

NN31545.1193

NOTA 1193

mei 1980

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding  
Wageningen

**PRESTATIES VAN HYDRAULISCHE GRAAFMACHINES EN GRONDWERKERS**

**BIJ HET LEGGEN VAN DAMMEN MET PVC-DUIKERS**

(Resultaten 1980)

J.G. Beumer

**BIBLIOTHEEK  
STARINGGEBOUW**

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties. Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten. Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking.

15N 151 243.01

## I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING	1
2. WERKMETHODE	4
3. SCHEMA EN MODELLERING VAN HET FABRICAGEPROCES	7
3.1. Netwerk voor het maken van een dam met duiker	7
3.2. Model	9
4. METINGEN	11
4.1. Meetmethode	11
4.2. Gemeten handelingen	11
4.3. De resultaten van de metingen	12
4.4. Analyse van de meetresultaten	14
4.5. De grondwerker	18
5. FACTOREN	19
5.1. De a-factor	19
5.2. Vochtghalte in de dam	19
5.3. Dichtheid	20
6. UITVOERINGSNAUWKEURIGHEID	21
7. SAMENVATTING	22
8. LITERATUUR	23

## 1. INLEIDING

Om een schatting te kunnen maken van de kosten van het leggen van een toegangsdatum met PVC-duiker, is het nodig dat men beschikt over calculatienormen, die betrekking hebben, op de tijdsduur die de fabricage ervan inneemt. Naast materiaal- en materieelkosten is de tijdsduur de belangrijkste factor die de totale kosten van het object bepaalt.

Van de meeste cultuurtechnische werken zijn in het verleden de productienormen bepaald en in de loop van de jaren regelmatig bijgesteld. Door de verdergaande mechanisatie, ontwikkeling van machines en veranderde werkmethodes, raken de normen verouderd. In overleg met de Landinrichtingsdienst werd door het ICW een onderzoek gestart waarbij een aantal verouderde normen werden bijgesteld. Verder werden van enkele werken waarvan de normen nog niet bekend zijn, de productienormen bepaald. Onder de laatstgenoemde werken valt onder meer het leggen van dammen met PVC-duikers.

Het onderzoek naar de bepaling van calculatienormen voor het leggen van dammen met PVC-duikers, werd in januari 1980 gestart. De metingen zijn uitgevoerd in besteksgebied "Engwierum" van de ruilverkaveling Oost- en West-Dongeradeel (Fr.).

De functie van een dam met een duiker is tweeledig. Ten eerste vormt het een vaste verbinding naar een perceel, waarover landbouwverkeer mogelijk moet zijn. Een voldoende draagkracht is dus vereist. Ten tweede moet het kunstwerk doorgang verlenen aan het af te voeren oppervlaktewater. De duiker dient dus onder de waterspiegel en boven de slootbodem te liggen.

In het bestek zijn aan de dammen een aantal eisen gesteld ten aanzien van vorm en afmetingen.

- De breedte van de kruin van schouw- en toegangsdammen met duikers in grasland moet 4 meter bedragen. Komt de dam in bouwland, dan wordt de kruin-breedte 6 meter.
- Het talud van de dammen moet 1:1½ zijn. Bij schouwdammen geldt bovendien dat het talud glad en vlak moet aansluiten bij de aangrenzende waterloop en met andere woorden hetzelfde talud moet hebben. Aan deze eis moet ook de duikerbuis voldoen.
- Tijdens de bouw moet de grondwaterstand 0,20 meter onder de toekomstige duikerhoogte zijn. De duikerbuis moet 0,10 meter boven de slootbodem liggen.

Het leggen van een dam met een PVC-duiker, zoals afgebeeld in figuur 1, wordt uitgevoerd door een hydraulische graafmachine, bijgestaan door een grondwerker. De graafmachine is doorgaans uitgerust met een dwarsbak maar kan het werk ook met een profielbak uitvoeren. De grondwerker dient altijd een schop en een duimstok bij zich te hebben. Dat de grondwerker hier genoemd wordt, vindt zijn oorsprong in het feit dat hij bij nagenoeg het gehele productieproces aanwezig is.

In het onderzoek zijn twee hydraulische graafmachines op rupsen betrokken geweest, namelijk:

- een O & K RH9 met een dwarsbak van 1,15 m<sup>3</sup>
- en een Caterpillar 235 met een dwarsbak van 1,80 m<sup>3</sup>.

Bij het onderzoek is één schouwdam gemeten; de overige gemeten producties betroffen toegangsdammen in bouwland.

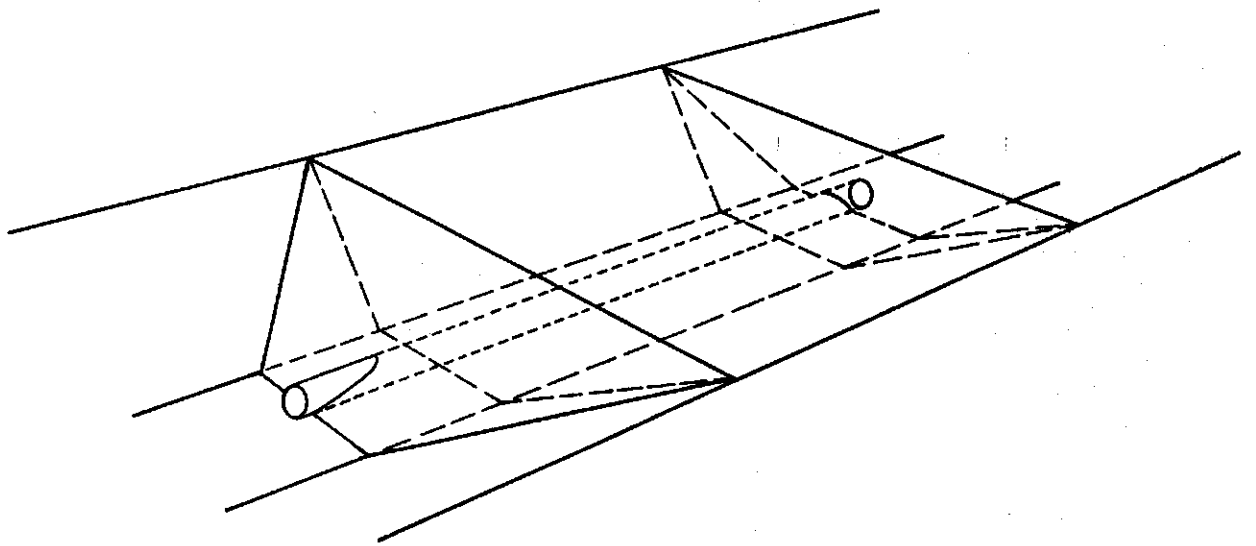


Fig. 1. Een dam met een duiker

## 2. WERKMETHODE

De manier waarop een dam met PVC-duiker gelegd wordt, is sterk afhankelijk van de plaats waar die komt: de situering van bestaande en/of toekomstige sloten c.q. dammen en de terreinomstandigheden. De volgende factoren zijn onder meer van toepassing.

- Komt de dam bij een kruising van sloten, dan kan dit tot gevolg hebben dat er drie in plaats van twee hulpdammen worden gemaakt, zoals aangegeven in figuur 2 en 3A of dat een van de hulpdammen een grotere lengte krijgt (zie figuur 3B). Hulpdammen fungeren als waterkering, om het werk in het droge te kunnen uitvoeren.

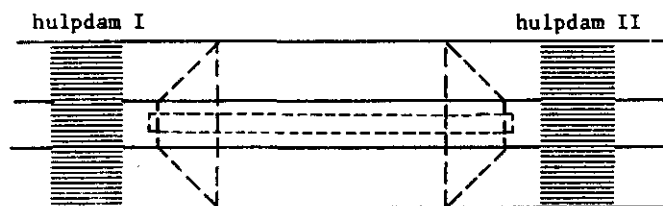


Fig. 2. Situering van de toekomstige dam met duiker en de twee hulpdammen

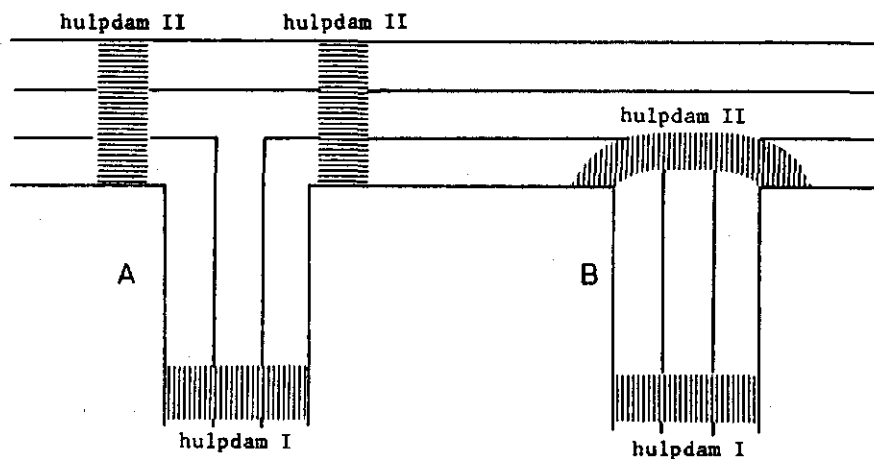


Fig. 3. Situering hulpdammen

- Licht er een oude dam op de plaats waar de nieuwe moet komen, dan wordt de eerste gedeeltelijk weggegraven. Het resterende deel fungeert dan als hulpdam.
- Indien geen stevige, eventueel doorwortelde, grond aanwezig is om de dam van te maken, moet de benodigde grond uit de wijdere omgeving onttrokken worden of vanuit depots worden aangevoerd. Soms wordt bagger vermengd met droge grond.
- Bij sloten die nog niet uitgegraven zijn en waarin de waterdiepte zeer gering is, worden geen hulpdammen gemaakt. Mondt de sloot uit in een andere waarin de waterdiepte groter is, dan wordt volstaan met één hulpdam.
- In sloten met geringe waterdiepte kan door het opdrijven van de bagger, waardoor tegelijkertijd het water meegenomen wordt, eveneens een hulpdam gevormd worden. Deze hulpdam wordt dus in één beweging gemaakt van de aanwezige bagger.

Het spreekt voor zich dat bij het leggen van een dam met duiker een bepaalde volgorde van handelingen aangehouden wordt. Tijdens de waarnemingen is echter gebleken dat niet elke handeling voor iedere dam noodzakelijk is. Bovendien kunnen sommige handelingen synchroon lopen doordat twee man, de machinist en de grondwerker, aanwezig zijn.

Het maken van de dam met duiker wordt gestart met het leggen van beide hulpdammen. Deze komen te liggen op een afstand die minstens gelijk is aan de lengte van de duikerbuis. Om de bouwput droog te maken wordt het water met de bak van de kraan uit-geschept. Om zoveel mogelijk water te verwijderen wordt de bijna droogliggende slootbodem iets dieper uitgegraven, waardoor het meeste van het overgebleven water daar naartoe stroomt.

Nu de bouwput droog ligt, kan het fundament gemaakt worden. Hierop wordt de duikerbuis geplaatst. De hoogte van het fundament wordt bepaald door in te zichten op de piketten. Na het zichten wordt het bestaande fundament op hoogte gebracht door grond weg te graven of toe te voegen.

De bouwput is nu gereed voor het bouwen van de dam. Alle handelingen die dienen voor het gereedmaken van de duikerbuis, zoals het verlengen ervan, moeten gedaan zijn. De duikerbuis wordt op het fun-

dament gelegd, waarna de dam wordt gebouwd. Wanneer dit nagenoeg gebeurd is, wordt hier en daar de grond wat geëgaliseerd en aangedrukt. Eventueel rijdt de kraan, ter versteviging van de dam, erover heen.

De beide hulpdammen worden weggehaald. Tijdens het weghalen van de hulpdammen maakt de grondwerker de openingen van de duiker vrij die eventueel verstopt zijn geraakt tijdens het bouwen van de dam.

Hierna behoort de dam afgewerkt te worden, hetgeen tijdens de periode waarin de waarnemingen gedaan worden, achterwege is gelaten.



### 3. SCHEMA EN MODELLERING VAN HET FABRICAGEPROCES

#### 3.1. Netwerk voor het maken van een dam met duiker

Om het fabricageproces schematisch weer te kunnen geven is een netwerk het meest geschikt. Hierbij worden de volgende activiteiten, zie hiervoor ook figuur 4, onderscheiden.

- De voorbereiding ① vormt het eerste onderdeel van het werkplan. De activiteit "voorbereiding" omvat het plaatsen van de zichtpiketten en de aanvoer van de machine, grondwerker en duikerbuis. Geen van de genoemde onderdelen is tijdens de waarnemingen gemeten.
- Het leggen van hulpdam I ② en hulpdam II ③ bestaat uit een opeenvolging van graafcycli. Per graafcyclus wordt de grond weggegraven en in de sloot gedeponereerd. De graafcyclus begint op het moment dat de bak van de kraan in de grond wordt gezet en eindigt op het punt dat die handeling herhaald wordt. De hulpdam wordt gemaakt van grond uit de insteek van de sloot en/of grond vanachter de kraan.
- Ook waterscheppen ④ en baggeren ⑤ zijn activiteiten die opgebouwd zijn uit graafcycli. Hier geldt ook hetzelfde principe ten aanzien van het begin en einde van de cyclus. Het verschil tussen baggeren en waterscheppen is vaak moeilijk aan te geven. Als tijdens het waterscheppen ook bagger in de bak komt, is dat niet te zien.
- Met grond uit de insteek van de sloot en/of grond achter de kraan wordt het fundament gelegd ⑥. De hoogte ervan wordt bepaald door te zichten op twee achter elkaar staande piketten ⑦. Op beide staat de diepte (in cm) aangegeven, die de onderkant van de duikerbuis moet hebben.
- Er kan op twee manieren worden gezicht, afhankelijk van de diepte van de sloot. Bij een diepte, meer dan ongeveer twee meter, gebeurt dat met een plank ter grootte van de maat die op de piketten staat aangegeven. De plank wordt door de grondwerker vastgehouden en "afgelezen" door de machinist of een derde (uitvoerder, opzichter). Bij een minder diepe sloot wordt gebruik gemaakt van de schop en

een duimstok. Boven op de schop, die één meter lang is, wordt de duimstok gehouden.

- Zo wordt de hoogte afgelezen en de dikte van de af te graven of aan te vullen laag grond bepaald, hetgeen hierna kan plaats vinden (8). Er vindt dan meestal enig overleg (9) plaats. Voordat de duikerbuis geplaatst kan worden, moet die daarvoor klaar zijn. Dat wil zeggen dat als een duikerbuis verlengd moet worden, van een andere buis een stuk afgezaagd is en met een mof aan de buis is bevestigd. Deze handeling valt onder de activiteit duikerbewerking (10).
- De duikerbuis kan nu op het fundament worden gelegd (11). Fungeert het gedeelte van een oude dam als hulpdam, dan wordt daarin een ronde holte gemaakt, waarin de duikerbuis wordt geplaatst. Met de bak wordt de buis door de hulpdam heen gedrukt. Zodra het water begint te stromen, wordt er grond op de buis gestort.
- Onder dam bouwen (12) wordt verstaan het maken van het damlichaam. Evenals enkele voorgaande activiteiten is ook deze opgebouwd uit een aantal graafcycli. Zover mogelijk wordt de benodigde grond onttrokken aan het maaiveld direct achter de kraan. Is die niet meer aanwezig, dan wordt de grond aangevoerd vanuit het maaiveld dat verder weg is gelegen of vanuit depots.
- Tijdens de bouw wordt de grond aangedrukt met de bak of wordt vastgereden (13). De bovenkant van de dam wordt meestal grofweg geëgaliseerd (14). Vaak zijn de duikeropeningen ondergestort, die door de grondwerker vrijgemaakt worden (15). Dit kan gebeuren terwijl de kraan de beide hulpdammen weghaalt (16) + (17). De vrijkomende grond wordt naast de sloot neergelegd.
- Nadat deze activiteiten voltooid zijn volgt de afwerking (18). Hieronder wordt verstaan het plaatsen van zoden, en eventueel hekwerk en de afvoer van machine en grondwerker. Van deze activiteiten zijn geen tijden gemeten.
- De meeste transporttijden zijn niet apart gemeten. Toch vormt het een aparte activiteit (19), die echter niet in het netwerkschema is opgenomen, omdat de plaats ervan door een grote onregelmatigheid niet duidelijk te bepalen was.

### Activiteiten

- |                                |                            |
|--------------------------------|----------------------------|
| 1 voorbereiding                | 10 duikerbewerking         |
| 2 hulpdam I leggen             | 11 duiker plaatsen         |
| 3 hulpdam II leggen            | 12 dam bouwen              |
| 4 waterscheppen                | 13 aandrukken/vastrijden   |
| 5 baggeren                     | 14 egaliseren              |
| 6 fundament leggen             | 15 duikeropening vrijmaken |
| 7 zichten                      | 16 hulpdam I weghalen      |
| 8 fundament aanvullen/afgraven | 17 hulpdam II weghalen     |
| 9 overleg                      | 18 afwerking               |

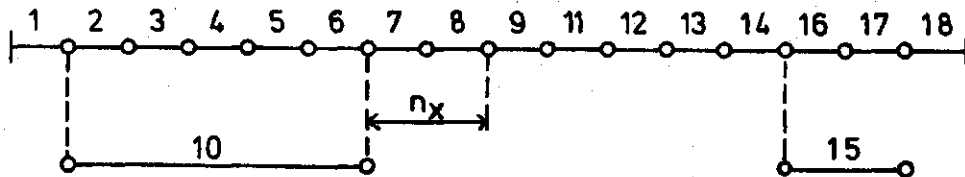


Fig. 4. Overzicht netwerkplanning

### 3.2. Model

Voor een aantal activiteiten is de tijdsduur bepaald door sloot- en bakafmetingen. Ook de resultaten van activiteiten kunnen onderling in relatie tot elkaar staan.

Van de genoemde activiteiten bestaan er een aantal, zoals het leggen van de hulpdammen, baggeren, waterscheppen, enz. uit een veelvoud van cycli. De totale tijd van dit soort activiteiten wordt bepaald door de gemiddelde cyclustijd en het aantal maten dat de cyclus zich herhaalt. Het aantal cycli is afhankelijk van de hoeveelheid grond of in dit geval ook water, die in totaal verzet wordt, in relatie met de hoeveelheid per cyclus.

$$n = \frac{V}{B_v \cdot B_i \cdot a} \quad (1)$$

$$T = n \cdot \bar{t} \quad (2)$$

Substitutie van (1) en (2) geeft

$$T = \frac{V}{B_v^- \cdot B_i^- \cdot a} \cdot \bar{t} \quad (3)$$

Hierin is: n : aantal cycli

V : gemeten volume grond c.q. water  $(m^3)$

$B_v^-$  : gemiddelde bakvullingsgraad

$B_i^-$  : bakinhoud  $(m^3)$

$\bar{t}$  : cyclustijd  $(10^{-2} \text{ min})$

T : totale tijd van activiteit  $(10^{-2} \text{ min})$

a : verhouding geschatte en gemeten hoeveelheid grondverzet

Het volume, genoemd als factor van de totale tijdsduur, is afhankelijk van slootprofiel of natte doorsnede.

$$V = f(A_{sl}, A_n) \quad (m^3) \quad (4)$$

Verreweg het grootste deel van de door de kraan te verrichten hoeveelheid werk is hiermee beschreven. De nog niet beschreven activiteiten, zoals transport, egaliseren en aandrukken of vastrijden zijn in een zodanige willekeur in het gebeuren van 'het maken van een dam' aanwezig, dat zij slechts bij zeer gedetailleerde waarnemingen in een model te brengen zijn.

Feitelijk geldt hetzelfde voor de handeling, die de grondwerker verricht. Zijn aandeel betreft zichten, duiker plaatsen, duikerbewerking en duiker opening vrijmaken. De noodzaak en tijdsduur ervan zijn afhankelijk van merendeels toevallige omstandigheden voor of tijdens het maken van de dam.

## 4. METINGEN

### 4.1. Meetmethode

Het doel van het onderzoek is te komen tot een productienorm, met andere woorden de tijd nodig om een dam te maken. Deze is te bepalen door de tijdsduur van een aantal dammen in zijn geheel op te nemen. Daarbij worden de diverse onderdelen zo gedetailleerd mogelijk opgenomen. Tijdens de tijdmeting wordt ook de bakvullingsgraad per graafcyclus geschat. Als som van de produkten van bakvullingsgraden en bakvulling per onderdeel kan de hoeveelheid grondverzet worden geschat en de relatie met de werkelijke hoeveelheid worden bepaald.

Bij de schatting van de bakvullingsgraad, zoals wel meer bij dit soort werken wordt gebruikt, is een schaal gehanteerd die gaat van 0 tot 1,5 (HORST, 1979). Een lege bak heeft een bakvullingsgraad van 0, een afgestroken bak van 1, en een bak met een kop erop maximaal 1,5. Door het opnemen van de maten van dam en slootprofiel kan het volume berekend worden. Daarnaast worden nog andere maten opgenomen die relevant zijn voor het maken van de dam, zoals de waterspiegel (hulpdam) en vaste punten bij de dam om de eventuele verzakkingen op te kunnen meten.

### 4.2. Gemeten handelingen

Bij het maken en weghalen van de hulpdammen werden gemeten: de tijd en bakvullingsgraad per cyclus, de transporttijd en de tijd voor diversen. Onder dit laatste punt kunnen worden gebracht de tijd nodig voor zaken als het weghalen van palen of betonnen stenen, pauze, etc.

Voor het gereed maken van de bouwput werden opgenomen: de tijd per cyclus van waterscheppen en baggeren en de tijd voor transport.

Van de activiteit zichten werd de tijd daarvoor nodig opgemeten en van het leggen van het fundament de tijd per graafcyclus en de bakvullingsgraad per cyclus.

Ook bij het bouwen van de dam werden cyclustijden, bakvullingsgraden en transporttijden gemeten, waarbij onder diversen de tijden voor handelingen door de grondwerker, egalisatie, aandrukken en vastrijden kwamen.

Omdat de aandacht tijdens de meting voornamelijk gericht was op de beweging van de graafmachine, moet onder de tijden die de grondwerker maakt, verstaan worden, de tijden dat de kraan niet beweegt om de grondwerker de gelegenheid te geven zijn werk te doen.

#### 4.3. De resultaten van de metingen

De waarde die verkregen zijn uit de tijdwaarnemingen staan gegeven in tabel 1. Wat opvalt is, dat alle negentien onderscheiden activiteiten niet bij iedere waarneming voorkomen. Slechts acht activiteiten doen dat wel.

De oorzaak van het ontbreken van activiteiten moet gezocht worden in de terreinomstandigheden en bouwmethoden. Zo blijkt dat hulpdam II vaak in de dam wordt verwerkt en dus niet wordt weggehaald; er wordt niet gezicht als er geen piketten staan; enzovoort.

Waarden die verkregen zijn uit de hoogte- en lengte-metingen staan vermeld in tabel 2.

Tabel 2. Kengetallen

Dam	$A_{s1}$	$A_n$	$V_D$	$V_D'$	$V_H$	$n_H$	$V_{HW}$	$n_{HW}$	$n_D$
I	6,97	0,72	42,44	56,06	4,14	3	4,83	4	28
II	4,40	1,25	24,20	33,20	4,1	3	5,10	4	20
III	4,24	0,13	50,60	44,31	1,3	1	5,4	4	36
IV	2,87	0,35	22,20	17,75	1,4	1	2,65	2	17
V	4,99	1,46	30,24	28,81	1,8	3	-	-	18
VI	7,70	1,56	58,86	66,12	5,04	4	7,2	4	31

Hierin is:  $A_{s1}$  : slootprofiel ( $m^2$ )       $n_H$  : aantal cycli bij leggen hulpdam  
 $A_n$  : natte doorsnede ( $m^2$ )  
 $V_D$  : geschatte daminhoud ( $m^3$ )       $n_{HW}$  : aantal cycli bij weggraven hulpdam  
 $V_D'$  : gemeten daminhoud ( $m^3$ )  
 $V_H$  : geschatte hulpdaminhoud bij leggen ( $m^3$ )  
 $V_{HW}$  : geschatte hulpdaminhoud bij weggraven ( $m^3$ )  
 $n_D$  : aantal cycli bij leggen dam

Tabel I. Meetresultaten

	Voor-berijding		Leggen		Voor-scheppen		Baggeren		Fundament leggen		Zicheren aanwiltm/afgraven		Ovotieg bewerking		Duiker plaatsen		Dun bouwen		Aandrukken/vastrijden		Egaliseren		Duiker opening vrijmaken		Bulpdam I vullen		Bulpdam II vullen		Afwerking		Transport						
	Leggen I	Leggen II	Leggen I	Leggen II	Voor-scheppen	Baggeren	Fundament leggen	Zicheren aanwiltm/afgraven	Ovotieg bewerking	Duiker plaatsen	Dun bouwen	Aandrukken/vastrijden	Egaliseren	Duiker opening vrijmaken	Bulpdam I vullen	Bulpdam II vullen	Afwerking	Transport																			
<b>Dem I</b>	1,03	0,61	3,66	2,07	2,07	0,30	0,34	0,46	0,79	3,84	6,80	1,50	1,50	3,70	3,70	0,80																					
	0,34	0,31	0,20	0,30	0,30	0,30					0,24																										
	2	2	16	16	16	16					28																										
	4,14	2,25	2,175	2,88	2,88	2,88					42,44																										
<b>Dem II</b>	0,86	3,02	3,02	1,62	1,62	1,62			1,05	0,66	4,98	1,44	1,44	2,18	2,18	1,01																					
	0,29	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23					0,25																										
	1,2	13	13	5	5	5					1,05																										
	4,1			4,5	4,5	4,5					24,2																										
<b>Dem III</b>	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56			2,53	0,46	10,48	0,80	0,80	1,11	1,11	0,66																					
	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1					0,28																										
	1,3			36,29	36,29	36,29					50,6																										
	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41					1,222																										
<b>Dem IV</b>	0,75	0,41	0,41	0,47	0,47	0,47				1,89	4,73	1,13	1,13	4,73	4,73	2,59																					
	0,41	0,41	0,41	0,38	0,38	0,38				5	17																										
	1,2	1,2	1,2	1,24	1,24	1,24				7,13	22,2																										
	1,4			16	16	16					18																										
<b>Dem V</b>	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25			0,11	1,52	4,67	0,54	0,54	1,15	1,15	0,89																					
	0,33	0,33	0,33	0,28	0,28	0,28					0,26																										
	1,8			16,92	16,92	16,92					18																										
<b>Dem VI</b>	0,84	1,99	1,99	4,66	4,66	4,66				2,31	10,18	0,91	0,91	4,66	4,66	4,00																					
	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21				6	31																										
	4	7	7	22	22	22					0,33																										
	0,1	0,93	0,93	0,74	0,74	0,74					1,05																										
	5,04	11,7	12,08	18,38	18,38	18,38					54,86																										

\* tijden in min, bewerking of bewaillingstijd, grondverzet in m<sup>3</sup>

#### 4.4. Analyse van de meetresultaten

Zoals gezegd staan de meeste handelingen niet op zichzelf, maar is er een zekere afhankelijkheid van constanten aanwezig. Die constanten zijn het gevolg van terreinomstandigheden, produkten uit de tot dan toe verrichtte werkzaamheden of de bouwwijze. De gevonden relaties moeten passen in de netwerk-planning. Zo zal iedere situatie ingevuld kunnen worden en de benodigde tijdsduur bepaald.

Een vast gegeven bij cyclische handelingen is, dat de gemiddelde cyclustijd en het aantal cycli de tijdsduur van die handeling bepalen. De gemiddelde cyclustijd is een berekende waarde; het aantal cycli is afhankelijk van tal van factoren.

De hulpdam functioneert als kering van slootwater. De afmetingen zijn afhankelijk van de hoeveelheid water dat gekeerd moet worden, bepaald door slootprofiel en waterdiepte. De correlatie tussen aantal cycli en natte doorsnede leidt tot:

$$n_H = 2,10 \times A_N + 0,68 \quad (r = 0,93) \quad (5)$$

$$T_H = n_H \cdot \bar{t}_H \quad (6)$$

Voor baggeren en fundament leggen geldt dat het aantal cycli in relatie staat met de hoeveelheid grondverzet. Voor beide activiteiten kon die hoeveelheid echter niet gemeten worden. De tijdsduur wordt bepaald door de gemiddelde cyclustijd en gemiddeld aantal cycli.

Bij het bouwen van de dam komt het verschil in graafmachine tot uiting. Hoewel dit te verwachten was, kwam dit nog niet eerder naar voren, ondermeer het gevolg van het geringe aantal waarnemingen.

Wat betreft het aantal cycli geldt de algemene formule:

$$n = \frac{V}{B_v \cdot B_i \cdot a} \quad (3)$$

Nu blijkt dat de gemiddelde bakvulling per machine verschilt, als gevolg van de verschillende bakinhoud. Bij invoering van gegevens blijkt te gelden:

$$\text{voor de O \& K} \quad n_D = 0,736 V_D' - 0,001 \quad r = 0,999 \quad (7)$$



$$\text{voor de Caterpillar } n_D = 0,571 V_D^1 - 0,0006 \quad r = 0,999 \quad (8)$$

Het volume ( $V_D^1$ ) van de dam is te bepalen uit:

$$V_D^1 = 3/4 \times (L \times H \times B_2) + 1/3 \times (A_{s1} + B_2 \times H) \times (16 + 2L) + (A_{s1} \times B_1) \quad (9)$$

Daarin is: L : verschil van kruin en bodembreedte : 2

H : hoogte van de dam

$B_1$  : kruinbreedte

$B_2$  : bodembreedte van de sloot

$A_{s1}$  : oppervlak van dwarsprofiel

De maten staan weergegeven in figuur 5.

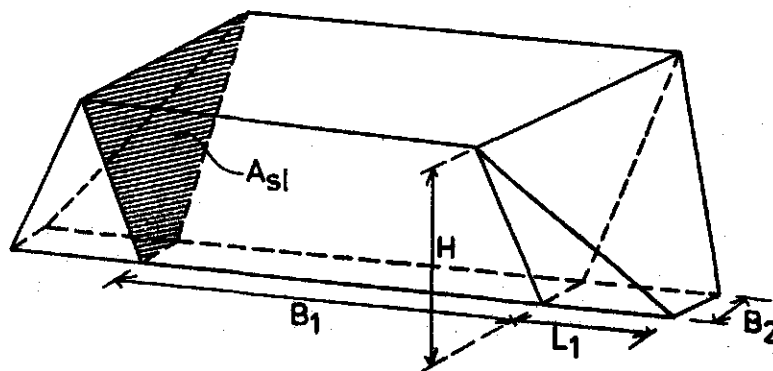


Fig. 5. Constanten bij daminhoudsberekening

Nadat de dam gebouwd is worden de hulpdammen weggehaald. De weggehaalde hoeveelheid ( $V_{HW}$ ) staat in verband met de hoeveelheid die aan het begin is neergelegd ( $V_H$ ).

$$V_{HW} = 1,118 V_H + 0,843$$

$$r = 0,946$$

$$n_{HW} = \frac{V_{HW}}{B_v^- \cdot B_i}$$

Na substitutie van (3) en (5) volgt:

$$n_{HW} = \frac{1,118 \times ((2,1 \times A_n + 0,68) \times B_{VH}^- \cdot B_i) + 0,843}{B_{v,HW}^- \cdot B_i}$$

$$T_{HW} = n_{HW} \cdot \bar{t}_{HW}$$

Een overzicht van model en netwerk-planning staan gegeven in tabel 3.

Zoals al eerder gesteld, komen acht van de negentien activiteiten het meest frequent voor. De tijdsduur van deze acht kunnen worden opgevat als de gemiddelde basistijd voor het maken van een dam. De activiteiten die het meest voorkomen en hun tijdsduur staan vermeld in tabel 4.

Tabel 4. Tijdsduur van de meest voorkomende activiteiten (min)

Het leggen van hulpdam I	0,74
Het leggen van hulpdam II	1,30
Baggeren	1,71
Duiker plaatsen	1,76
Dam bouwen	7,00
Egaliseren	1,08
Het weghalen van hulpdam II	1,81
Transport	0,99
<b>Totaal</b>	<b>16,39</b>

De overige handelingen duren in totaal gemiddeld 5,48 minuten, zodat de tootaaltijd komt op gemiddeld 22 minuten.

Tabel 3. Berekende tijden (min)

Activiteit	Model	Tijd (machine)	Tijd (grondwerker)
1. Voorbereiding			
2. Leggen hulpdam I	$T_{HI} = (2,1 \times A_N + 0,68) \times \bar{t}_{HI}$	0,89	
3. Leggen hulpdam II	$T_{HII} = (2,1 \times A_N + 0,68) \times \bar{t}_{HII}$	0,89	
4. Waterscheppen		1,65	
5. Baggeren		1,71	
6. Fundament leggen		1,96	
7. Zichten			0,55
8. Fundament aanvullen/afgraven		1,15	
9. Overleg		1,12	1,12
10. Duikerbewerking			2,96
11. Duiker plaatsen			
12. Dam bouwen	$T_D = (0,736 \times V_D' - 0,001) \times \bar{t}_D$ $T_D = (0,571 \times V_D' - 0,0006) \times t_D$	6,84	
13. Aandrukken/vastrijden		8,00	
14. Egaliseren		0,91	
15. Duikeropening vrijmaken		1,08	
16. Hulpdam I weghalen	$(1,118 \times (2,1 \times A_N + 0,68) \times B_{v,H} \times B_{i,+0,843}) \times \bar{t}_{HW}$	1,82	6,35
17. Hulpdam II weghalen	$B_{v,H} \times B_i$ idem	1,82	
18. Afwerking			
19. Transport		0,99	
Totaal		25,74 / 26,90	10,98

#### 4.5. D e g r o n d w e r k e r

Traditioneel is de grondwerker aanwezig bij het maken van de dam. In het proces is hij bij de volgende activiteiten betrokken: duikerbewerking, duiker plaatsen, zichten en duiker opening vrijmaken.

De vraag is nu wat de invloed op de totaaltijd is, als de grondwerker niet aanwezig zou zijn en de machinist zijn taken zou overnemen.

De eerstgenoemde taak, het aanvoeren van de duikerbuis, zal in dit kader wel nooit een taak voor de machinist worden. Het onderwerp "overleg" zal vervallen, maar de anderen zullen nu volledig voor rekening van de machinist komen. Handelingen kunnen niet meer geheel of gedeeltelijk synchroon gaan.

De handelingen die de grondwerker verrichtte, exclusief overleg, namen 9,86 minuten in beslag. Er vanuit gaande dat de machinist er dezelfde tijd voor nodig heeft, plus de tijd om van de machine te komen en uiteindelijk er weer in (geschat op totaal 1-1½ minuut), resulteert in een verlenging van de totaal-tijd met ± 11 minuten. In percentages gerekend is dat 40-50%.

De machinist zal proberen zo weinig mogelijk uit zijn machine te komen en het zoeken naar de duiker (6.35 minuut) met de machine te doen, hetgeen beduidend minder tijd kost (0,91 minuut). De hoeveelheid extra tijd is nu terug gebracht tot ± 5½ minuut. In percentages blijft nu een toename van de totaal-tijd met 20-25%.

Gezien de aard van het werk is het een aanvaardbare verlenging. Soms echter is de aanwezigheid van een tweede man noodzakelijk, bijvoorbeeld bij het zichten in sloten die dieper dan 2 m zijn, of raadzaam (in verband met de veiligheid). Als de dam afgewerkt wordt, meest met stapelzoden, hetgeen niet gebeurt is tijdens de meetperiode, dan is de grondwerker weer onontbeerlijk.

## 5. FACTOREN

### 5.1. De "a" - factor

Bij de modellen is een a-factor onderscheiden. Deze factor geeft aan de verhouding tussen de geschatte en gemeten inhoud van de dam. In tabel 5 zijn ze weergegeven. Het probleem is dat zowel de schatting als de meting onnauwkeurig kunnen zijn; de eerste bijvoorbeeld veroorzaakt door een onoverzichtelijke standplaats tijdens de meting waardoor de bakvullingsgraad niet goed gescht kan worden, en de tweede door een verschil in werkelijke en gemeten hoogte als gevolg van een dieper uitgegraven slootbodem. waarvan de hoeveelheid extra uitgegraven grond onbekend is.

Tabel 5. De verhoudingsfactor "a"

Dam	Geschatte inhoud $V_D \text{ m}^3$	Gemeten inhoud $V_D' \text{ m}^3$	a - factor $V_D/V_D'$
I	42,44	45,06	0,94
II	24,20	33,20	0,72
III	50,60	44,31	1,14
IV	22,20	17,75	1,25
V	30,24	28,81	1,05
VI	58,86	66,12	0,89

} gemiddelde  
0,998

### 5.2. Vochtgehalte in de dam

Door enkele grondwerkers werd beweerd dat een dam gemaakt van natte grond nooit droog wordt. De proef op de som werd genomen door in een dam monsters op verschillende diepte te nemen. Een maand later werden in dezelfde dam weer monsters genomen. De resultaten zijn gegeven in tabel 6. Conclusie is dat het vochtgehalte in de bovenste lagen afneemt terwijl dat van de diepere lagen vooralsnog toeneemt. Water vanuit de toplaag verdampt gedeeltelijk en voor het overige zakt het naar de onderliggende lagen. De stelling kan nog niet weer-

legd worden, de meet(stage)periode was daarvoor te kort.

### 5.3. D i c h t h e i d

Aan dezelfde monsters werd ook de dichtheid bepaald. Tijdens de waarnemingen viel op dat er vrij weinig aandacht werd besteed aan het aandrukken en vastrijden. De resultaten staan in tabel 6. Door uitdroging van de bovenste lagen lijkt hun dichtheid groter geworden en door de toename van het vochtgehalte in de onderliggende lagen lijkt de dichtheid lager geworden.

Tabel 6. Vochtgehalte en dichtheid

Diepte (cm)	Vochtgehalte (%)		Dichtheid (gr/cm <sup>3</sup> )	
	Eerste meting	Tweede meting	Eerste meting	Tweede meting
10	54,30	39,86	1,1072	1,5105
20	51,29	41,80	1,1134	1,4235
30	37,85	39,95	1,5555	1,3800
40	36,47	42,70	1,4950	1,3905
Bouwvoor				
10	-	40,45	-	1,4850
20	-	36,85	-	1,5855

## 6. UITVOERINGSNAUWKEURIGHEID

De toegangsdam met duiker moet voldoen aan de eisen die in het bestek gesteld zijn. Dat impliceert ook dat er bij de werkwijze rekening mee gehouden wordt.

De hoogte van de duiker ten opzichte van de slootbodem is zo nauwkeurig mogelijk als dat kon in het terrein bepaald. Het kwam echter voor dat er geen piketten stonden of deze per ongeluk door de kraan werden stuk gereden zodat zichten onmogelijk was. De duikerbuis kwam op de slootbodem te liggen. In het uiterste geval werd dan niet gebaggerd, zodat verzakkingen in de hand worden gewerkt. Ook ten aanzien van de drooglegging werd soms gezondigd tegen het bestek. Door de weersomstandigheden kon soms niet gewerkt worden met droge grond. Afwerking met zoden gebeurde in geen enkel geval.

De oorzaak van dit negeren van bestekseisen kan voor een deel verklaard worden door de periode waarin gemeten werd. Dit waren namelijk de eerste drie maanden van het jaar. Vaak worden na die tijd de zware machines gebruikt om het grondwerk op de percelen te verrichten. Door het transport over de dammen hebben deze het zwaar te verduren. Opnieuw afwerken met grond aanvullen is dan noodzakelijk. Daarom worden de dammen niet met de grootste nauwkeurigheid gelegd. De dammen dienen er alleen voor de boer toegang te verlenen tot zijn perceel (bestekseis) en om de waterhuishouding te kunnen laten functioneren.

## 7. SAMENVATTING

Om de kosten te berekenen van het maken van dammen met PVC-duikers is het nodig een inzicht te hebben in de benodigde tijdsduur per dam. Tevens is het van belang te weten factoren bij de productie een rol spelen en hoe die factoren onderling met elkaar in relatie staan.

De metingen, waarbij deze factoren werden achterhaald, werden gedaan in besteksgebied "Engwierum" van de ruilverkaveling "Oost- en West Dongeradeel". In het onderzoek zijn slechts twee hydraulische graafmachines op rupsen betrokken geweest, uitgerust met dwarsbakken van 1,15 en 1,8 m<sup>3</sup>.

De werkwijze is een opeenvolging van een aantal activiteiten, die per activiteit uit een aantal cycli kan bestaan. In het kort komt de bouwwijze hierop neer dat aan weerszijden van de toekomstige dam twee hulpdammen worden gelegd, die het water moeten keren. Om de bouwput verder gereed te maken wordt het water er met de bak uitgeschept en de bagger verwijderd. Met droge grond wordt een fundament gemaakt waar, nadat de hoogte is bepaald, de duiker op komt te liggen. Hierna wordt de dam gebouwd. De hulpdammen kunnen dan verwijderd worden en de dam verder afgewerkt.

De bouwwijze wordt gekenmerkt door een achttal basis-activiteiten die nagenoeg altijd voorkomen. De overige van de in totaal negentien onderscheiden activiteiten komen afhankelijk van weers- en terreinomstandigheden in mindere of meerdere mate voor. De totaal tijd voor het maken van een dam met PVC-duiker is gemiddeld 21,87 minuten, waarvan de basis-activiteiten er 16,39 in beslag nemen. De berekende totaal tijd is 25,74 minuten voor de O & K en 26,9 voor de Caterpillar.

Gezien de korte periode waarin gemeten is en het geringe aantal waarnemingen, kunnen de gegeven resultaten niet als maatgevend worden bestempeld.



## 8. LITERATUUR

- GILST, W.J. van, 1963. Machines op Cultuurtechnische Werken in Nederland. ILR 75 (ILRI is het huidige IMAG).
- KON. NED. HEIDE MAATSCHAPPIJ, 1963. Calculatie Vademecum.
- HORST, G.H., 1979. Prestaties van hydraulische graafmachines bij het graven van sloten en leidingen. ICW-nota 1136.

