

3.32.6.



VAKGROEP  
WATERBOUWKUNDE  
Afd. Civiele Techniek  
TH Delft

Inlegvel afstudeerrapporten

naam student: J. H. Lensink / A. F. M. Lummen

begeleiders: hoogleraar: P. A. van de Velde

medewerker: J. Schippers

datum afstuderen: Feb '00

titel rapport: Schutsluis bij Mariënberg.

Overige onderwerpen:

- o Vooronderzoek (Agema + Bouwmeester)
- o Stuw de Haandrik (v. d. Velde + Schippers)
- o Kostenanalyse (v. d. Poll + Kutsch Logenga).
- o Deelstudie civiele bedrijfskunde (Wagenmaker + Bonebakker / .

VAKGROEP KONSTRUKTIEVE WATERBOUWKUNDE

Openstelling van de Overijsselse Vecht voor de recreatie-  
vaart.

Onderwerp : stuw De Haandrik.  
Naam student : J.H.Leusink en A.F.M. Lummen.  
Afstudeer-hoogleraar : prof. ir. P.A. van de Velde.  
Begeleidende medewerker: ir. J. Schippers.  
Datum afstuderen : 29 februari 1980  
Aantal punten :  
Overige deelontwerpen :  
- vooronderzoek; prof. Agema en ir. Bouwmeester.  
Vakgroep Rivier- en Verkeerswaterbouwkunde.  
- schutsluis te Mariënberg; prof. v.d. Velde en  
ir. Schippers. Vakgroep Constructieve Waterbouw-  
kunde.  
- kostenanalyse; prof. v.d. Poll en drs. Kutsch  
Lojenga. Vakgroep Civiele Economie.  
- deelstudie civiele bedrijfskunde; prof. Wagenma-  
ker en ir. Bonebakker.

Delft, januari 1980.

---

OPENSTELLING VAN DE  
OVERIJSSELSE VECHT  
VOOR RECREATIEVAART.

---

STUW DE HAANDRIK

Door: J.H. Leusink  
A.F.M. Lummen.

INHOUD:

	blz.
INLEIDING	1
START- EN RANDVOORWAARDEN	3
ANALYSE VAN HET GESCHIKSTE TYPE STUW	6
1. Boven- of benedenafvoer	6
2. Ontwerpboom	8
3. Bruikbare oplossingen	9
4. Keuze bepaling	14
CONSTRUCTIEVE UITWERKING	18
1. Situering	18
2. Grootte van de stuwdoorlaat	18
3. Uitvoering van de stuwklep	23
4. Diverse onderwerpen	35
LITERATUURLIJST	38
BIJLAGE	

## INLEIDING.

Stuw De Haandrik is de eerste stuw in de Overijsselse Vecht op Nederlands grondgebied. De Overijsselse Vecht is een regenrivier, zij ontspringt aan de westzijde van Baumbergen in het bekken van Münster ten zuiden van Hostmar in Kreis Steinfurt in West-Duitsland. De Vecht ontspringt op een hoogte van ongeveer 105 m.<sup>+</sup> N.A.P. en komt ten zuiden van Laarwolde op een hoogte van 9,10m.<sup>+</sup> de rijksgrens over. Tijdens haar tocht westwaarts passeert ze de gemeenten Gramsbergen, Hardenberg, Ommen, Dalfsen en Zwolle en mondt nabij Genne uit in het Zwarte Water, waarmee zij in open verbinding staat. De lengte bedraagt ca. 177 km., waarvan 60 km. op Nederlands grondgebied ligt.

Benedenstrooms van De Haandrik liggen nog een zestal stuwen:

Ane (buiten gebruik)

Hardenberg

Mariëenberg

Junne

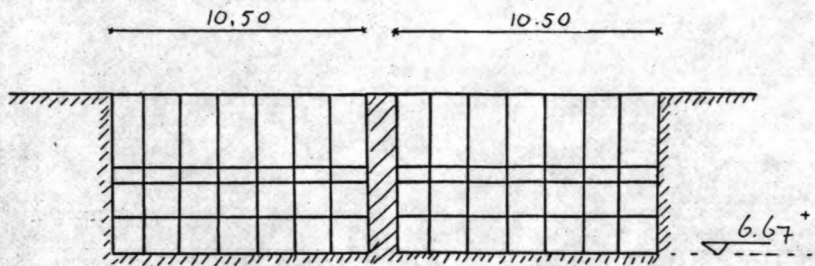
Vilsteren

Vechteren (voor overzicht zie bijlage: 1).

De huidige stuw De Haandrik bestaat uit 2 compartimenten van elk 10,50 m. breedte. Elk compartiment is opgedeeld in 7 velden door middel van 6 stalen stijlen (H-profiel). Tussen de stijlen worden met behulp van een kraan stalen schuiven geplaatst.

Elk veld kan nu bestaan uit 2 schuiven van 1,00m. hoog en 1,50 m. breed en een kleine schuif (voor de fijn regeling) van 0,50m. hoog en 1,50m. breed. De kraan is opgesteld in een gebouw naast de stuw. Deze kraan wordt op rails over de stuw heen verplaatst. De stuw is gebouwd in de jaren 1918-1919 evenals de naast de stuw liggende schutsluis.

Het stuwpeil is 9,10m.<sup>+</sup> N.A.P., dit is tevens het kanaalpeil van Kanaal Almelo-De Haandrik en Coevorden-Vechtkanaal. Benedenstrooms is het stuwpeil 7,10m.<sup>+</sup> N.A.P.; het stuwpeil Hardenberg. Tot 1970 was de Vecht vanaf De Haandrik tot aan Hardenberg bevaarbaar.



figuur: 1 Stuw De Haandrik

Tot 1970 was de tussen gelegen stuw en schutsluis Ane nog in gebruik. Het stuwpeil van Ane bedroeg  $7,80\text{m.}^+\text{N.A.P.}$ . Na sluiting van de Vecht voor de scheepvaart is de stuw en schutsluis Ane buiten werking gesteld, zodat het benedenstroomse stuwpeil bij De Haandrik dat van Hardenberg geworden is ( $7,10\text{m.}^+\text{N.A.P.}$ ). Rijkswaterstaat, die de Overijsselse Vecht onder haar beheer heeft, heeft het plan opgevat om in de toekomst de stuw en schutsluis Ane en De Haandrik te gaan slopen. Bij De Haandrik zal een nieuwe stuw gebouwd worden.

In deze deelstudie zal onderzocht worden welk type stuw het geschikt is als opvolger van de huidige en verouderde stuw. Het gekozen type zal verder in grote lijnen worden uitgewerkt. Daarnaast wordt er nader op in gegaan op de situering van de nieuwe stuw.

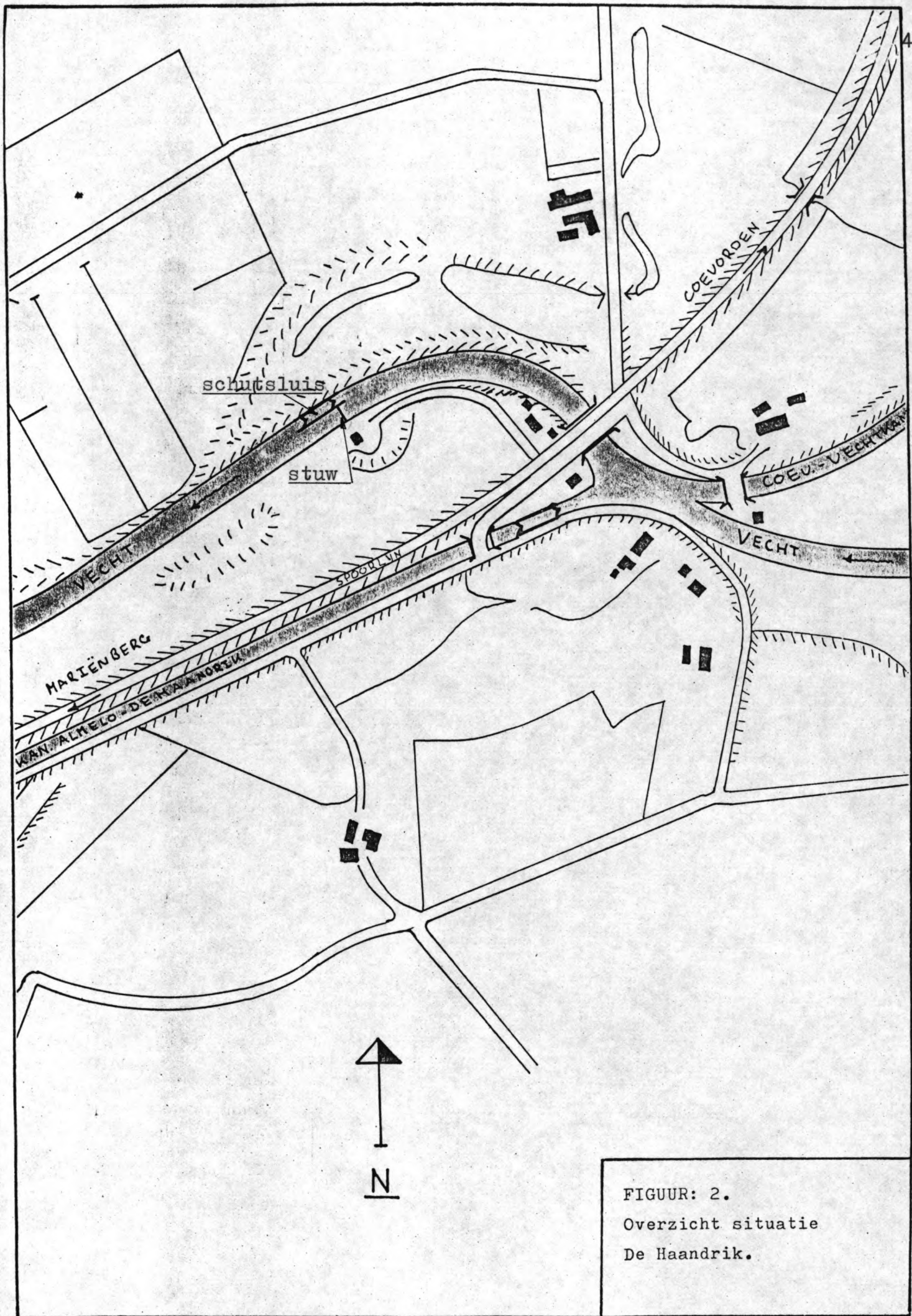
## START- EN RANDVOORWAARDEN.

Voor het verkrijgen van een duidelijk beeld, waaraan de nieuwe stuw moet voldoen, zijn enkele belangrijke voorwaarden op een rij gezet.

1. Stuwpeil van 9,10m.<sup>+</sup> N.A.P. moet gehandhaafd blijven.
2. Het nieuwe kunstwerk dient minimaal hetzelfde doorstroomoppervlakte te hebben als de oude stuw.
3. Bij extreem hoog water (= E.H.W.) moet het volledige doorstroomprofiel ter beschikking zijn.
4. Scheepvaart hoeft bij E.H.W. niet door de stuwopeningen plaats te vinden.
5. Onderhoud van kwetsbare ( bv. draaiende) delen moet mogelijk zijn.
6. Minimaal dezelfde graad van fijnregeling als de oude stuw.
7. Eventuele tussensteunpunten moeten bereikbaar zijn.

Ad. 1: Van deze stuw moet het bovenstroomse stuwpeil 9,10m.<sup>+</sup> blijven bedragen in verband met de open verbinding met Kanaal Almelo-De Haandrik en Coevorden-Vechtkanaal (zie figuur: ). Ten noorden en ten zuiden van de kruising tussen de kanalen en de Vecht liggen schutsluizen in de kanalen, die in normale toestand geopend zijn. Alleen bij hoge of lage waterstanden op de Vecht wordt de open verbinding afgesloten door de twee schutsluizen. Het kanaal peil van 9,10m.<sup>+</sup> N.A.P. geldt voor het gehele traject; van Almelo tot Coevorden.





FIGUUR: 2.  
Overzicht situatie  
De Haandrik.

Ad. 2: Stuw De Haandrik bestaat momenteel uit twee doorstroomopeningen van elk 10,50m. breed (zie figuur: 1 en ). Bij een normaal stuwpeil van 9,10m.<sup>+</sup> en een drempelhoogte van 6,67m.<sup>+</sup>N.A.P., geeft dit een doorstroomprofiel van:  
 $2 \times 10,50 \times (9,10 - 6,67) = 51,03 \text{ m}^2$

Ad. 3: Bij E.H.W. moet het stuwmiddel:

- a. óf helemaal naar beneden kunnen zakken,
- b. óf geheel boven het water kunnen worden geheven.

Ad. 4: Uit het vooronderzoek blijkt dat tijdens E.H.W. of zeer hoge waterstanden geen scheepvaartverkeer plaatsvindt. Het vaarseizoen, globaal van mei tot en met september, valt veelal niet samen met de periode van hoog water. Daarnaast zijn de nieuw te bouwen schutsluizen (Junne, Mariënberg en Hardenberg) zo uitgerust dat er in feite gesloten kan worden tot een bepaalde waterpeil (veelal het plaatselijk maaiveldhoogte van het winterbed). Kortom: De stuw hoeft dus niet zo uitgerust te worden dat er bij hoog water een bepaalde vrije doorvaarthoogte aanwezig is.

Ad. 5: Draaiende delen moeten goed bereikbaar zijn voor het plegen van het benodigde onderhoud, of moeten onderhoudsvrij zijn uitgevoerd. Daarnaast moeten de aandrijfmechanismen van het stuwmiddel altijd en onder elke omstandigheid bereikbaar zijn.

Ad. 6: Bij de huidige stuw maakt men gebruik van stalen schuiven, die getrokken of geplaatst kunnen worden. Door de afmetingen van de schuiven is een goede 'fijnregeling' niet te verwezenlijken. De nieuwe stuw zal over de gehele hoogte te regelen moeten zijn, zodat het stuwpeil van 9,10m.<sup>+</sup>N.A.P. zo lang mogelijk gehandhaafd kan blijven.

Ad. 7: Voor bediening en onderhoud zal het noodzakelijk zijn dat de stuw over de gehele lengte bereikbaar is.

## ANALYSE VAN HET GESCHIKSTE TYPE STUW.

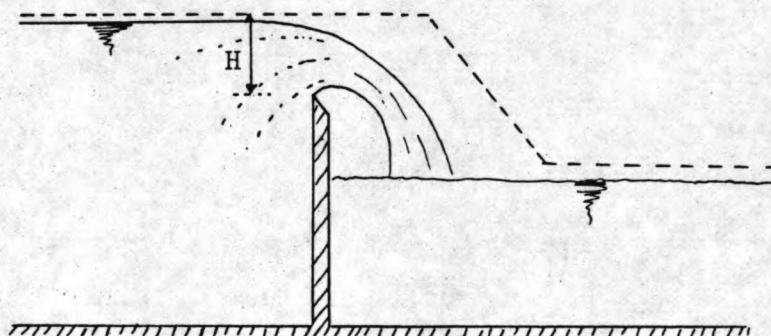
1. BOVEN- OF BENEDENAFVOER?

Vooropgesteld dient te worden dat op de Overijsselse Vecht bepaalde stuwpeilen moeten worden gehandhaafd. Vooral de stuw bij De Haandrik, daar die in open verbinding staat met Kanaal Almelo-De Haandrik en het Coevorden-Vechtkanaal, die door beroepsvaart worden gebruikt.

Wil men nu, zoals in dit geval, de waterstand beheersen, dan zal men liever een stuw met een bovenafvoer gebruiken.

De invloed van variërende wateraanvoer, wat bij de Vecht als regenrivier met een uitgestrekt stroomgebied veel voorkomt, is dan namelijk kleiner. Bij zeer geringe afvoer (in een droogteperiode) zal de waterstand niet dalen beneden de vaste of beweegbare kruin. Bij groter wordende afvoer zal de waterhoogte boven de kruin slechts toenemen met de twee-derde macht van de afvoer.  $Q$  (afvoer in  $\text{m}^3/\text{sec.}$ ) is evenredig met  $H^{3/2}$ , als  $H$  de energiehoogte boven de kruin is. (zie figuur: 3).

Indien de waterstand binnen bepaalde grenzen moet blijven, zal men bij toepassing van een regelbare bovenafvoer slechts zelden de stuwklep behoeven te verstellen als de rivierafvoer  $Q$  verandert.

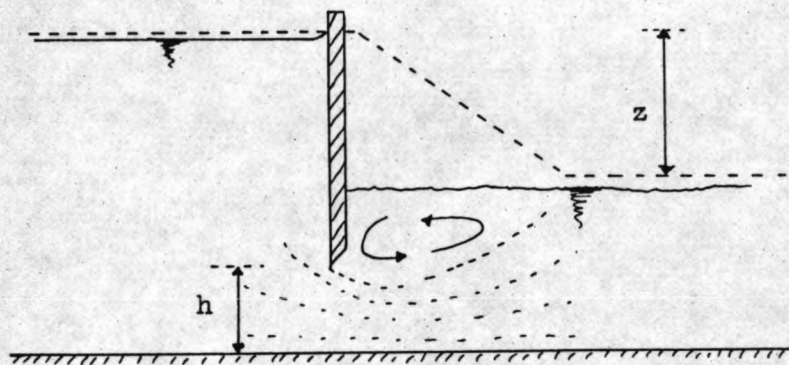


FIGUUR: 3.

$$\text{Bovenafvoer: } Q :: H^{3/2}$$

Bij een stuw met een onderafvoer en een vaste opening is de afvoer  $Q$  evenredig met  $z^{\frac{1}{2}}$ , als  $z$  het verval in waterstand is. Dat wil zeggen dat de waterstandsschommelingen bovenstrooms evenredig zijn met het kwadraat van de afvoer ( $z \propto Q^2$ ). Deze schommelingen zullen dus groot zijn als  $Q$  varieert. Bij verandering van waterstand (dus ook  $z$ ) zal afvoer  $Q$  slechts weinig veranderen.

Deze oplossing kiest men als het gaat om de waterafvoer te beheersen; met het stuwmiddel hoeft slechts zelden te worden gemanipuleerd (zie figuur: 4).



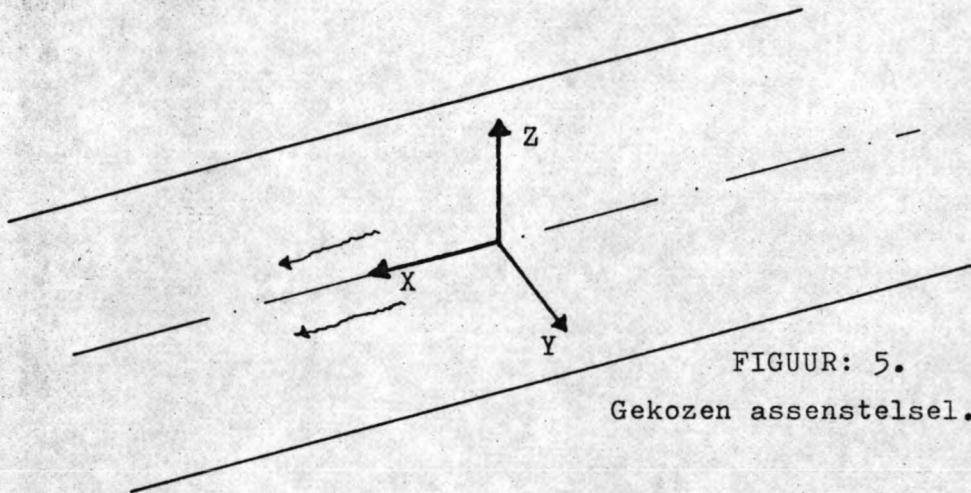
FIGUUR: 4.

$$\text{Onderafvoer: } Q \propto h \cdot z^{\frac{1}{2}}$$

Uit het voorgaande komt duidelijk naar voren dat er voor de nieuwe stuw bij De Haandrik gekozen is een stuw met bovenafvoer. Een voordeel van bovenafvoer is dat drijvend vuil, zoals gras, riet, hout, ijs, etc., kan worden afgevoerd zonder speciale maatregelen. Bovendien wordt bij bovenafvoer het water beter belucht hetgeen van grote betekenis is voor het zelfreinigend vermogen van het water.

## 2. ONTWERPBOOM.

Er is gebruik gemaakt van een ontwerpboom bij de analyse van het stuwmiddel. Met deze manier van werken voorkomt men dat een bruikbare oplossing over het hoofd gezien wordt. Tijdens het opstellen van de ontwerpboom zijn al vele oplossingen afgestreept, daar zij technisch onmogelijk of moeilijk te realiseren zijn. Bij de ontwerpboom wordt uitgegaan van een assenstelsel die als volgt is opgebouwd:



FIGUUR: 5.  
Gekozen assenstelsel.

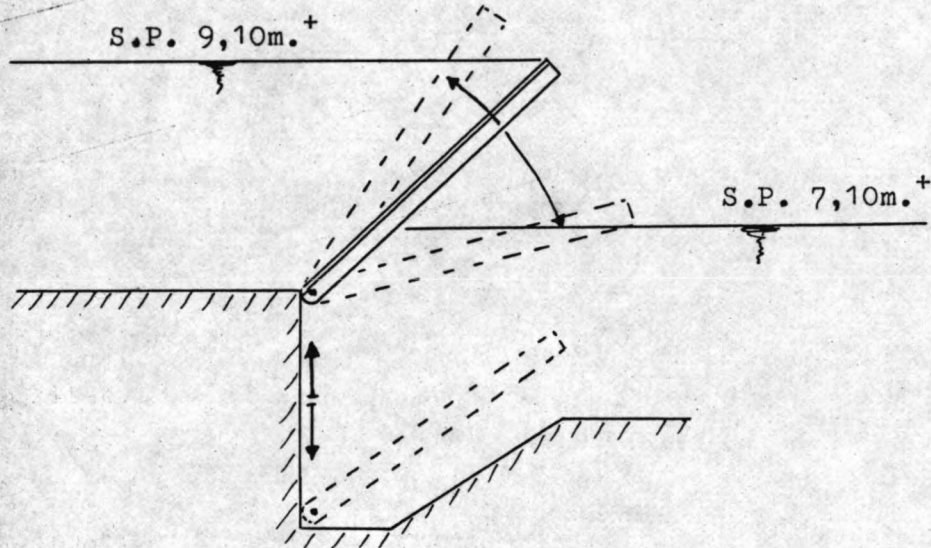
De positieve X-richting is de stroomrichting van de rivier. De Y-as staat loodrecht op de rivieras (X-as) en ligt in het horizontale vlak. De Z-as staat loodrecht op het wateroppervlak en de positieve Z-richting is naar boven gericht. Voor de tekening met de ontwerpboom zie bijlage: 1. De oplossingen die uit de ontwerpboom naar voren komen (vermeld in kader met een nummer) zullen onder het hoofdstuk 'Bruikbare oplossingen' nader uitgewerkt worden.

### 3. BRUIKBARE OPLOSSINGEN.

Uit de ontwerpboom (zie bijlage: 1) zijn een achttal bruikbare oplossingen naar voren gekomen. Deze acht mogelijkheden zullen in dit hoofdstuk schetsmatig uitgewerkt worden.

#### Mogelijkheid 1:

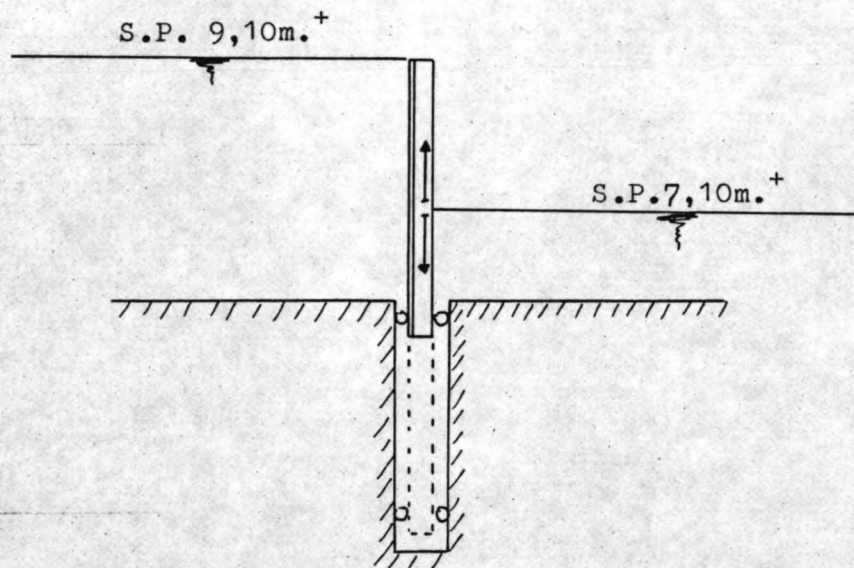
Rotatie om de Y-as en translatie in Z-richting.



FIGUUR: 6.

Mogelijkheid 2:

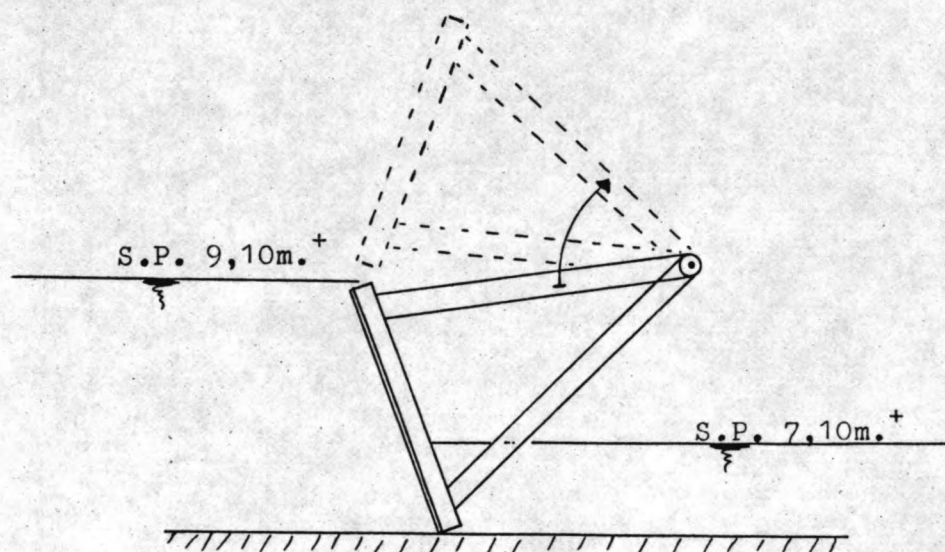
Translatie in negatieve Z-richting.



FIGUUR: 7.

Mogelijkheid 3:

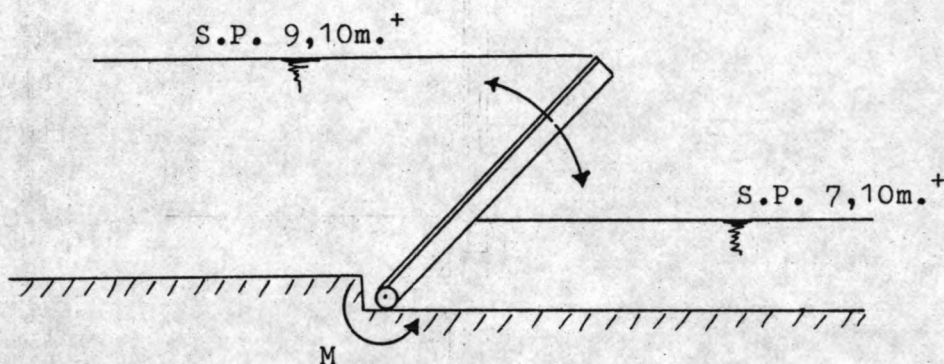
Rotatie-as buiten vlak van stuwmiddel; recht stuwvlak.



FIGUUR: 8.

Mogelijkheid 4:

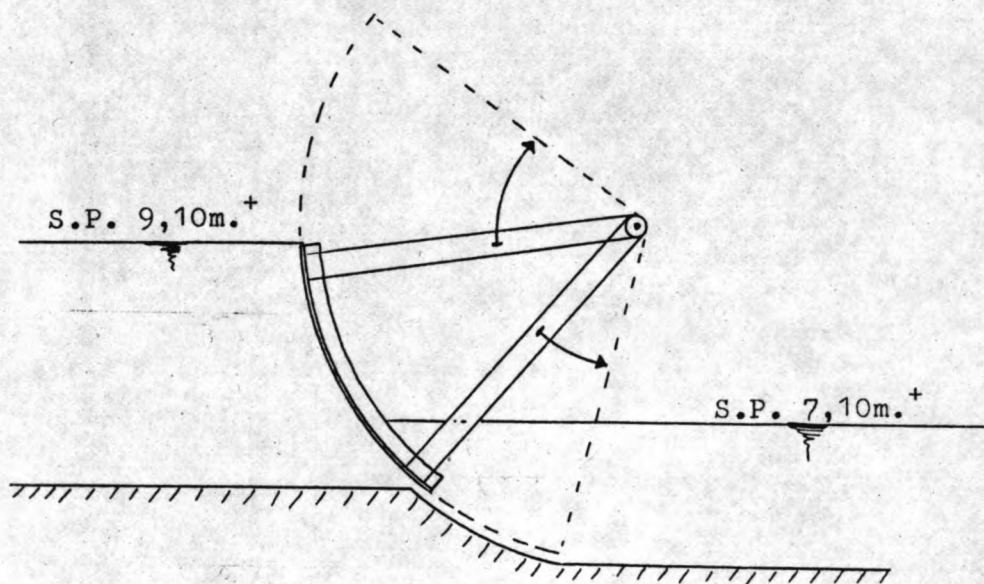
Rotatie om Y-as, rotatie-as in vlak van stuwmiddel, as onder, bediening door middel van rotatie-as.



FIGUUR: 9.

Mogelijkheid 5:

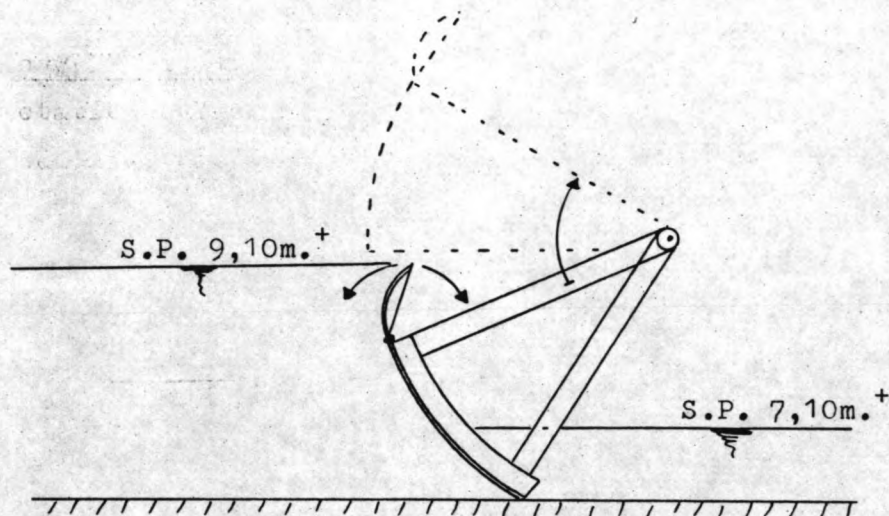
Als mogelijkheid 3, maar met een gekromd stuwvlak; kromming om de Y-as. Om de bedieningsmogelijkheden te vergroten zijn er twee varianten bedacht, namelijk 5<sup>a</sup> met een verkassing in de onderbouw en 5<sup>b</sup> met een extra regelklep.



FIGUUR : 10.

Mogelijkheid 5<sup>a</sup>

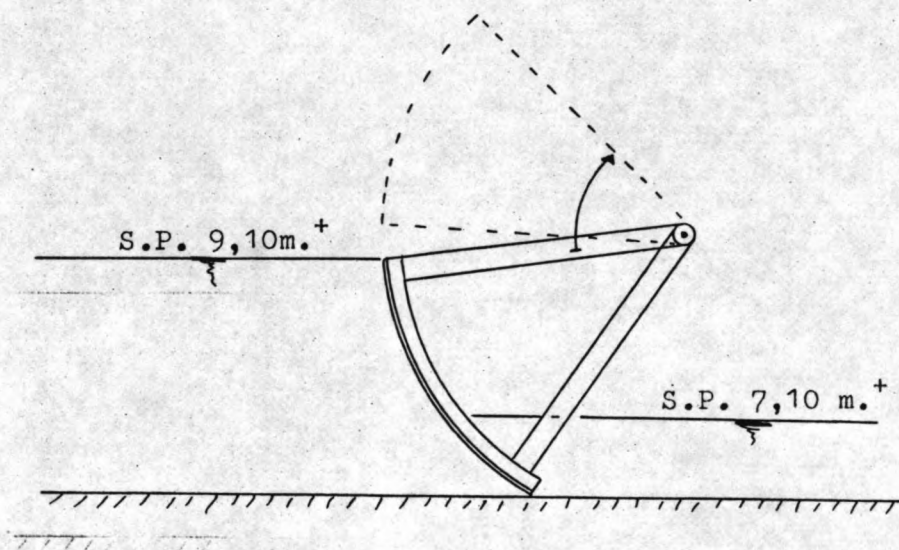




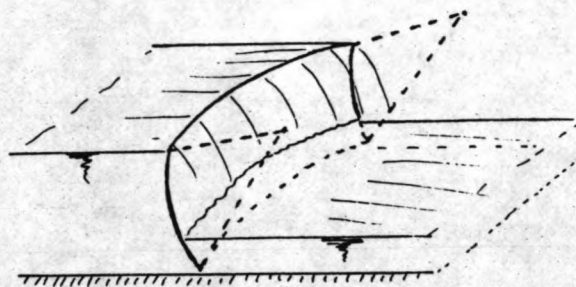
FIGUUR: 11; Mogelijkheid 5<sup>b</sup>.

Mogelijkheid 6:

Als mogelijkheid 3, maar met een dubbel gekromd stuwvlak; kromming om Y-as en Z-as (vizier).



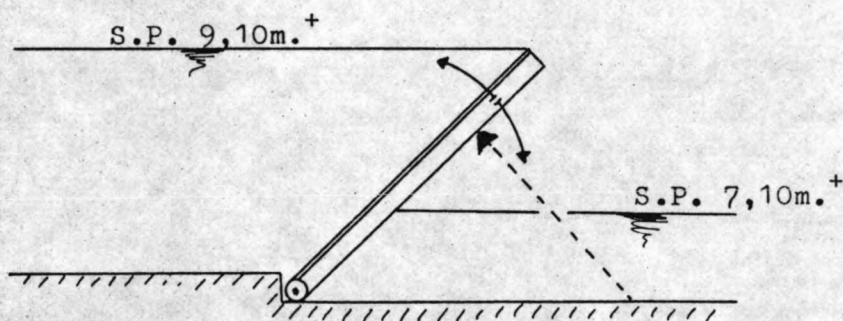
FIGUUR: 12.



FIGUUR: 13;  
Aanzicht gekromd stuwvlak.  
(Mogelijkheid 6)

Mogelijkheid 7:

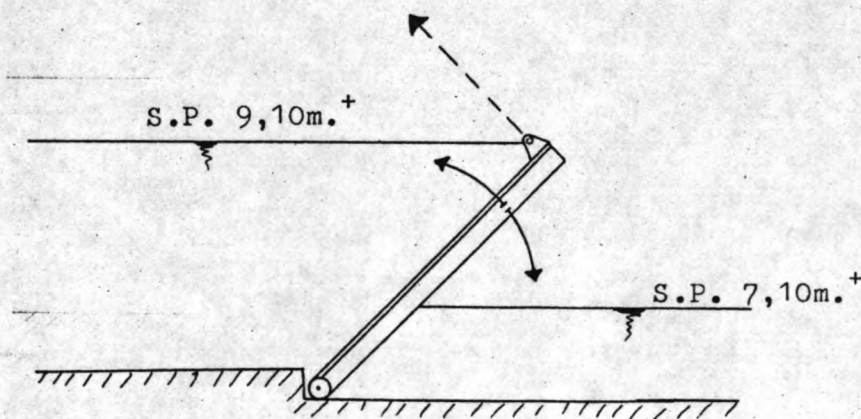
Als mogelijkheid 4, maar met bediening door middel van drukkracht.



FIGUUR: 14.

Mogelijkheid 8:

Als mogelijkheid 7, maar de bediening door middel van trekkracht.



FIGUUR: 15.

#### 4. KEUZE BEPALING.

De acht mogelijkheden, die in het vorige hoofdstuk besproken zijn, zullen beoordeeld worden op een viertal onderdelen, namelijk:

- a- Onderbouw
- b- Bovenbouw
- c- Stuwmiddel
- d- Mate van regeling

De onderbouw is dat gedeelte van de stuw dat beneden het bodemniveau ( 6,67m.<sup>+</sup> N.A.P. ) ligt.

De bovenbouw is het gedeelte dat boven het bodemniveau ligt met uitzondering van het stuwmiddel.

Het stuwmiddel is het waterkerende deel van de stuw en meestal ook het beweegbare gedeelte.

Mogelijkheid 1: (zie figuur: 6)

Deze constructie vraagt om een nogal grote sparing in de onderbouw, waarin het stuwmiddel moet kunnen zakken. De bovenbouw kan vrij licht uitgevoerd worden, omdat het slechts een gedeelte van de krachten, die uit het stuwmiddel komen, naar de onderbouw hoeft af te voeren. Het stuwmiddel en de bijbehorende bedieningsmiddelen vormen een ingewikkelde constructie, omdat het stuwmiddel moet kunnen roteren en transleren.

Mogelijkheid 1 voldoet wel aan de eis dat de stuw bij grote afvoeren geheel open gezet kan worden.

Mogelijkheid 2: (zie figuur: 7)

Hier treedt hetzelfde bezwaar op als bij mogelijkheid 1, namelijk de sparing in de onderbouw. Deze sparing moet echter nog dieper zijn, daar het stuwmiddel over haar gehele hoogte in de sparing moet kunnen zakken. Ten aanzien van de bovenbouw geldt hetzelfde als bij mogelijkheid 1; het stuwmiddel kan eenvoudig worden uitgevoerd, omdat het een recht vlak is.

De mate van regeling voldoet bij deze constructie als het stuwmiddel geheel in de onderbouw kan zakken.

Mogelijkheid 3: (zie figuur: 8)

Zoals uit de schets (figuur: 8) blijkt kan de onderbouw zeer eenvoudig uitgevoerd worden. De bovenbouw zal nu wel alle krachten, die uit het stuwmiddel komen, moeten opvangen en naar de onderbouw afvoeren. De bovenbouw zal vrij robuust moeten zijn, omdat het om geconcentreerde krachten gaat. Het stuwmiddel is niet alleen opgebouwd uit het stuwvlak (waterkering), maar ook uit een constructie, die de krachten moet overbrengen naar de scharnierpunten in de bovenbouw.

Het grootste nadeel van deze oplossing is dat men de waterstand slecht kan regelen. Gaat men echter met deze stuw wel regelen, dan wordt het een stuw met een onderafvoer.

Mogelijkheid 4: (zie figuur: 9)

Bij deze oplossing kan de onderbouw ook eenvoudig worden uitgevoerd, evenals de bovenbouw, daar de krachten op het stuwmiddel rechtstreeks afgevoerd worden naar de onderbouw.

Het stuwmiddel kan hier ook bestaan uit een recht vlak, maar de as aan de onderzijde van het stuwvlak moet zwaar geconstrueerd worden. Deze as dient niet alleen voor het overbrengen van de krachten naar de onderbouw, maar met deze as moet ook de stand van de stuw geregeld worden. Hierdoor ontstaan grote torsiekrachten. Bij deze mogelijkheid heeft men de beschikking over de gehele stuwopening bij grote afvoeren.

Mogelijkheid 5:<sup>a</sup> (zie figuur: 10)

Door in de onderbouw een klein sprong aan te brengen, kan men deze stuw over een bepaalde hoogte regelen. Wil men echter de gehele stuwopening tot beschikking hebben, dan moet de stuw geheven worden, zodat er een discontinuïteit in de waterstandsregeling ontstaat.

Het stuwvlak kan lichter geconstrueerd worden als bij mogelijkheid 3, dankzij de gebogen vorm. De opmerkingen ten aanzien van de bovenbouw van mogelijkheid 3 gelden ook voor deze oplossing.

Mogelijkheid 5<sup>b</sup>: (zie figuur: 11)

Deze oplossingsvorm verschilt alleen op gebied van waterstandsregeling van mogelijkheid 5<sup>a</sup>. Hier gebeurt de regeling door middel van een extra klep. De onderbouw kan hierdoor onder het stuwmiddel vlak blijven. Door de klep is er een dubbele bediening nodig, daarnaast is de constructie van het stuwmiddel minder eenvoudig geworden. Voor de bovenbouw en de mate van regeling gelden de opmerkingen die bij mogelijkheid 5<sup>a</sup> gemaakt zijn.

Mogelijkheid 6: (zie figuur: 12 en 13)

De dubbelgekromde stuw heeft het voordeel dat de gebruikte materialen volledig benut kunnen worden. Het is echter de vraag of de materiaalwinst opweegt tegen de extra loonkosten van zo'n arbeidsintensieve constructie. Gezien de kleinschaligheid van dit project moet hierop ontkennend worden geantwoord. Verder gelden alle voor- en nadelen van mogelijkheid 3.

Mogelijkheid 7: (zie figuur: 14)

De drempel in de onderbouw kan beperkt blijven tot de constructie hoogte van het stuwmiddel, zodat de onderbouw vrij eenvoudig kan blijven. De bovenbouw kan licht geconstrueerd worden, omdat er nagenoeg geen krachten op uitgeoefend worden. Alle krachten op het stuwmiddel worden rechtstreeks afgevoerd naar de onderbouw. Het stuwmiddel bestaat uit een rechtvlak. De bediening gebeurt door middel van een drukkracht. Deze drukkracht moet onder het stuwmiddel aangrijpen, zodat <sup>het beneden scharnier</sup> altijd onder water staat en moeilijk te bereiken is. Dit is zeer lastig voor het plegen van onderhoud. Bij hoge water afvoeren kan bij deze oplossing het gehele stuwoppervlak worden benuttigd.

Mogelijkheid 8: (zie figuur: 15)

De bediening gebeurt hier door middel van een trekkracht, zodat het bedieningsmechanisme boven het stuwvlak kan worden gemonteerd. Op deze manier worden de nadelen van mogelijkheid 7 ondergaan. Alleen zal de bovenbouw een gedeelte van de krachten, die worden uitgeoefend op de stuwklep, moeten opnemen en afdragen naar de onderbouw.

De beoordeling van de constructiemogelijkheden wordt samengevat in de onderstaande tabel.

Constructie	1	2	3	4	5 <sup>a</sup>	5 <sup>b</sup>	6	7	8
Onderbouw	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Bovenbouw	+	+	-	+	-	-	-	+	+
Stuwmiddel	-	+	-	-	+	-	-	-	+
Mate van regeling	+	+	-	+	-	-	-	+	+

TABEL:1 ; + = positieve beoordeling  
- = negatieve beoordeling

Uit de tabel komt duidelijk één constructie naar voren met alleen positieve beoordelingen, namelijk mogelijkheid 8.

Op grond hiervan is besloten om constructiemogelijkheid 8 verder uit te werken.

Resumé: Het gekozen stuwmiddel bestaat uit een stuwklep, die onder aan de klep een scharnierverbinding heeft met de onderbouw. De bediening geschiedt door middel van een trekkracht, die al of niet geheel boven aan de stuwklep aangrijpt.

## CONSTRUCTIEVE UITWERKING.

1. SITUERING.

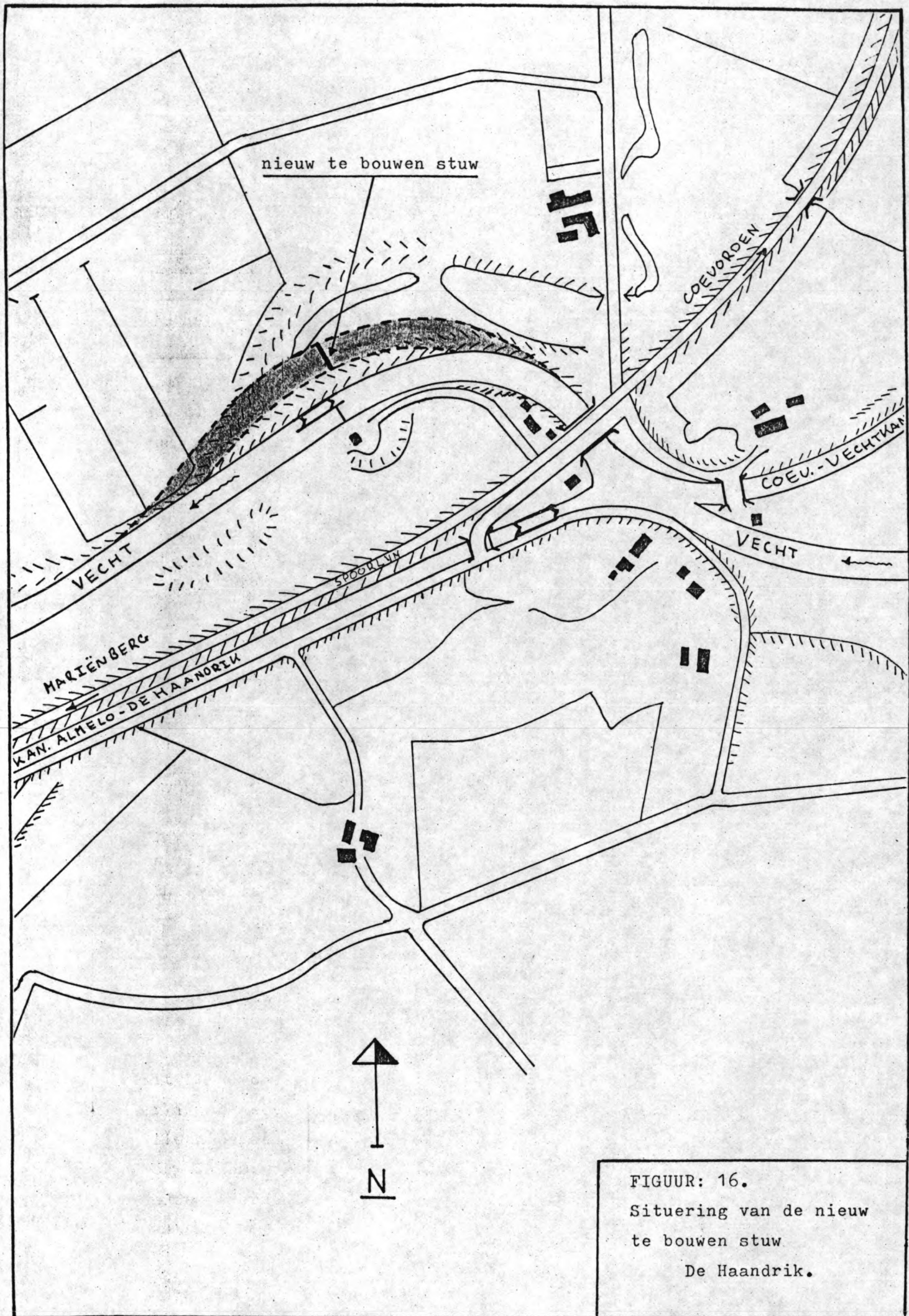
Rijkswaterstaat is waarschijnlijk van plan om de stuw in een omleiding te plaatsen. Dit is een zeer bruikbare methode, omdat men tijdens de bouw het regime op de rivier niet verstoort. Een ander voordeel is dat men de stuw kan bouwen in een bouwput, zodat de stuw in den droge gebouwd kan worden. Bovendien heeft men in een bouwput, die binnendijs ligt, geen last van hoge waterstanden op de Vecht. Op deze wijze hoeft de bouwtijd niet gepland te worden buiten vermoedelijke perioden van hoge afvoeren. Uit het bovenstaande is al wel duidelijk geworden, dat wij het plan van Rijkswaterstaat volgen.

Dan rest de vraag waar de omleiding moet komen. Er zijn in principe 2 mogelijkheden, namelijk ten zuiden of ten noorden van de huidige situatie. Uit figuur 16 blijkt dat als men de omleiding plaatst ten zuiden van de huidige stuw en schutsluis de rivier een zeer scherpe bocht moet maken (ongeveer  $120^{\circ}$ ). In figuur 16 is de gekozen situering ingetekend, namelijk een omleiding aan de noordzijde, zodat er een vloeiend verloop van de verloop van de loop van de rivier ontstaat.

De nieuwe stuw is ongeveer ter hoogte van de huidige stuw gepland. Een grote verschuiving ten opzichte van de huidige stuw is niet aan te raden in verband met de grondwaterstand verandering.

2. GROOTTE VAN DE STUWDOORLAAT.

De huidige stuw heeft een doorlaatopening van  $51\text{m}^2$  (zie blz. 5) Dit is de opening gerekend bij een stuwpeil van  $9,10\text{m.}^+\text{N.A.P.}$ . Er is nu geen overlaat over het winterbed, zodat bij hoogwater alleen de stuwopening ter beschikking staat. Bij E.H.W. (extreem hoog water, frequentie:  $1 \times 100$  jaar) bedraagt de afvoer  $307\text{m}^3/\text{s}$  en de waterstand loopt bij de huidige stuw op tot  $10,60\text{ m.}^+\text{N.A.P.}$ .



FIGUUR: 16.  
 Situering van de nieuw  
 te bouwen stuw  
 De Haandrik.



De stroomsnelheid door de stuw kan bij E.H.W. oplopen tot ongeveer 3,7 m/s, een nogal hoge stroomsnelheid.

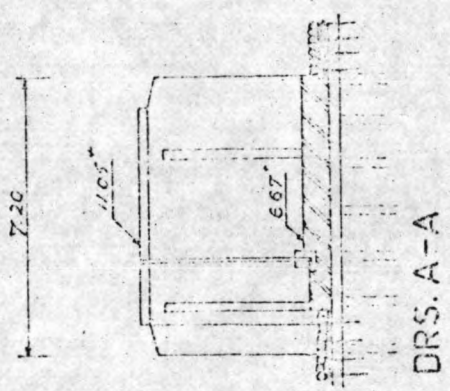
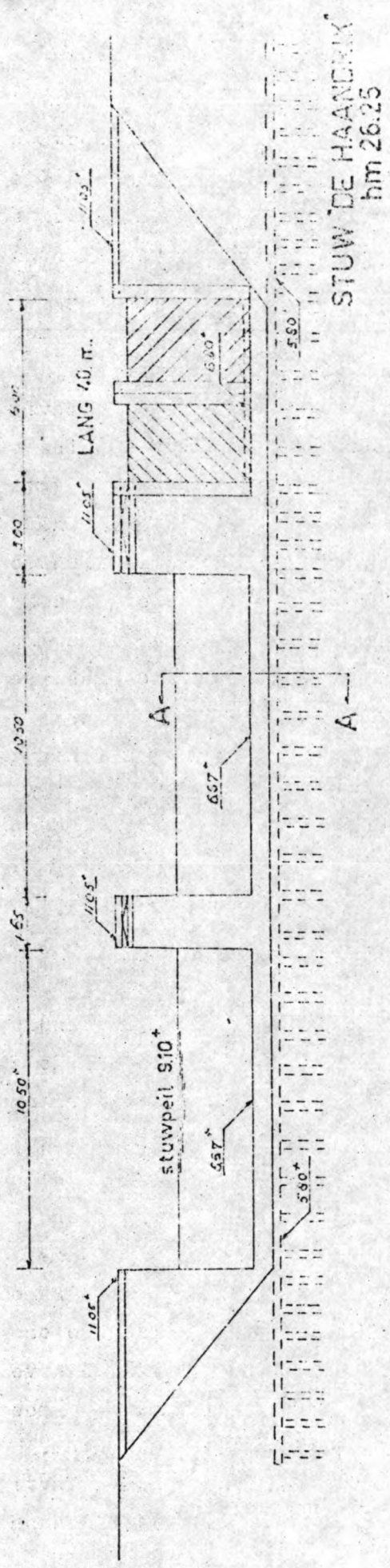
De nieuwe stuw wordt gebouwd in een omleiding. Na gereedkoming van de nieuwe stuw worden de oude stuw en schutsluis gesloopt. Indien de Vecht opengesteld wordt of inmiddels opengesteld is voor recreatievaart, dan zou op de plaats van de huidige stuw (na gereedkoming van de nieuwe) een schutsluis voor de recreatievaart gebouwd kunnen worden. (zie figuur: 17)

De huidige schutsluis heeft een te hoge benedendrempel (6,10m.<sup>+</sup>), zodat na de sloop van de stuw en schutsluis Ane het stuwpeil 7,10m.<sup>+</sup> van Hardenberg geldt en er slechts 1,00 m. waterhoogte boven de benedendrempel overblijft. In het vooronderzoek is de waterhoogte boven de drempels vastgesteld op 2,00m. De huidige schutsluis is gemaakt van baksteen, zodat het aanpassen een zeer dure onderneming zal worden.

De doorlaatopening van de nieuwe stuw zal hetzelfde oppervlakte krijgen als de huidige (51m<sup>2</sup>) en gebruiken de ruimte die vrijkomt naast de nieuw te bouwen schutsluis als een vaste overlaat. De overlaat komt ongeveer op de plaats van de huidige schutsluis en het noordelijke compartiment van de oude stuw. De ruimte ter plaatse van de zuidelijke stuwopening zal benut worden door de nieuwe schutsluis. Bij de uitvoering van de overlaat wordt niet gedacht aan een kunstwerk, maar aan een winterbed met een maai-veldniveau van ongeveer 9,50m.<sup>+</sup>N.A.P..

De capaciteit van de overlaat moet ongeveer zo groot zijn dat 1/3 van de hoeveelheid water (<sup>+</sup>100m<sup>3</sup>/sec) bij E.H.W. over deze vaste overlaat gaat. Dan resteert er voor de stuw nog 200m<sup>3</sup>/sec, zodat de stroomsnelheid in de stuw beperkt kan blijven tot 2,5 m/sec.. Hierdoor kunnen de stortebedden en de oeververdediging lichter en dus goedkoper gebouwd worden.

De huidige stuw heeft een tweetal openingen (zie figuur: 17) Deze openingen zijn elk 10,50 m. breed. De nieuwe stuw, die uitgevoerd zal worden met stuwkleppen, zal eveneens gecompartmenteerd worden, alleen het is de vraag of 2 openingen voldoende zijn. Als door onderhoud of een storing één van de twee kleppen uitvalt, dan houdt dit voor de andere opening een verdubbeling van het door te voeren water in.



FIGUUR: 17.  
 Aanzicht van de boven-  
 stroomse zijde van de  
 stuw en schutsluis  
 De Haandrik.

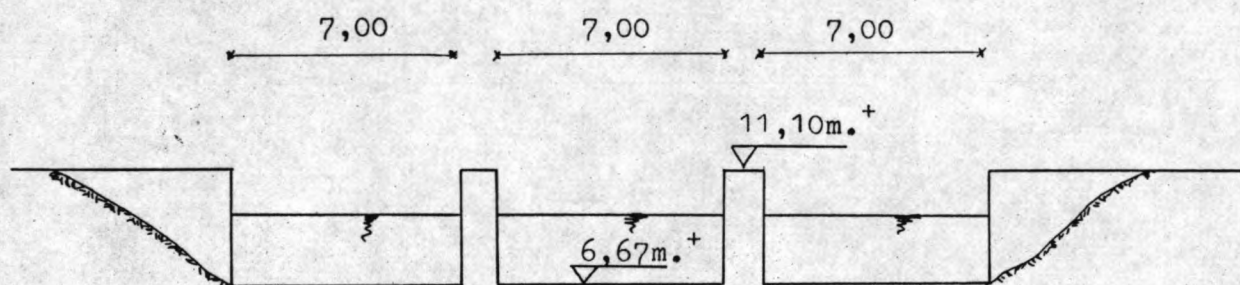
Dit kan zeker nadelig zijn als er storing optreedt tijdens hoge waterafvoeren.

Wij denken aan 3 compartimenten en wel om de volgende redenen:

- Als er door storing of door onderhoud één klep uitvalt, dan houdt men nog  $2/3$  van de oorspronkelijke capaciteit over.
- Bij 3 compartimenten wordt de te overbruggen breedte 7,00 m.. De constructiehoogte van de stuwklep (dikte) kan hierdoor ook kleiner blijven. Het aanbrengen van één klep meer heeft niet zo erg grote consequenties op de toename van de kosten van de bedieningsmiddelen. Men kan grof-weg stellen dat de kosten van een stel extra bedieningsmiddelen wegvallen tegen het voordeel van lichtere kleppen en klepbedieningsmiddelen.
- Daarnaast is een afstand van 7,00m. gemakkelijker door schotbalken te overbruggen dan 10,50m., bij een eventuele onderhoudsbeurt.

Kortom:

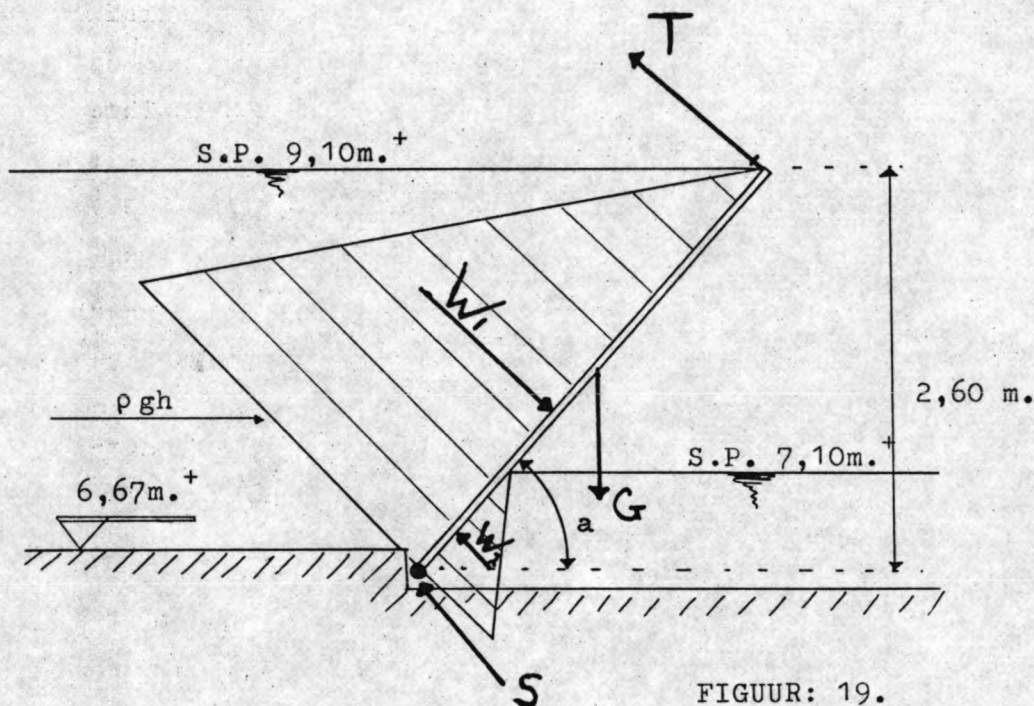
De doorlaatopening van de nieuw te bouwen stuw bestaat uit 3 compartimenten van elk 7,00m. lengte. De bovenkant van de drempel blijft gehandhaaft op  $6,67m.^+N.A.P..$



FIGUUR: 18.

### 3. UITVOERING VAN DE STUWKLEP.

Het krachtenschema van de gekozen stuwklep ziet er als volgt uit:



FIGUUR: 19.

Verklaring van de tekens in figuur: 19:

- T = trekkracht uitgeoefend door bedieningsmiddel.
- G = eigengewicht van stuwklep.
- $W_1$  = waterdruk aan bovenstroomse zijde.
- $W_2$  = waterdruk aan benedenstroomse zijde.
- S = scharnierkracht.

De hoek  $a$  (hoek tussen stuwklep en onderbouw) is gesteld op  $50^\circ$ . In deze stand wordt de hoogte van de klep niet te groot en kan de kracht  $T$  gemakkelijk loodrecht aangrijpen, zodat deze kracht optimaal kan zijn, bijvoorbeeld bij gebruik van staalkabel. Als hoek  $a$  veel groter wordt, dan is de stabiliteit moeilijk te verzekeren. Wordt hoek  $a$  veel kleiner, dan neemt de klephoogte enorme waarden aan. Bij  $45^\circ$  à  $50^\circ$  ligt ongeveer het optimum. De verticale hoogte is ongeveer 2,60 m., zodat de klephoogte wordt:  $2,60/\sin. a = 3,40$  meter.

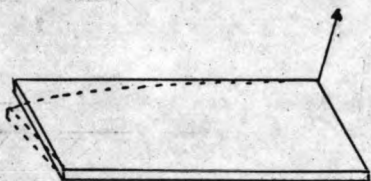
Voor de uitvoering van de stuwklep komen een drietal vragen aan de orde:

A) Twee of meer scharnierpunten?

Een stuwklep, met meer dan twee scharnierpunten, heeft in principe meer onderhoud nodig. De maatvoering bij drie of meer scharnieren vereist een zeer grote mate van zuiverheid. Niet alleen van de stuwklep, maar ook van de onderbouw (beton). De fabricage van de stuwklep is hierdoor veel arbeidsintensiever en dus ook veel duurder. In verband met de breedte van de stuwopeningen (7,00m.) wegen de nadelen van een gelijkmatig ondersteunde klepconstructie zwaarder dan het voordeel van de lichtere uitvoering.

De klep zal voorzien worden van slechts twee scharnierpunten.

B) Eén of twee bewegingsmechanismen?



FIGUUR: 20.

Het grote nadeel van één bewegingsmechanisme aan één kant van het stuwmiddel is de grote torsiekracht, die hiermee gepaard gaat. (zie figuur: 20) Daar de doorstroomopening 7,00 m. breed is zal het optredend wringend moment ook groot zijn.

Verder spelen dan nog factoren zoals de (verbroken) waterafdichting tussen zijkant van de klep met de steunpunten en het grotere profiel van de as beneden.

Bij twee bewegingsmechanismen hoeft de klep alleen op doorbuiging te worden berekend. De waterafdichting is veel beter verzekerd. Het zou te overwegen zijn dat bij uitvallen van een van de bedieningsmechanismen diens taak tijdelijk te laten overnemen door de andere.

Een nadeel van een tweedelig aandrijfsysteem is het synchroom moeten 'lopen' van de krachten, daar er anders weer wringende momenten optreden.

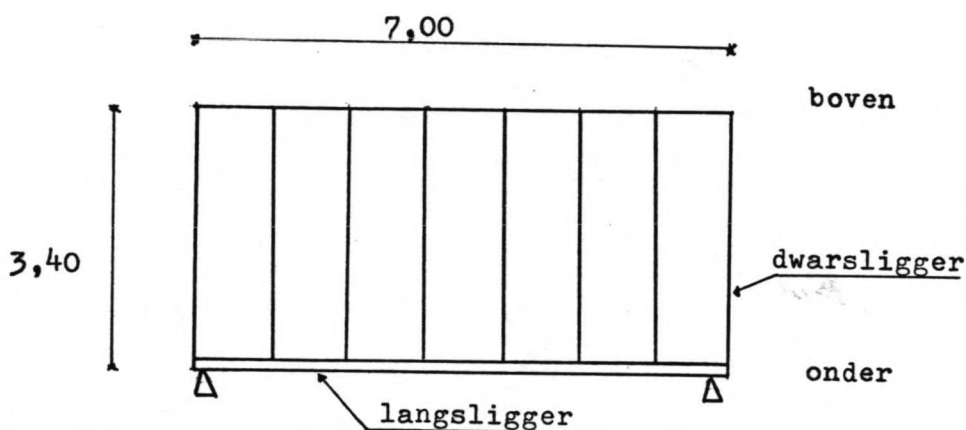
Hier wordt vooreerst gekozen voor een tweetal bewegingsmechanismen voor één stuwklep.

C) Eén of twee langsliggers?

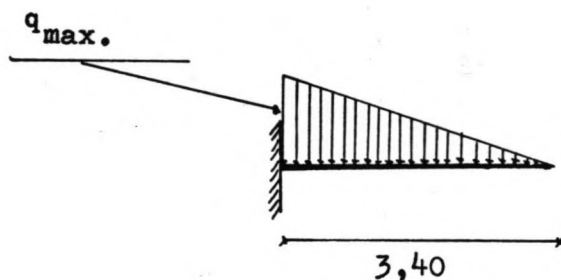
De langsliggers bevinden zich onder- of bovenaan de stuwklep, omdat de hoogte slechts 3,40m. bedraagt tegen 7,00m. van de breedte. Bij een stuwklep uitgevoerd met één langsligger (onder) zijn de dwarsliggers éénzijdig ingeklemd in de langsligger. De dwarsliggers van een stuwklep met twee langsliggers zijn tweezijdig ingeklemd.\*

Het is voorhands niet duidelijk welke oplossing de voorkeur verdient, zodat beide oplossingen in de berekening voor het bepalen van de orde van grootte van de constructieafmetingen zijn meegenomen.

STUWKLEP MET EEN LANGSLIGGER.



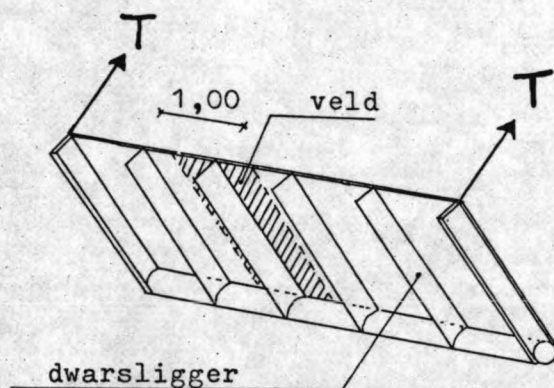
FIGUUR: 21.



FIGUUR: 22; dwarsligger, éénzijdig ingeklemd.

\*Dwarsligger is niet volledig maar slechts gedeeltelijk ingeklemd.

De dwarsligger is eenzijdig ingeklemd en de lengte is gesteld op 3,40m. (zie figuur:22). De belasting bestaat uit de waterdruk, die bij de inklemming maximaal is, namelijk  $q_{\max.}$  en bij het andere uiteinde nul.  $q_{\max.} = \rho gh$ ;  $h = 2,60\text{m.}$ , hieruit volgt dat  $q_{\max.} = 26 \text{ kN/m'}$ . Stel dat de dwarsliggers h.o.h. op 1,00m. liggen (zie figuur: 21, 22), dan bedraagt het inklemmings moment:  
 $M = 1/3 (\frac{1}{2} \cdot q_{\max.} \cdot 3,40 \cdot 1,00) \cdot 3,40 = 50,1 \text{ kNm/m'}$  (zie onderstaand figuur)



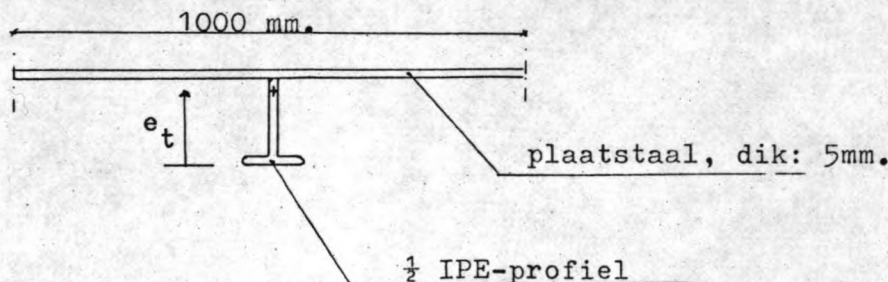
FIGUUR: 23.

Uitgaande van staal Fe360 met een vloeispanning van  $240 \text{ N/mm}^2$  en gerekend met een veiligheidsfactor van 1,7 dan wordt de benodigde weerstandsmoment ( $W$ ):

$$W = 50,1 \cdot 10^6 / (240 / 1,7) = 358 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 = 358 \text{ cm}^3.$$

Een profiel dat in aanmerking komt is HE200 A;  $W_x = 389 \text{ cm}^3$  en  $h=190\text{mm.}$  Het profiel kan verlopend worden uitgevoerd (evenredig met het moment). Dit is echter een zeer arbeidsintensieve oplossing.

Bij de bovenstaande berekening is de stijfheid van de waterkerende plaat niet in rekening gebracht. In de nu volgende berekening wordt wel rekening gehouden met de stijfheid van de plaat.



FIGUUR: 24.

Aanname: (zie figuur: 24)

plaatdikte: 5mm.

aangelaste IPE 360 (gehalveerd):  $A = 3640 \text{ mm}^2$

$$e = 39,9 \text{ mm.}$$

$$h = 180 \text{ mm.}$$

$$I = 992 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

Ligging van het zwaartepunt:

$$e_t \cdot (A + A_{\text{plaat}}) = e \cdot A + A_{\text{plaat}} \cdot e_{\text{plaat}} ; e_t = 122,4 \text{ mm.}^{\#}$$

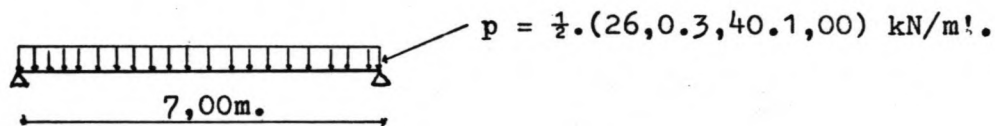
Totale traagheidsmoment:

$$I_{\text{tot.}} = I_{\text{plaat}} + A_{\text{plaat}} \cdot a^2 + I_{\text{IPE}} + A_{\text{IPE}} \cdot a^2 \text{ (Steiner)}$$

$$I_{\text{tot.}} = 52,7 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$W_{\text{tot.}} = I_{\text{tot.}} / e_t = 430,6 \text{ cm}^3$ . Dit is ruim voldoende en de constructiehoogte komt hiermee op 185 mm.

Berekening langsligger:



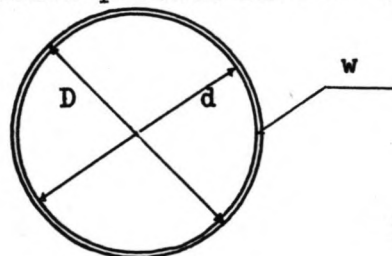
FIGUUR: 25.

$$M_{\text{veld}} = 1/8 \cdot p \cdot l^2 = 270,7 \text{ kNm.}$$

$$W = 270,7 \cdot 10^6 / (240 / 1,7) = 19,20 \cdot 10^5 \text{ mm}^3 = 1920 \text{ cm}^3$$

In verband met de afdichting is een rond profiel erg gemakkelijk; hier komen we later op terug. Een standaard profiel is niet leverbaar met een dergelijk groot weerstandsmoment, zodat we van een willekeurig profiel zijn uitgegaan.

Het aangenomen profiel ziet er als volgt uit:



FIGUUR: 26.

FIGUUR: 26,  $D=510\text{mm.}$ ,  $w=10\text{mm.}$ ,  $d=490\text{mm.}$

$$W = (D^4 - d^4) / 10 \cdot D = 1961,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 = 1961,6 \text{ cm}^3 ; \text{VOLDOET.}$$

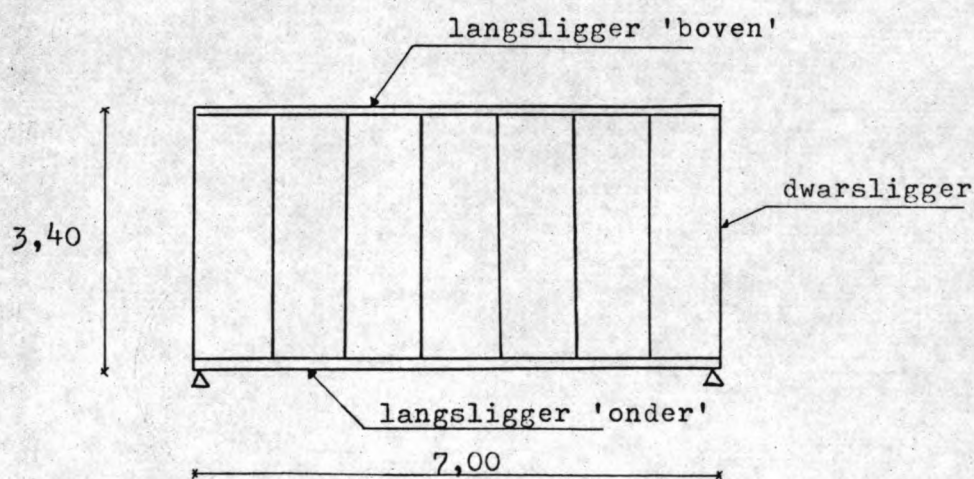
\*Wanneer de volle meter meewerkt.



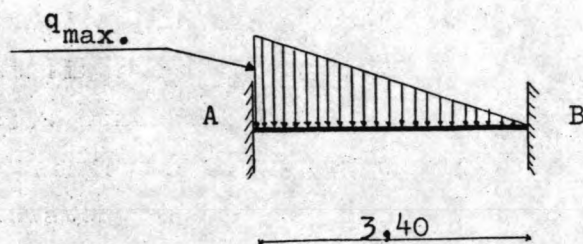
De dwarsliggers, die reeds berekend zijn, zijn geen einddwarsliggers. Aan deze dwarsliggers grijpt de kracht T aan die zorgt voor het fixeren van de stuwklep in een bepaalde stand (zie figuur: 23). Deze kracht T is per einddwarsligger ongeveer gelijk aan het zesde van de totale waterdruk aan de bovenstroomse zijde. De tegenwaterdruk van het lage peil is even verwaarloosd. Het eigengewicht van de stuwklep komt geheel voor rekening van de scharnierpunten aan de onderbouw als kracht T aangrijpt door middel van een scharnier.

$T = 1/6 \cdot (\frac{1}{2} q_{\max} \cdot 7,00 \cdot 3,40) = 77,4 \text{ kN}$ . Het inklemmingsmoment alleen ten gevolge van de kracht T bedraagt:  $T \cdot 3,40 = 263,2 \text{ kNm}$ . Dit moment is ongeveer even groot als het veldmoment van de langsligger. Hieruit volgt dat de einddwarsligger zeer zwaar uitgevoerd moet worden. Bovendien treedt door dit constructieprincipe een groot wringend moment op in de langsligger. Door de enorme constructie afmetingen van diverse onderdelen, die nodig zijn voor de relatief kleine klepconstructie, is van deze oplossing afgezien en gekozen voor het principe met twee langsliggers.

STUWKLEP MET TWEE LANGSLIGGERS.



FIGUUR: 27.



FIGUUR: 28; dwarsligger, tweezijdig ingeklemd.

Evenals bij het voorgaande worden de dwarsliggers hier ook gesteld op 1,00m. hart op hart.

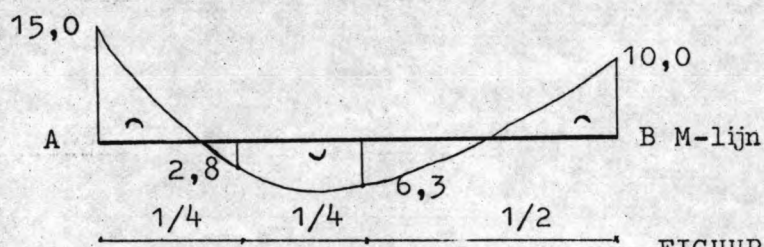
$$R_A = 2/3 \cdot (\frac{1}{2} q_{\max} \cdot 3,40 \cdot 1,00) = 29,5 \text{ kN.}$$

$$R_B = 1/3 \cdot (\frac{1}{2} q_{\max} \cdot 3,40 \cdot 1,00) = 14,7 \text{ kN.}$$

$$\text{Inklemmingsmoment } M_A = 0,050 q_{\max} \cdot l^2 = 15,0 \text{ kNm/m'}$$

$$\text{Inklemmingsmoment } M_B = 0,033 q_{\max} \cdot l^2 = 10,0 \text{ kNm/m'}$$

Het momentenverloop ziet er als volgt uit:



FIGUUR: 29.

Het maatgevende moment is het inklemmingsmoment bij A;  $M_A = 15,0 \text{ kNm/m'}$   
Weerstandsmoment W wordt:

$$W = (15,0 \cdot 10^6) / (240 / 1,7) = 107 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 = 107 \text{ cm}^3$$

Wordt er geen rekening gehouden met de stijfheid van de waterkerende plaat, dan heeft men voor de dwarsligger profiel HE120 A nodig met  $W_x = 106 \text{ cm}^3$  (krap) en  $h = 114 \text{ mm}$ .

In de nu volgende berekening wordt wel rekening gehouden met de stijfheid van de plaat. (zie figuur: 24)

Aanname: plaatdikte: 5mm.

$$\begin{aligned} \text{IPE 220 (gehalveerd): } A &= 1670 \text{ mm}^2 & h &= 110 \text{ mm.} \\ e &= 24,5 \text{ mm.} & I &= 165 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Ligging van het zwaartepunt:

$$e_t \cdot (A + A_{\text{plaat}}) = e \cdot A + A_{\text{plaat}} \cdot e_{\text{plaat}} ; e_t = 90,5 \text{ mm.}$$

Totale traagheidsmoment:

$$I_{\text{tot.}} = I_{\text{plaat}} + A_{\text{plaat}} \cdot a^2 + I_{\text{IPE}} + A_{\text{IPE}} \cdot a^2$$

$$I_{\text{tot.}} = 11,4 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$W_{\text{tot.}} = I_{\text{tot.}} / e_t = 125,5 \text{ cm}^3$ . Dit is ruimschoots voldoende en de constructiehoogte komt hiermee op 115 mm.

Opmerking: als  $\frac{1}{2}$ IPE 200 gebruikt wordt, dan is  $W_{\text{tot.}} = 97,6 \text{ cm}^3$ .

Berekening langsdrager onder:

$$M_{\text{veld}} = 1/8 \cdot p_o \cdot l^2 ; p_o = 29,5 \text{ kN/m' } (=R_A) ; M_{\text{veld}} = 180,7 \text{ kNm.}$$

$$W = 180,7 \cdot 10^6 / (240/1,7) = 12,80 \cdot 10^5 \text{ mm}^3 = 1280 \text{ cm}^3$$

Ook hier in verband met de afdichting een ronde buis.

Standaard buisprofiel:  $\emptyset$  419 mm., wanddikte 10 mm.,  $W = 1283 \text{ cm}^3$

Berekening langsdrager boven:

$$M_{\text{veld}} = 1/8 \cdot p_b \cdot l^2 ; p_b = 14,7 \text{ kN/m' } (=R_B) ; M_{\text{veld}} = 90,0 \text{ kNm.}$$

$$W = 90,0 \cdot 10^6 / (240/1,7) = 6,37 \cdot 10^5 \text{ mm}^3 = 637 \text{ cm}^3$$

Uitgaande van een buisprofiel:

Standaard buisprofiel:  $\emptyset$  323,9 mm., wanddikte 10 mm.,  $W = 751 \text{ cm}^3$

Als alternatief is te gebruiken:

Vierkante Engelse pijp:

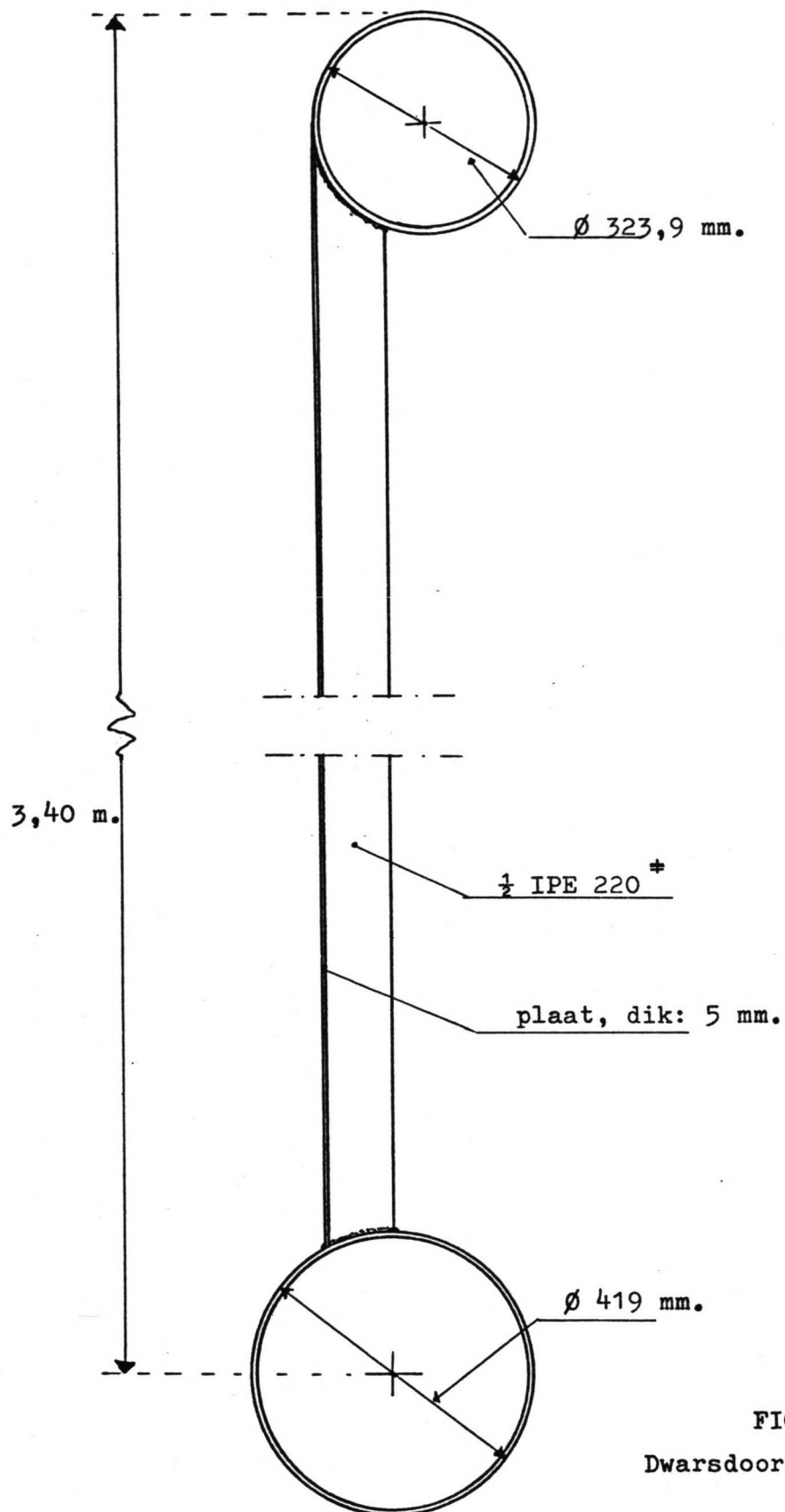


203,2 x 203,2 mm., wanddikte 16 mm.

$$W = 672 \text{ cm}^3$$

FIGUUR: 30.

Een ronde of een Engelse pijp verdienen boven de voorkeur door hun afgesloten en glad profiel. Zodat er geen kans is dat er verontreinigingen op blijven liggen, wat mogelijk is bij een U- of een HE-profiel.

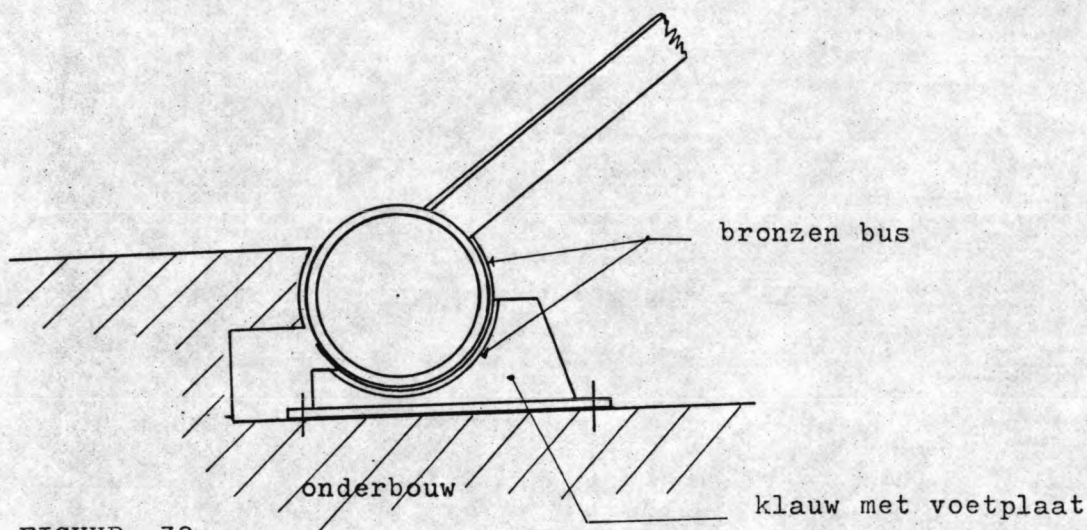


FIGUUR: 31.  
Dwarsdoorsnede stuwklep.

\*De dwarsliggers zijn niet volledig maar gedeeltelijk ingeklemd. Daarom zal het profiel enigszins zwaarder uitvallen.

### Draaipunten:

Uit figuur 19 wordt duidelijk dat de scharnierkracht  $S$  altijd positief blijft, ook als de klep horizontaal ligt. Dan resteert er nog het eigengewicht (onder water) van de stuwklep. Omdat  $S$  altijd positief blijft hoeft het draaipunt geen trekkrachten op te nemen. Het scharnierpunt kan nu uitgevoerd worden als een soort klauw constructie, die voorkomt dat de stuwklep in de stroomrichting van het water kan bewegen. Een mogelijke oplossing is getekend in de onderstaande schets; figuur 32.



FIGUUR: 32.

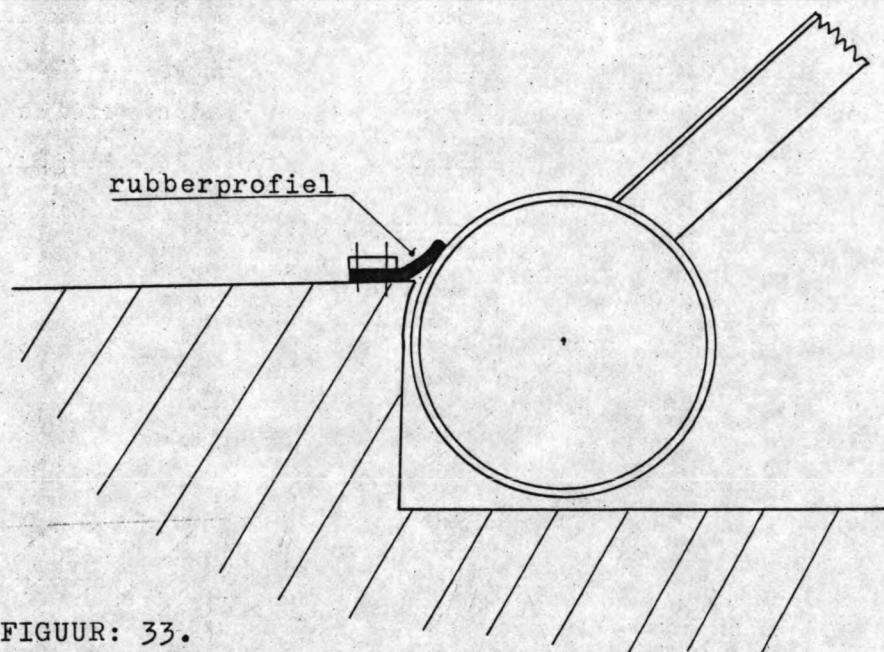
De raakvlakken van de bus en de klauw moeten voorzien zijn van bronzen glijlaag.

Deze klauwconstructie zal door de eenvoudige uitvoering geen onderhoud vergen. Bovendien kan de stuwklep verwijderd worden door middel van een hijskraan, zonder dat het scharnierpunt gemonteerd moet worden. De scharnierpunten moeten zover mogelijk aan de uiteinden van de langsligger zitten, dus net aan de binnenkant van de buitenste dwarsliggers, anders is de voorgaande berekening niet geldig.

De hoogte van de klauwen wordt bepaald door de vrije ruimte onder de waterkerende plaat in horizontale toestand ( $\alpha = 0^\circ$ ).

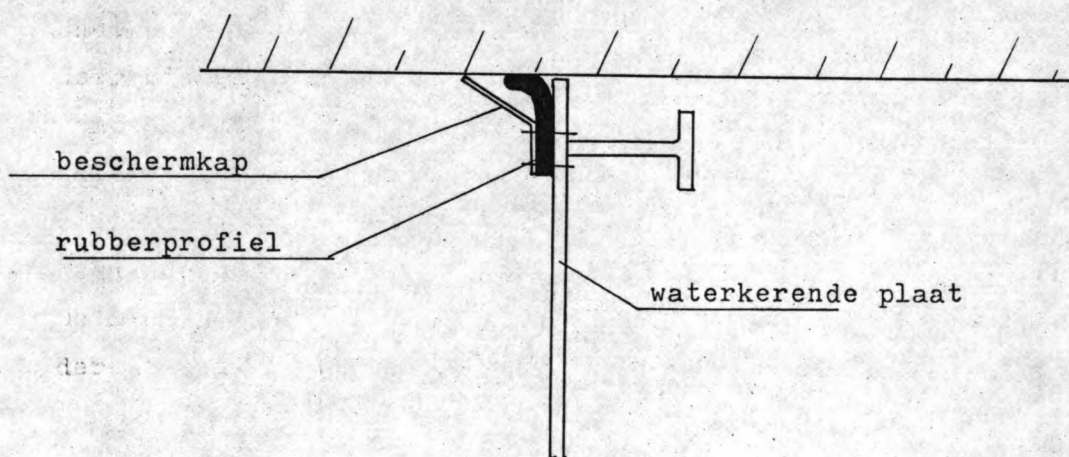
Afdichting:

Door de ronde buis aan de onderkant kan de afdichting zeer eenvoudig worden uitgevoerd. De afdichting kan geschieden door een stevig rubber profiel dat over de buis sleept; zie onderstaand figuur.



FIGUUR: 33.

De afdichting aan de zijkant kan eveneens geschieden door een sleeprubber. Dit rubberprofiel zal afgeschermd moeten worden om te voorkomen dat er beschadigingen aan kunnen optreden, veroorzaakt door allerlei grote drijvende voorwerpen, zoals takken.



FIGUUR: 34.

Bedieningsmechanisme:

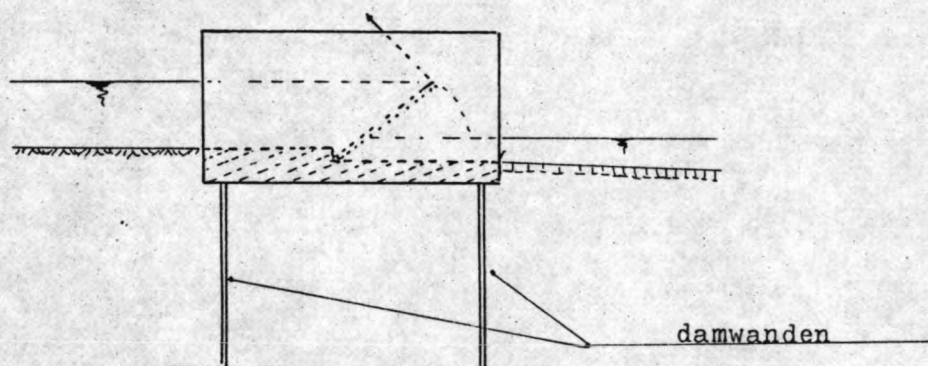
De fixatie van de stand van de stuwklep kan gerealiseerd worden door een staalkabel die om een windas wordt opgewonden. Een nadeel van staalkabel is dat de eventuele trillingen in de stuwklep niet worden tegen gegaan.

Een stang met tandheugel aandrijving ondervangt dit probleem evenals een stang met een hydraulische aandrijving. Bij de hydraulische aandrijving zal een mechanische vergrendeling aanwezig moeten zijn, zodat de druk op het systeem niet constant gehandhaafd hoeft te blijven.

#### 4. DIVERSE ONDERWERPEN.

##### Fundatie:

De fundatie kan gecombineerd worden met de constructie om de onderloopsheid te bestrijden. De fundatie kan bestaan uit twee evenwijdige damwanden waarop de onderbouw kan steunen. (zie onderstaand figuur)



FIGUUR: 35.

De damwanden moeten doorlopen tot in de ondoorlatende lagen, of indien de damwand lengte voldoende is om de onderloopsheid te bestrijden, doorlopen tot voldoende draagkrachtige lagen.

Er zijn geen grondgegevens bekend, zodat het eerste vereiste wel een grondmechanisch onderzoek is. Aan de hand van de concrete gegevens uit zo'n onderzoek kan bepaald worden tot hoe diep de damwand moet lopen.

De damwandschermen moeten ook zijwaarts worden doorgetrokken om de achterloopsheid te bestrijden.

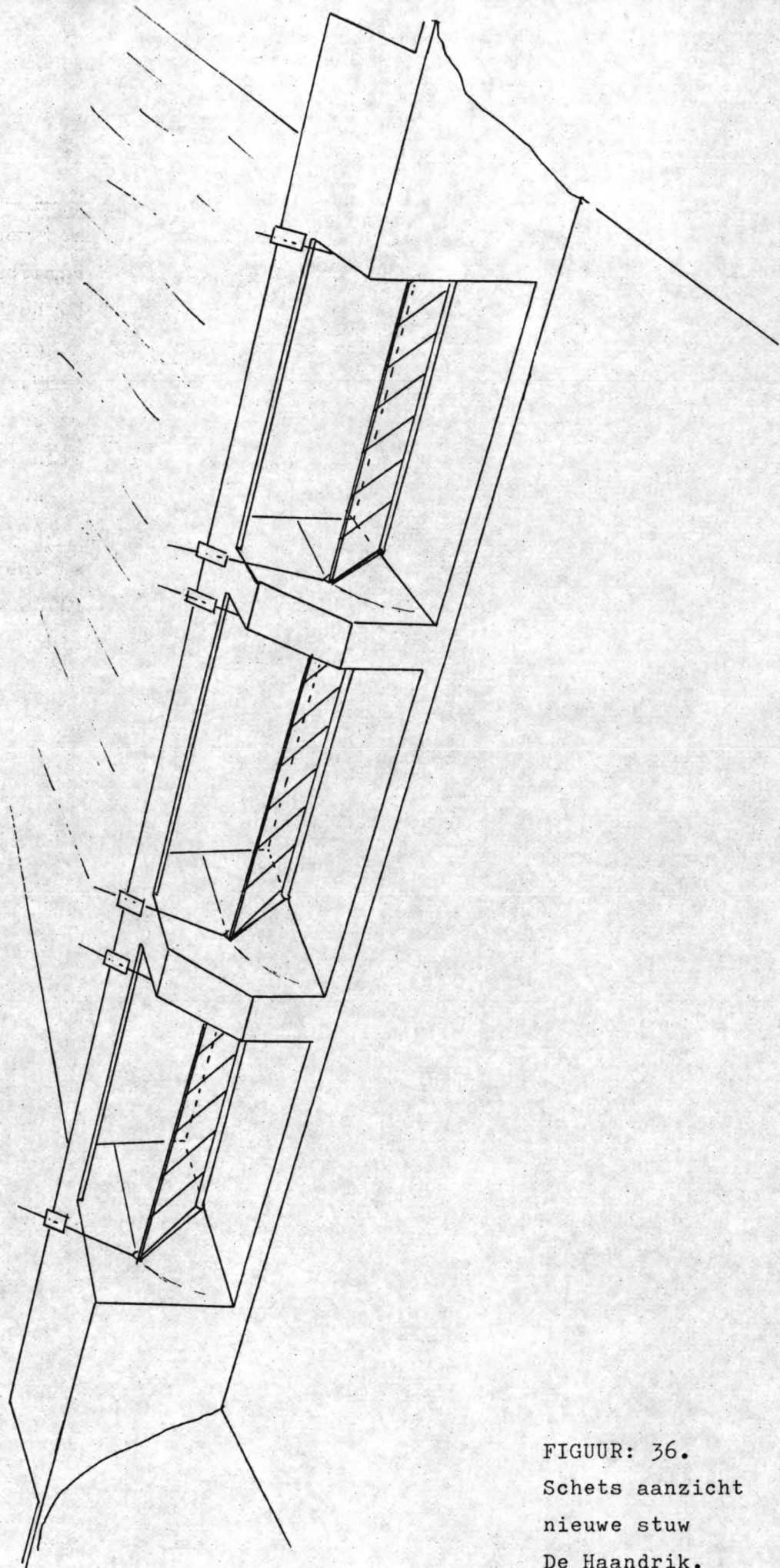
##### Doorgaand zandtransport:

Van dit verschijnsel zijn geen gegevens van bekend. Ook hier is een onderzoek nodig om een uitspraak te kunnen doen over de eventuele maatregelen. Het is denkbaar dat voor de stuw aanzanding en achter de stuw ontgroning plaatsvindt.

De ontgroning kan voorkomen worden door het aanleggen van een stevige oever- en bodembescherming.



De bodembescherming moet tevens dienen als een woelbak, zodat het water benedenstrooms in de vaargeul weer rustig stroomt. Het zandtransport is het grootst bij grote rivierafvoeren. Bij deze afvoeren is de stuw meestal geheel gestreken, zodat het zandtransport niet gehinderd wordt door een drempel op de bodem. Of tijdens normale afvoeren een groot zandtransport plaatsvindt moet onderzocht worden en ook de eventuele hinder hiervan. Mocht de hinder zo groot zijn dat het stuwen wordt bemoeilijkt, dan moeten er maatregelen worden genomen. Deze maatregelen kunnen bestaan uit het regelmatig verwijderen van de eventuele aanzandingen. Dat er moeilijkheden komen door het zandtransport is echter twijfelachtig, daar er bij de huidige stuwen ten aanzien hiervan ook geen speciale voorzieningen aanwezig zijn.



FIGUUR: 36.  
Schets aanzicht  
nieuwe stuw  
De Haandrik.

## LITERATUURLIJST.

- Wasserbau  
D. Vischer en A. Huber  
uitgever: Springer-Verlag, Berlin 1978.
- Verschlussarten beim Stahlwasserbau, Zweiter Teil  
C.F. Kollbrunner en S. Milosavljević  
uitgever: Leemann, Zurich 1967 en 1969.
- Versuchsanstalt für Wasserbau, Bericht nr. 37  
Prof. dr. ing. F. Hartung  
München/Obernach 1978.
- Die Konstruktive Durchbildung von Wehranlagen mit mechanischem Antrieb  
F.W. Peilert  
uitgever: V.E.B. Verlag Technik, Berlin 1955.
- Barrages mobiles et prises d'eau en rivières  
M. Bouvard  
uitgever: Eyrolles, Paris 1960.

