toegenomen)
 - er is voornamelijk in de Roompot verdicht; door het werken met verlengde naalden en de grotere stroomsnelheden (in vergelijking tot de Hammen en Schaar) zijn er veel meer zogenaamde tijstops geweest (zie toename percentage verlet t.g.v. weer)
- b) De afname van het percentage reparatie naalden aan boord en wisselen naalden is het gevolg van de toegepaste controle-reparatie- en vervangingsfilosofie.

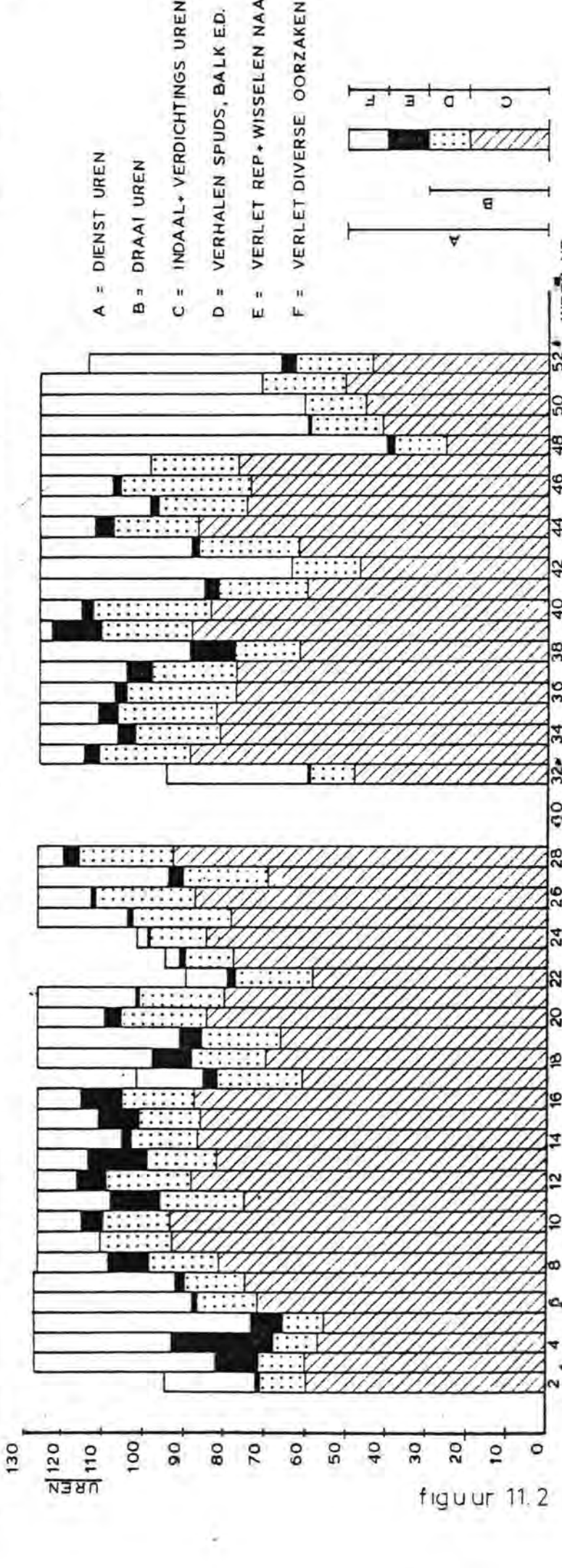
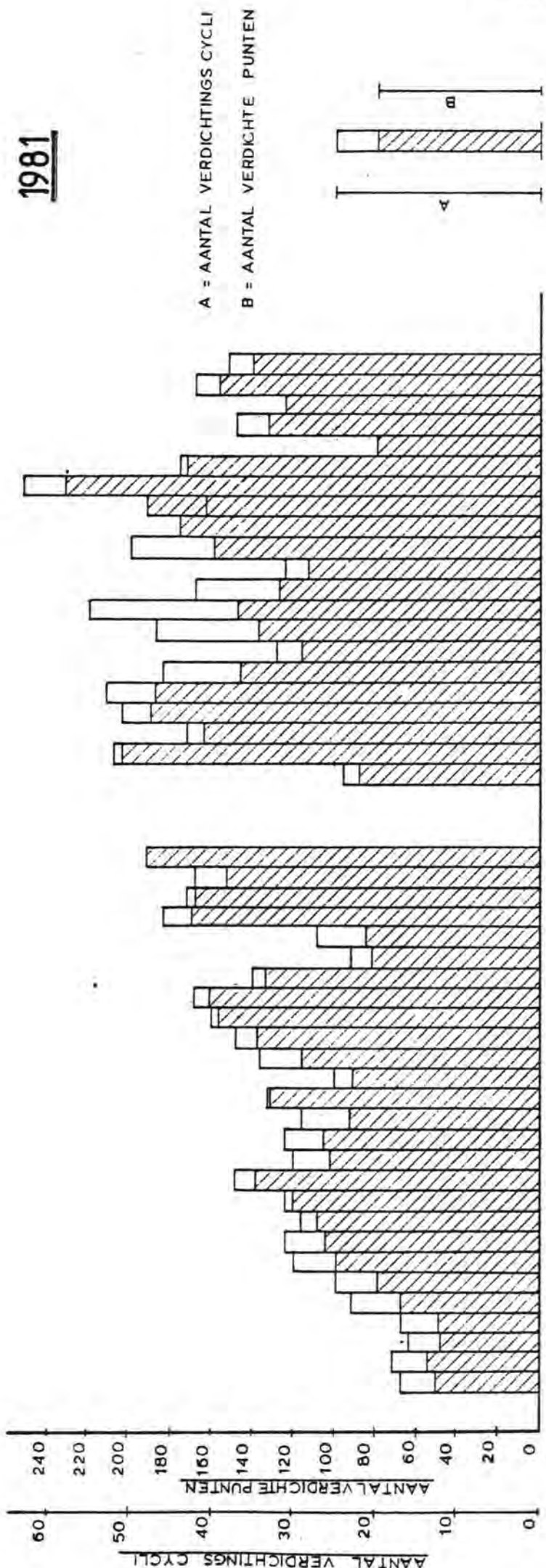
A = AANTAL VERDICHTINGS CYCLI
 B = AANTAL VERDICHTTE PUNTEN



A = DIENST UREN
 B = DRAAI UREN
 C = INDAAL + VERDICHTINGS UREN
 D = VERHALEN SPUDS, BALK ED.
 E = VERLET REP. + WISSELEN NAALEDEN
 F = VERLET DIVERSE OORZAKEN

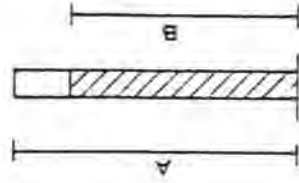


figuur 11.1

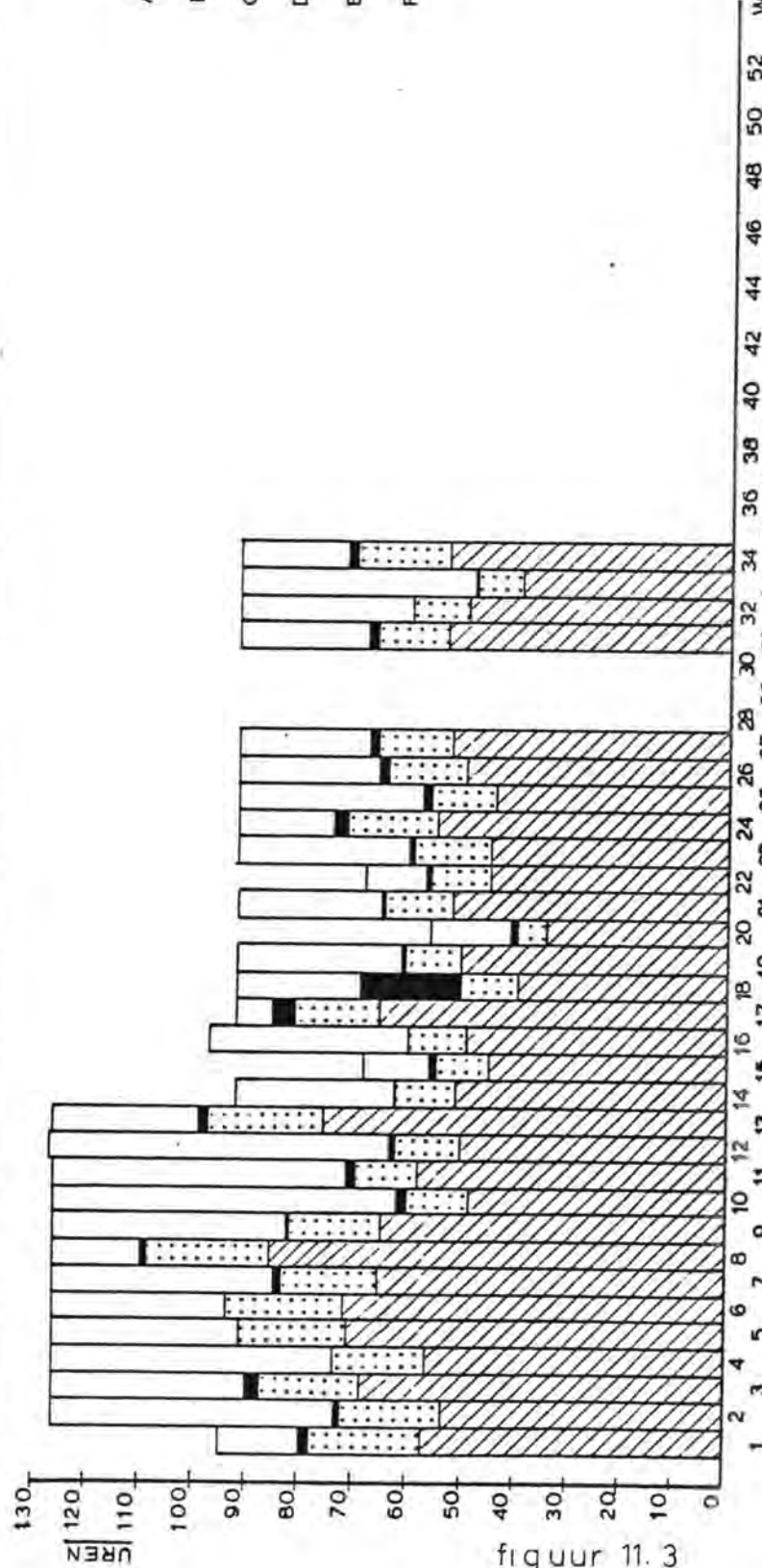
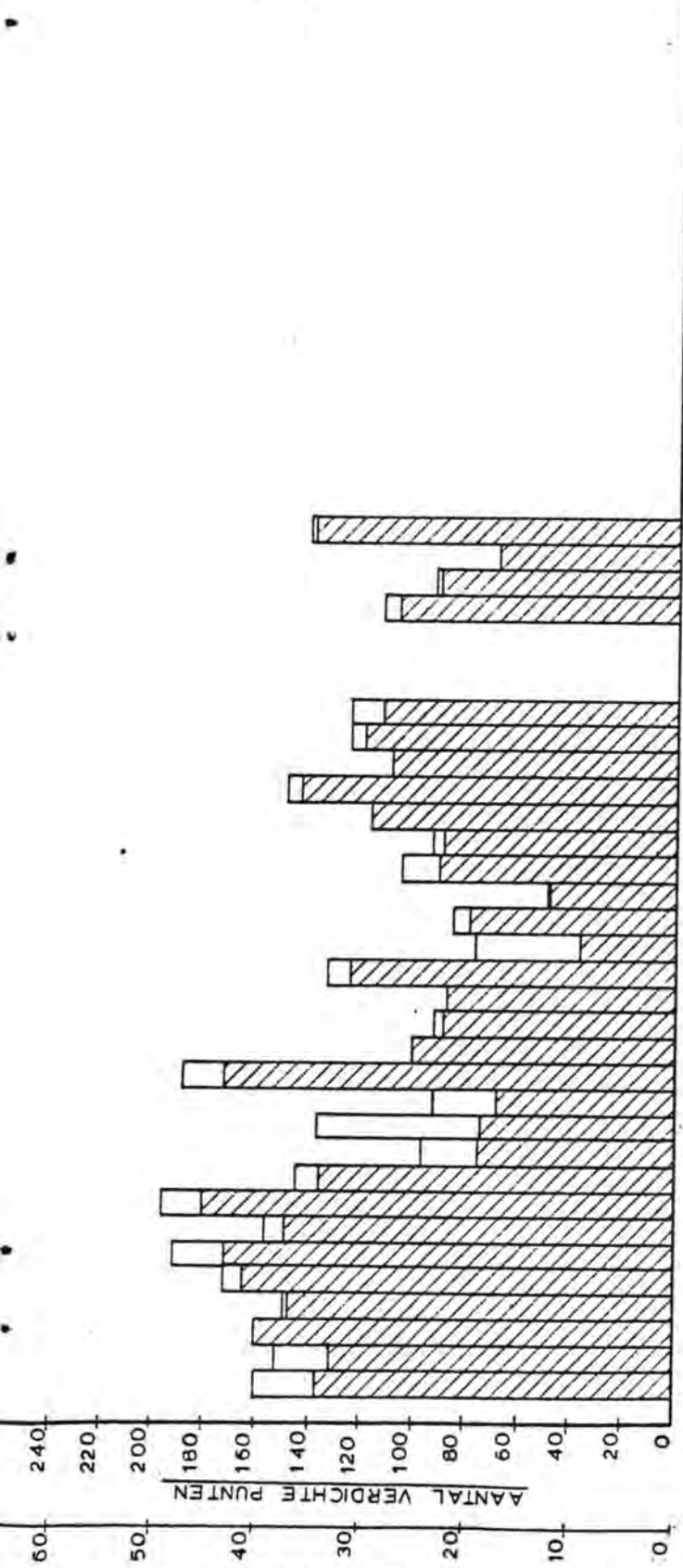
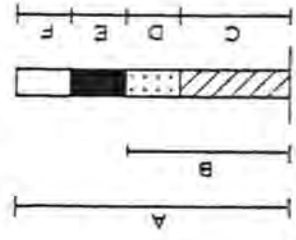


figuur 11.2

A = AANTAL VERDICHTINGS CYCLI
 B = AANTAL VERDICHTTE PUNTEN



A = DIENST UREN
 B = DRAAI UREN
 C = INDAAL+ VERDICHTINGS UREN
 D = VERHALEN SPUDS BALK E. D.
 E = VERLET REP.+ WISSELEN NAALDEN
 F = VERLET DIVERSE OORZAKEN



figuur 11.3

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 WEEK NR

