

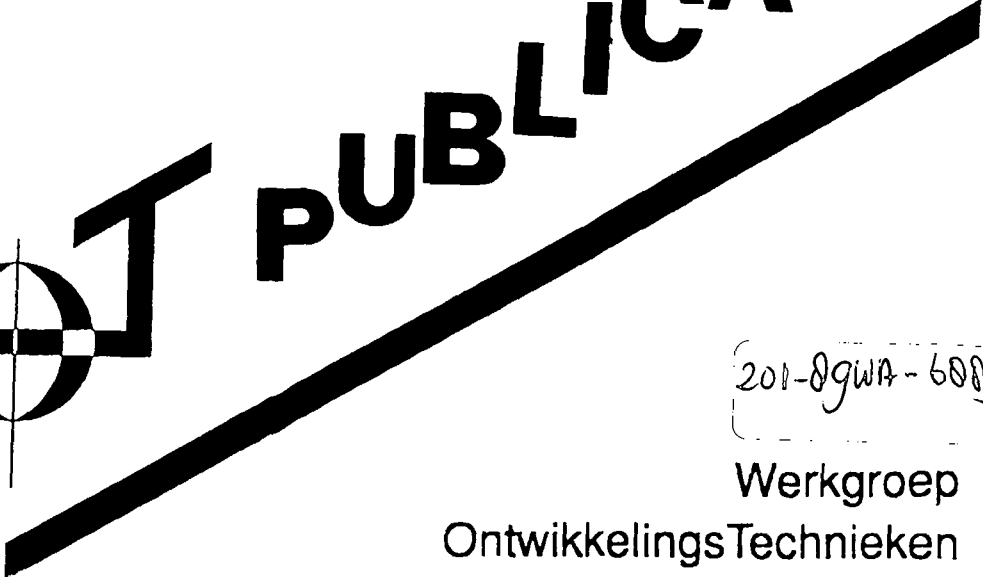


**WATERVOORZIENING VOOR
DE DERDE WERELD**



DOOR: FRANS BRUGHUIS

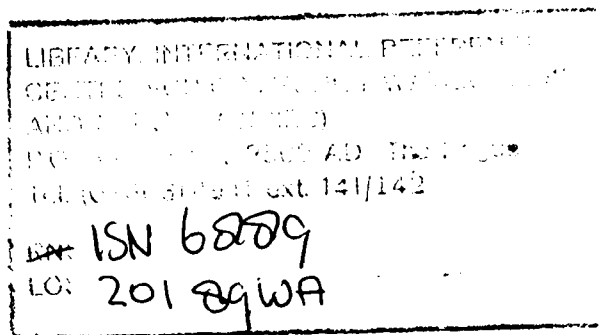
WOT PUBLICATIE



201-89WA-6089

**Werkgroep
OntwikkelingsTechnieken**

WATERVOORZIENING VOOR DE DERDE WERELD



door: Frans Brughuis

juni 1989

VOORWOORD

Deze publicatie is bedoeld als een introductie in de technologie van de watervoorziening. Ze geeft informatie over de verschillende aspecten van de watervoorziening, o.a. de waterbehoefte, de winning, de pompen, de reservoirs, het transport en de zuivering. Wat van belang is voor de watervoorziening in de westerse wereld is vaak anders dan voor de watervoorziening in ontwikkelingslanden. In de westerse landen heeft men te maken met een grote waterbehoefte en soms sterk verontreinigde waterbronnen. Dergelijke aspecten vragen om geavanceerde technieken. In ontwikkelingslanden zijn dergelijke technieken niet geschikt. In deze landen is het beter de watervoorziening zo eenvoudig mogelijk te houden zodat er geen hoge eisen aan bediening en onderhoud gesteld hoeven te worden. De kans op uitval vanwege defecten blijft dan beperkt.

Veel informatie heb ik kunnen halen uit de publicaties van prof.ir.L.Huisman, 'Drinkwatervoorziening I en II'. Voor degenen die zich verder in dit onderwerp willen verdiepen, zijn deze publicaties aan te raden.

Frans Brughuis

Enschede, 21 juni 1989.

Wergroep Ontwikkelingstechnieken
Universiteit Twente,
Postbus 217, 7500AE Enschede
Nederland

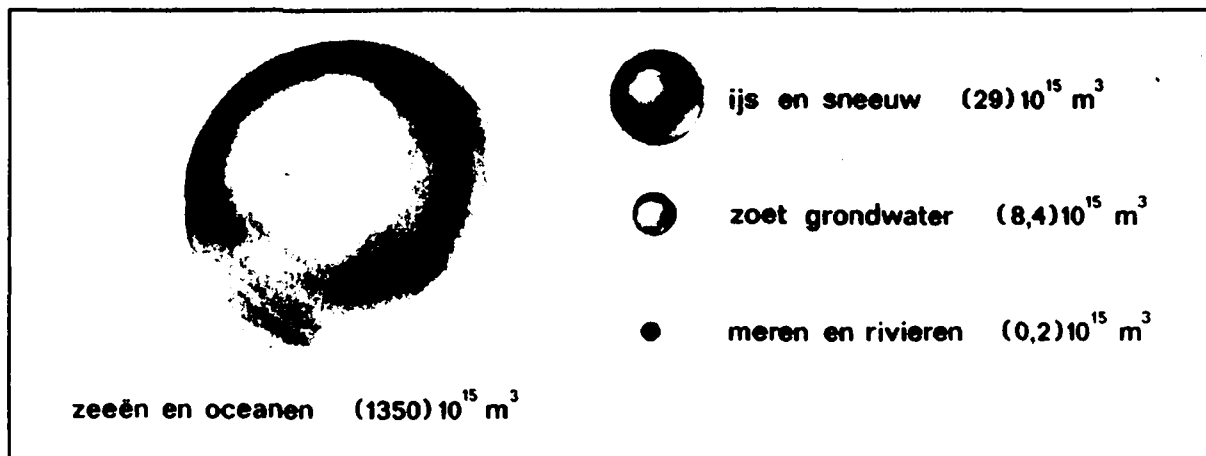
INHOUDSOPGAVE

	pag. nr.
1. Inleiding	4
2. Waterbehoefte	5
3. Waterwinning	6
a. De bron	6
b. Natuurlijke grondwaterwinning	7
c. Kunstmatige grondwaterwinning	8
d. Constructie van gegraven putten	9
e. Constructie van boorgaten	10
f. Winning van oppervlaktewater	13
4. Wateropvoer en pompen	14
a. Opvoermiddelen	14
1. Door mankracht aangedreven	16
2. Door dierkracht aangedreven	19
3. Windpompen	19
4. De waterram	21
5. Aangedreven door electro- en verbrandingsmotoren	23
6. Zonnepompen	24
b. Keuze van de pomptype en zijn capaciteit	27
5. Wateropslag en transport	31
a. Capaciteit	31
b. Inrichting van reservoirs	32
c. Leidingen	35
d. Buismaterialen en -verbindingen	36
6. Waterzuivering	38
a. Doel	38
b. Methoden	38
1. Aeratie	38
2. Precipitatie	39
3. Coagulatie en flocculatie	39
4. Roosters en zeven	39

5. Filtratie	40
6. Desinfectie	42
7. Ontzouting	42
c. Zuiveringssystemen	44
Literatuurlijst	47
Adressen	48
WOT-informatie	49

HOOFDSTUK 1. INLEIDING

Water is onmisbaar voor mens, dier en plant. Een mens kan tot 3 weken zonder vast voedsel en maar 3 tot 5 dagen zonder water. Het menselijk lichaam bestaat voor 60% uit water. In Nederland heeft men zo'n 2,5 liter water per dag nodig, in de woestijn is dit 10 tot 16 liter. Ook in de landbouw is water onmisbaar, hetzij in de vorm van regen, hetzij door irrigatie. Gelukkig is er op aarde veel water, maar het grootste deel is zout, zie figuur 1.1.



figuur 1.1: water op aarde

Het water wat voor consumptie geschikt is, moet 'zoet' zijn (laag zout gehalte tot 900 mg/liter is nog aanvaardbaar) én schoon. Maar een klein deel van de totale hoeveelheid water op aarde voldoet aan deze eisen. Bijvoorbeeld bij de overstromingen in Bangladesh is er een teveel aan water, maar tegelijk een tekort aan drinkbaar water.

HOOFDSTUK 2. WATERBEHOEFTE

In principe moet de drinkwatervoorziening onder alle omstandigheden aan de vraag naar water kunnen voldoen. In ons land wordt aan deze eis voldaan met een minieme kans op falen (voor grote steden 1 maal in de 50 of 100 jaar en op het platteland 1 maal in de 10 of 20 jaar). In veel ontwikkelingslanden is de watervoorziening verre van ideaal, met name op het platteland en in de arme woonwijken van de grote steden.

In 1980 was het gemiddelde waterverbruik in Nederland 205 l/h,d (liter per hoofd per dag). Dit kan worden onderverdeeld in:

Huishoudelijk verbruik:	115 l/h,d
Industrieel verbruik:	70 l/h,d
Lekverliezen:	20 l/h,d

In veel ontwikkelingslanden is het gemiddelde waterverbruik erg afhankelijk van de wijze waarop de mensen van water voorzien worden:

Waterleidingsnet met openbare tappunten:	15-25 l/h,d
Waterleidingsnet met erfaansluitingen:	60-80 l/h,d
(= een enkele kraan op het erf)	
Waterleidingsnet met huisaansluitingen:	200-300 l/h,d
Openbare handpompen:	10-40 l/h,d

Duidelijk is dus dat een grote toename van het verbruik ontstaat bij het gebruik van huisaansluitingen en enige mate ook bij het gebruik van erfaansluitingen. Voor ontwikkelingslanden is een dergelijke waterleidingsnet in de rurale drinkwatervoorziening voor alsnog niet aan te bevelen.

De waterbehoefte voor het irrigeren van landbouwgronden hangt af van de mate van regenval en verdamping en van het soort gewas. Het is daardoor moeilijk te bepalen hoe groot de behoefte is. (zie lit. 4)

HOOFDSTUK 3. WATERWINNING

3a. De bron

Welke soorten bronnen mogelijk zijn, blijkt uit figuur 1.1. nl. de zeeën en oceanen, ijs en sneeuw, zoet grondwater en tenslotte meren en rivieren. Een vijfde mogelijkheid als bron is de regen, onmisbaar voor landbouw en ook voor drinkwater te gebruiken.

De grootste bron, de zeeën en oceanen, is helaas een zoutwaterbron. Alleen door ontzouting is het water te gebruiken, zie paragraaf 6.b.7. IJs en sneeuw komen weinig voor in ontwikkelingslanden, dus laten we deze mogelijkheid weg. Blijft over: zoet grondwater, zoet oppervlaktewater (meren en rivieren) en regen.

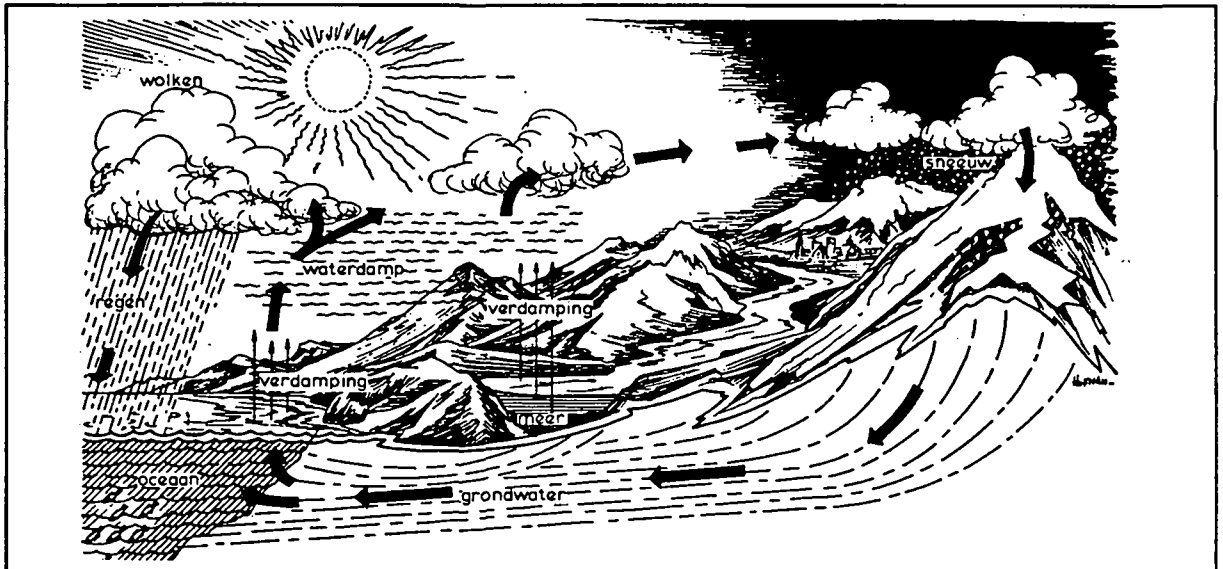
Het voordeel van grondwater is dat het op vele plaatsen gewonnen kan worden, waardoor lange transportleidingen overbodig zijn. Het is hygiënisch betrouwbaar en heeft een constante fysische en chemische samenstelling. Het kan daardoor vaak zonder zuivering gebruikt worden.

Oppervlaktewater is in grote mate beschikbaar, maar moet soms over lange afstanden worden getransporteerd. Meestal is er een intensieve zuivering nodig en wisselt de fysische en chemische kwaliteit sterk. In ontwikkelingslanden wordt oppervlaktewater nog vaak gebruikt als drinkwater zonder het eerst te zuiveren. Vooral in dichtbevolkte gebieden kan dit allerlei epidemieën veroorzaken, bijv. de cholera.

Vooral in de landbouw wordt de regen gebruikt als "de bron". In de tropen wordt in de regentijd de gewassen geplant en geoogst. Wil men ook in de droge tijd verbouwen, dan zal men de gewassen d.m.v. irrigatie van water moeten voorzien. Regen wordt ook wel voor drinkwater gebruikt. Het wordt opgevangen, meestal op daken van huizen, en via goten naar een voorraadbassin gebracht. (zie lit. 5)

3b. Natuurlijke grondwaterwinning

Volgens de hydrologische kringloop, zie fig. 3.1, stroomt het grondwater af door de bodem op weg naar de zee.

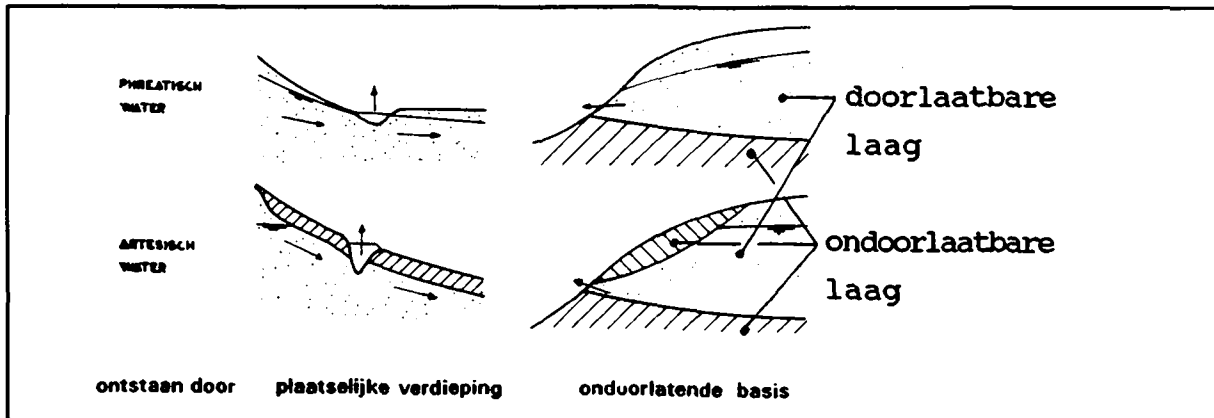


figuur 3.1: de hydrologische kringloop

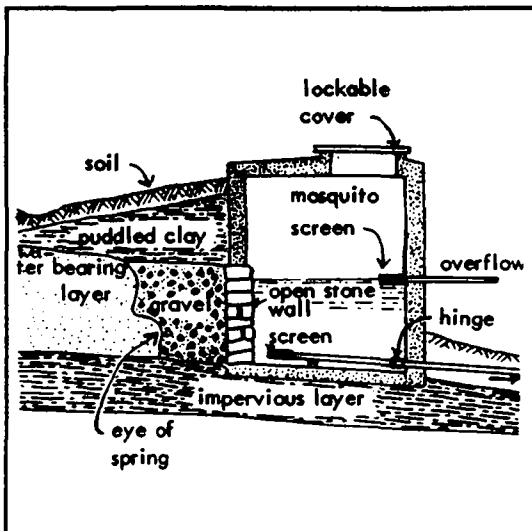
Vroeg of laat bereikt dit grondwater weer het terreinoppervlak, onzichtbaar door overvloeiing in meren en rivieren en zichtbaar in de vorm van natuurlijke bronnen. Bij dit laatstgenoemde kan het water gemakkelijk worden opgevangen. Vanouds is dit bronwater dan ook voor de centrale watervoorziening gebruikt (Rome, Keulen, Lyon). Ook thans wordt op grote schaal bronwater toegepast. Weliswaar moet dit water over grote afstanden worden vervoerd, maar de winning is goedkoop en zuivering is meestal niet nodig.

Natuurlijke bronnen kunnen worden onderverdeeld in enerzijds freatische en artesische bronnen en anderzijds tussen bronnen ontstaan door een plaatselijke verdieping van het terrein dan wel door aanwezigheid van een ondoorlatende basis. Beide onderverdelingen tesamen geven 4 typen, in figuur 3.2 weergegeven.

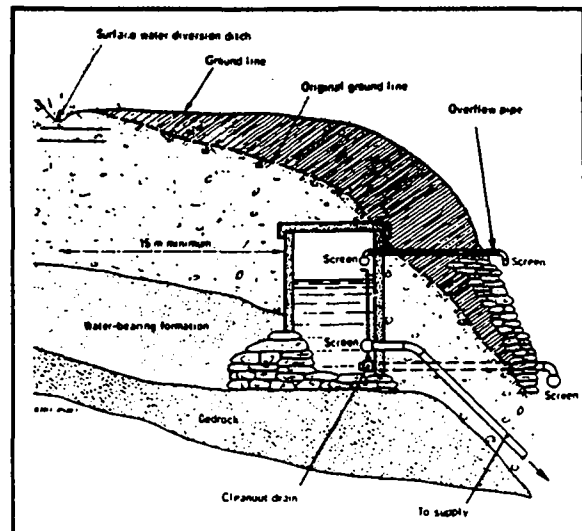
De figuren 3.3 en 3.4 geven aan op welke wijze bronwater kan worden opgevangen.



figuur 3.2: onderverdeling van bronnen



figuur 3.3: captering van freatisch bronwater



figuur 3.4: captering van artesisch bronwater

3c. Kunstmatige grondwaterwinning

De oudste methode van kunstmatige grondwaterwinning is een gat in de grond met een diepte tot ruim beneden de grondwaterspiegel. Op deze wijze kan slechts een geringe capaciteit worden verkregen. Moet er meer water worden onttrokken, dan moet het contactoppervlak met de watervoerende laag worden vergroot. Dit kan door de verticale en/of horizontale afmeting te vergroten, afhankelijk van de dikte en diepte van de watervoerende laag. De traditionele putten in ontwikkelingslanden zijn met de hand gegraven. Is het grondwaterspiegel niet diep onder

het maaiveld, dan volstaat men met een breed gat waarin de mensen tot aan het water kunnen afdalen, zie figuur 3.5.

Zit het water dieper dan graaft men een rond gat van ongeveer 1 à 2 meter in diameter. De put heeft geen mantel en vaak ook geen deksel. Dergelijke putten zijn niet hygiënisch en hebben soms problemen met instorting van de wand. Beter constructies zijn putten met een mantel van beton en boorgaten. Deze worden in de volgende paragrafen behandeld.



figuur 3.5: traditionele put

Een andere mogelijkheid is een horizontale put. Hierbij is een horizontaal gat geboord in een bergwand tot aan de watervoerende laag. Daarin wordt een pijp geplaatst waardoor het water naar buiten kan stromen. Zo'n horizontale put wordt ook wel een kunstmatige bron genoemd. Voordeel is dat er geen pomp nodig is om het water aan het oppervlak te krijgen.

3d Constructie van gegraven putten

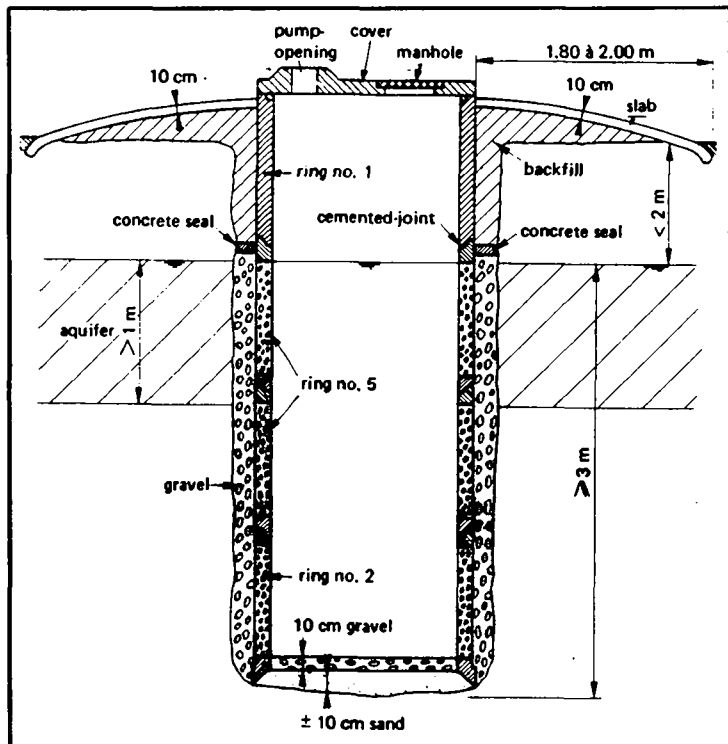
Deze putten worden tegenwoordig samengesteld uit geprefabriceerde betonnen ringen, welke in de bodem worden gebracht door de grond binnenin te ontgraven. De inwendige diameter is minstens 1 meter. De onderkant reikt tot tenminste 1 meter onder de laagste grondwaterstand (aan het einde van de droge periode). Is transport van de ringen moeilijk, dan kunnen zij ook ter plaatse worden gestort. De putringen die onder de grondwaterspiegel geplaatst zijn, zijn poreus (het beton bestaat hierbij uit cement, veel kiezel en weinig of geen zand). Rondom deze zogenaamde filterringen is grind gestort om het water nog extra te filteren en om het 'dichtslaan' van de filterringen te voorkomen (verstopping door zand). Voor meer

informatie zie lit. 6.

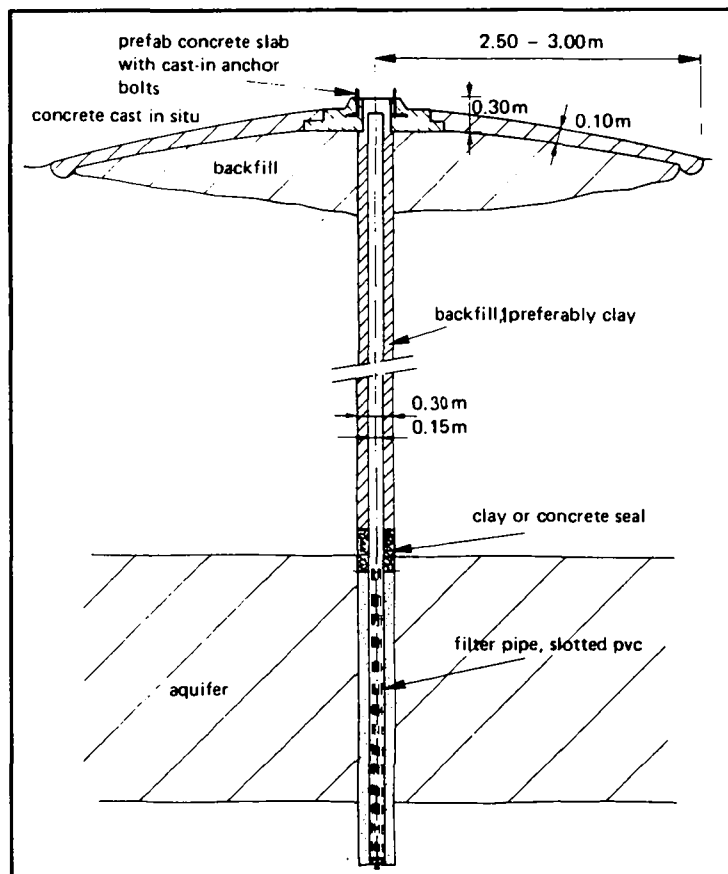
3e Constructie van boorgaten

In tegenstelling tot gegraven putten wordt bij het boren van putten eerst een gat in de bodem gemaakt. In rotsformaties kan dit gat onbekleed blijven, maar in loskorrelige gronden is een tijdelijke verbuizing (casing) nodig om instorting te voorkomen.

Pas wanneer het boorgat wat diameter en diepte betreft geheel klaar is, worden hierin de uiteindelijke casing geplaatst met op de juiste diepte de filterpijpen. Vroeger werd hiervoor stalen pijpen gebruikt, maar tegenwoordig ook vaak p.v.c- pijpen. P.v.c. is corrosie-bestendig, is licht, gemakkelijk te zagen en goedkoop. De filterpijpen zijn ook van p.v.c. met in de wand vele smalle gleufjes, normaal in de lengterichting van de



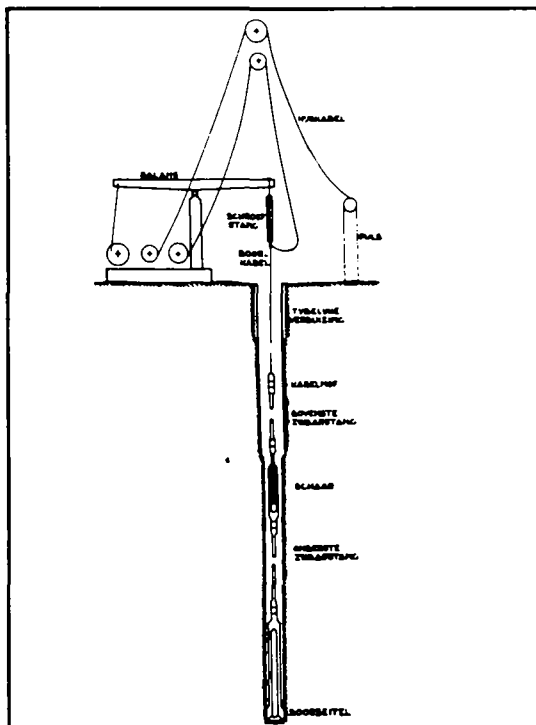
figuur 3.6: een gegraven put



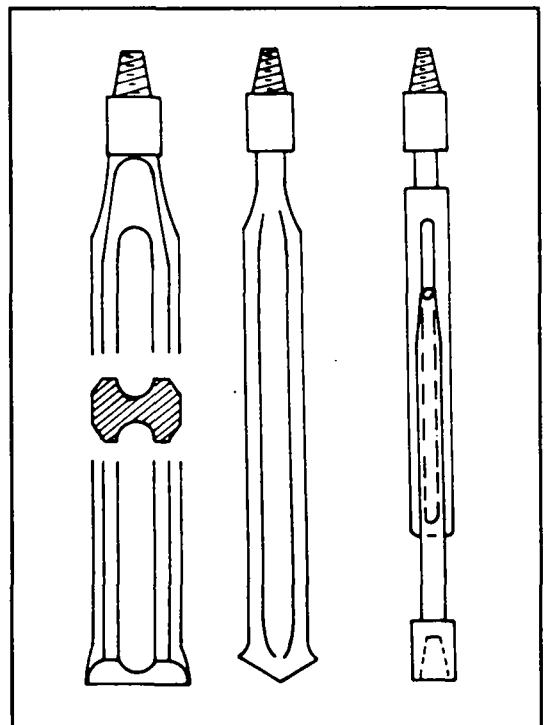
figuur 3.7: een boorgat

pijp ingezaagd met een lengte van ongeveer 5 cm en een breedte van ongeveer 0,7 mm. Rondom de filterpijpen wordt grind gestort wat van te voren gezeefd is. De dikte van de grindkorrel moet minstens 1,5 maal zo groot zijn als de gleufbreedte. Het aantal gleuven is te berekenen als men weet hoeveel water er maximaal uit het boorgat wordt gepompt. Als voorbeeld nemen we een handpomp met een maximale capaciteit van 3000 liter/h, dat is $840 \text{ cm}^3/\text{s}$. Gegeven de maximaal toelaatbare doorlaat-snelheid van het water door het filter van 3 cm/s , de totale doorlaatopening moet nu zijn: $840/3=280 \text{ cm}^2$. Eén gleuf heeft een oppervlak van $0,07 \cdot 5 = 0,35 \text{ cm}^2$. Het minimum aantal gleuven is nu $280/0,35 = 800$.

De dikte van de grindlaag om het filter moet minstens 3 maal zo groot zijn als de dikste grindkorrel. Hebben we grinddiktes van 1 tot 5 mm dan betekent dat de laagdikte minstens 15 mm moet zijn. Beter is de laagdikte wat groter te nemen omdat de filterpijpen bijna nooit geheel centrisch in het geboorde gat geplaatst zijn en waardoor aan één kant de grindlaag dunner is dan aan de andere kant. In de praktijk blijkt een laag van 50 tot 80 mm dik het beste te zijn.



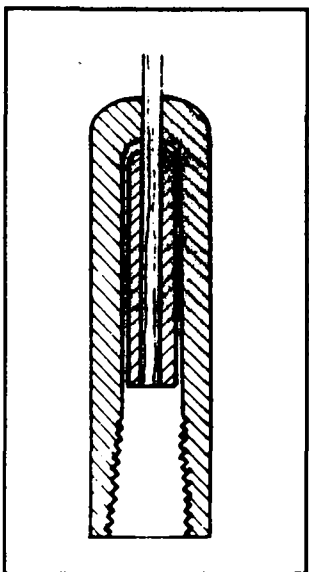
figuur 3.8: percussieboren met puls



figuur 3.9: boorbeitel met schaar

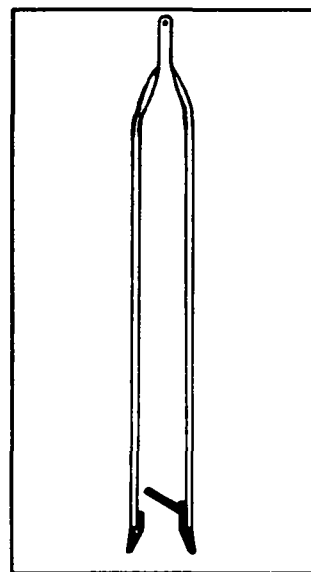
Voor het maken van een boorgat is er een onderscheid tussen 2 werkzaamheden:

1. Het vergruizen van het materiaal op de bodem van het boorgat met een vallende beitel (percussieboren) of met een draaiende beitel (rotary boren).
2. Het verwijderen van het vergruisde materiaal, discontinue d.m.v. een puls of continue met circulerend water (hydraulisch boren).



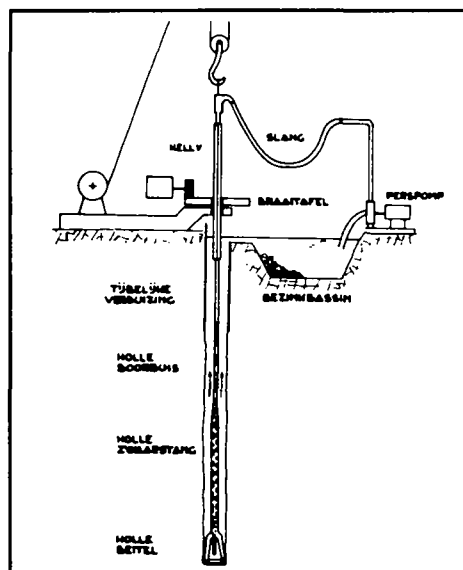
figuur 3.10:
kabelmof

Bij percussieboren gebruikt men een schaar zoals in figuur 3.9 om tijdens de neerwaatse slag de kabel strak te houden en tijdens de opgaande slag een eventuele vastgeklemde beitel los te slaan. De kabelmof in fig. 3.10 verbindt de kabel met het boorgereedschap. De puls in fig. 3.11 is een zware stalen pijp met onderin een terugslag-



figuur 3.11:
puls

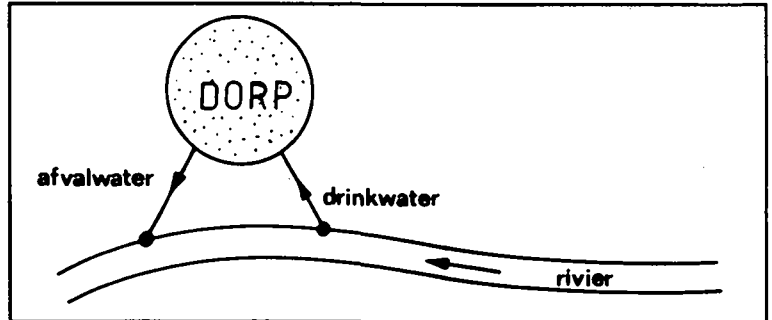
klep. Na het vergruizen wordt deze in het boorgat op en neer bewogen, zodat het gruis in de puls dringt. De terugslagklep zorgt ervoor dat het ook in de puls blijft. Percussieboren met pulsen is tijdrovend en arbeidsintensief, maar ook veilig, eenvoudig en betrouwbaar en daarmee zeer geschikt voor ontwikkelingslanden. In de westerse wereld is deze methode nagenoeg geheel vervangen door hydraulisch rotary boren (fig.3.12). Voor meer informatie over boorgaten zie lit. 7.



figuur 3.12: hydraulisch rotary boren

3f. Winning van oppervlaktewater

Vergeleken met grondwater vertoont oppervlaktewater een veel sterkere variatie in beschikbare hoeveelheid en hoedanigheid. In de droge periode vallen zelfs sommige



figuur 3.13: drinkwatervoorziening uit de rivier

rivieren geheel droog. In gebieden met veel industrie en bevolking speelt de vervuiling een belangrijke rol voor de hoedanigheid van het water. In Nederland wordt rijwater gebruikt, maar door lozingen van afval moet vaak gebruik gemaakt worden van de reservoirbekkens i.p.v. de rivier. Ook in ontwikkelingslanden waar de bevolking en industrie sterk toenemen, speelt dit een steeds grotere rol.

Op het platteland is het water van rivieren soms nog redelijk schoon. Wel moet men ervoor zorgen dat het drinkwater verder stroomopwaarts uit de rivier wordt gehaald dan waar men het water vervuult door het wassen en sanitaire behoeftes.

Voor irrigatie zijn de eisen aan de kwaliteit van het water minder streng dan voor drinkwater. Het water mag alleen niet te veel zout of chemisch afval bevatten, wat schadelijk kan zijn voor de gewassen.

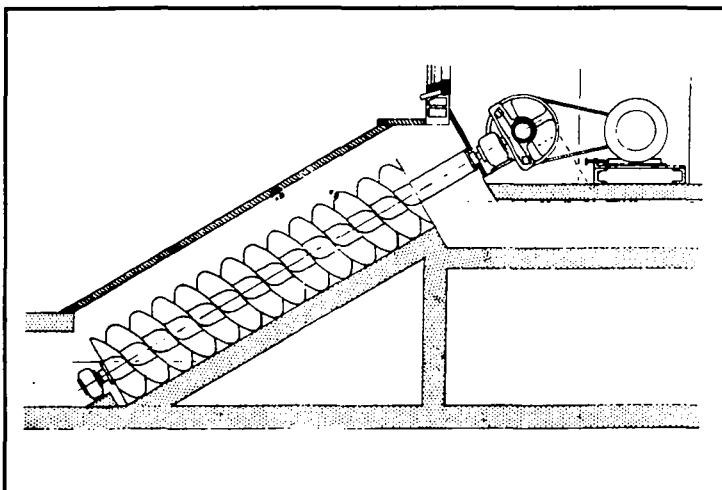
HOOFDSTUK 4. WATEROPVOER EN POMPEN

4a Opvoermiddelen

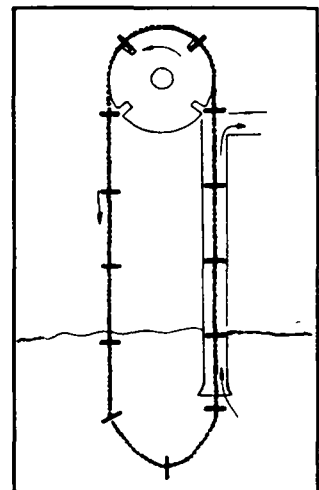
Het spreekt vanzelf dat de voorkeur wordt gegeven aan systemen waarbij niet gepompt hoeft te worden zoals bij een kunstmatige bron, genoemd in paragraaf 3c. Vaak is er wel een pomp nodig om het water aan het oppervlak te krijgen. Er zijn veel typen pompen, onder te verdelen naar de krachtbron:

- aangedreven door mankracht, o.a. hand- en voetspompen
- aangedreven door dierkracht
- aangedreven door een windmolen, ook wel windpomp genoemd
- aangedreven door waterkracht, o.a. de waterram
- aangedreven door een electromotor
- aangedreven door een verbrandingsmotor
- aangedreven door zonne-energie

Ook kan men pompen indelen in zuig- en perspompen, waarbij zuigpompen boven de waterspiegel geplaatst zijn en het water eerst moeten aanzuigen alvorens het verder gepompt kan worden. Perspompen zijn in het water geplaatst en persen het water omhoog. Bij zuigpompen moet men rekening houden dat het water tot een diepte van maximaal 7 à 8 meter (buitendruk in meters waterkolom minus klep- en leidingsverliezen) opgezogen kan



figuur 4.1: vijzelpomp



figuur 4.2: kettingpomp

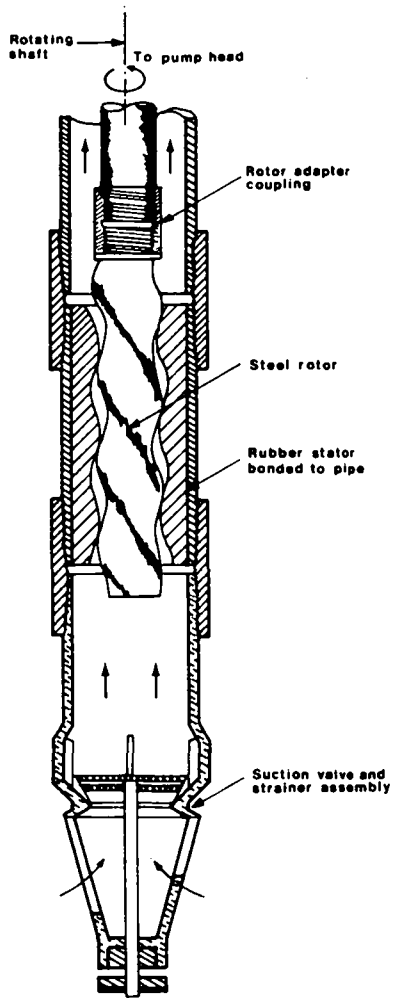


Fig. 4.3. Monopomp

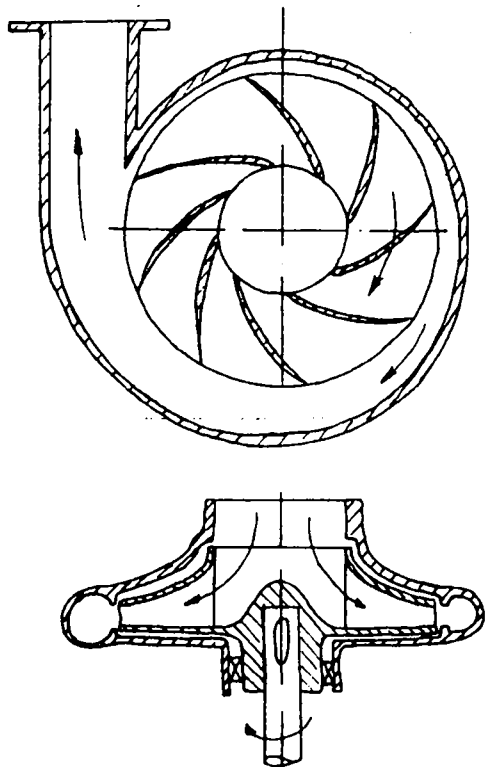


Fig. 4.5. Centrifugaalpompe

15

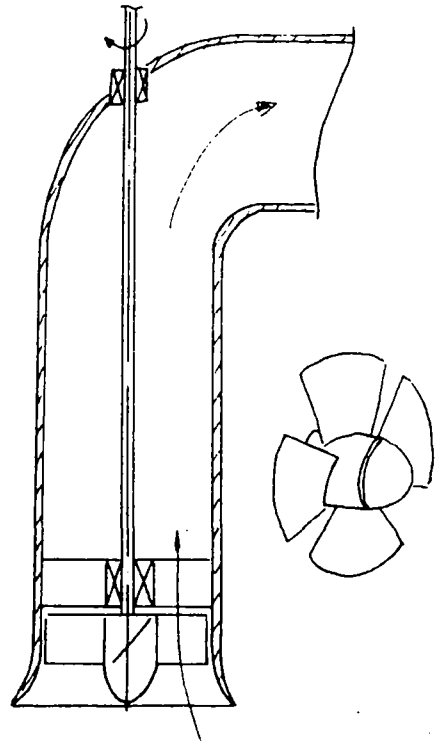


Fig. 4.4. Axiaalpompe

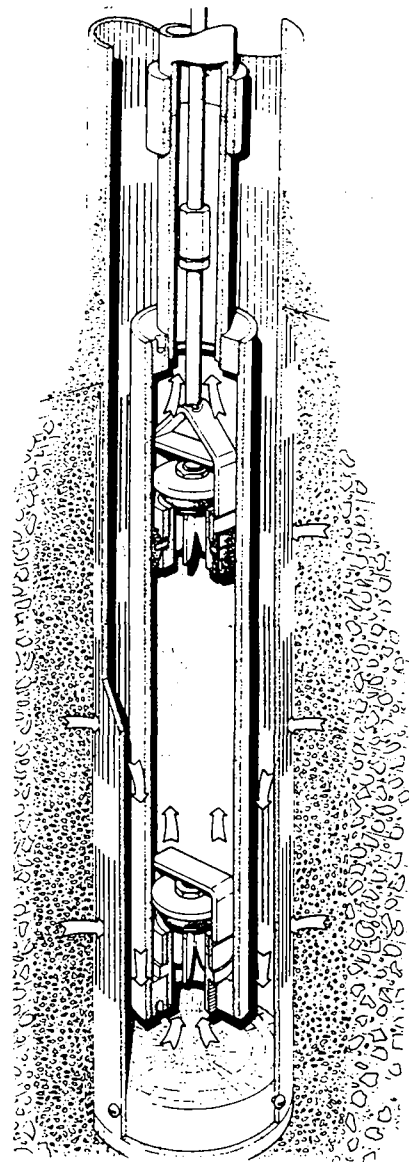


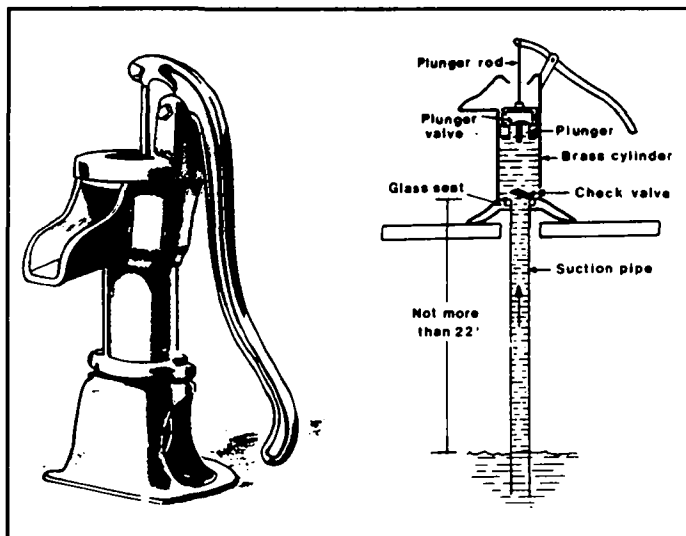
Fig. 4.6. Zuigerpompe

worden. Zit het water dieper en kan de pomp niet dichterbij het water geplaatst worden, dan moet men overgaan op een perspomp. Er zijn vele constructies voor de pomp bedacht (zie lit. 8). In figuren 4.1. t/m 4.6 zijn een paar constructies in principeschetsen weergegeven.

In de volgende paragrafen worden pompen besproken volgens de indeling naar de krachtbron.

4a1. Door mankracht aangedreven

Vooraf op het platteland van ontwikkelingslanden is men vaak aangewezen op mankracht. Andere krachtbronnen zijn vaak niet aanwezig of te duur. De hoeveelheid water wat met mankracht op te pompen is, is beperkt. Een volwassene kan gedurende geruime tijd een gemiddeld vermogen van 75 watt leveren. Weet men de opvoerhoogte van het water, dan is met een eenvoudige formule het debiet (=hoeveelheid water per tijdseenheid) uit te rekenen, zie paragraaf 4b en lit. 9. Deze hoeveelheid water is vaak te gering om de pomp voor irrigatie van akkers te gebruiken. De pomp wordt meestal gebruikt voor de drinkwatervoorziening van een plattelandsdorp of voor irrigatie van een groentetuintje. De in Nederland bekende handpomp is de boerderijpomp, ook wel weidepomp genoemd (fig. 4.7).



figuur 4.7: weidepomp

Het is een zuigpomp, het grondwater in Nederland zit dan ook niet diep. In ontwikkelingslanden zit het water vaak dieper dan 8 meter en is men aangewezen op perspompen. Nu zijn er verschillende opvattingen over hoe men het probleem van de drinkwatervoorziening op het platteland het beste kan worden aangepakt, nl.:

- De pompen moeten nagenoeg onderhoudsvrij zijn. De kennis en de middelen om de pompen te onderhouden of repareren zijn doorgaans beperkt aanwezig. Nadeel is wel dat de pomp relatief duur is in aanschaf en gemaakt is van geavanceerde materialen, die lokaal niet aanwezig zijn. Gaat de pomp toch kapot, dan moeten de onderdelen van ver komen. De ontwikkelingslanden zijn 'bezaaid' met pompen in allerlei uitvoeringen van pompenbouwers die denken de 'ideale', onderhoudsvrije pomp ontworpen te hebben.
- Een ander opvatting is om de pomp van lokaal verkrijgbare materialen en met ter plaatse gevestigde technieken te bouwen (aangepaste technologie). Een dergelijke pomp is dan ook lokaal te onderhouden en te repareren. Er zitten ook nadelen aan:
 - *De pomp zal regelmatig onderhoud en reparatie nodig hebben. De lokale onderhoudsman moet dan gewaarschuwd worden en zal ernaartoe moeten gaan. Door een gebrekkig infrastructuur geeft dit soms problemen. Dit probleem is te ondervangen door iemand van het dorp waar een pomp staat aan te wijzen als de verantwoordelijke voor de pomp en hem een opleiding te geven over het onderhoud en kleine reparaties.
 - *Een ander belangrijk nadeel is dat de pomp beschermd moet zijn tegen corrosie. Vaak is men gedwongen de ijzeren onderdelen te verzinken of als het water te agressief is (bijvoorbeeld een lage pH-waarde) zelfs te vervangen door plastic, roestvast staal of koper. Deze materialen zijn lokaal soms moeilijk verkrijgbaar.

De laatste jaren gaat de tendens uit naar de gulden middenweg. De pompen worden zo geconstrueerd dat het eenvoudig is het te onderhouden, liefst zo weinig mogelijk onderhoud noodzakelijk, en dat die onderdelen die slijten en kapot kunnen gaan betrekkelijk eenvoudig te vervangen zijn. Deze onderdelen worden doorgaans als reserve bij de pomp geleverd. Dergelijke pompen worden ook wel VLOM-pompen genoemd (Village Level Operation and Maintenance). Soms zijn de middelen ter plaatse zo beperkt dat de beste oplossing de eenvoudigste is, nl. put met emmer.

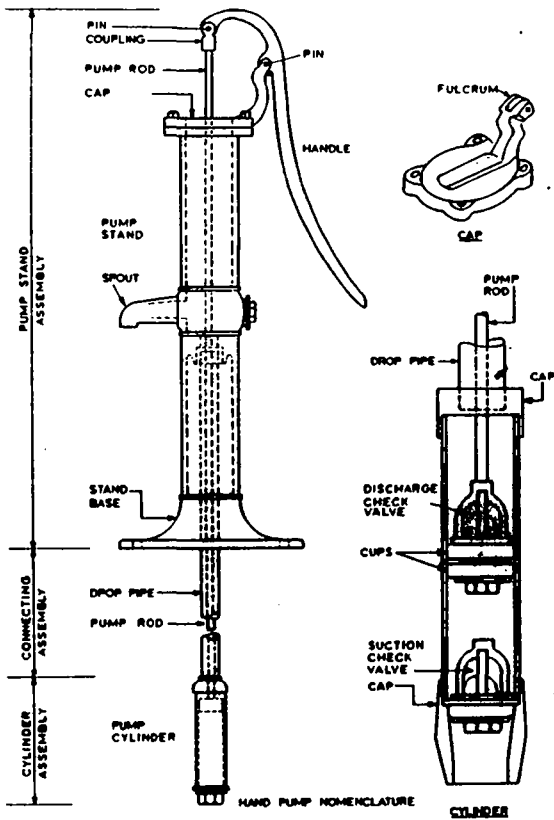


Fig. 4.8. Zuigerpomp met zwengel

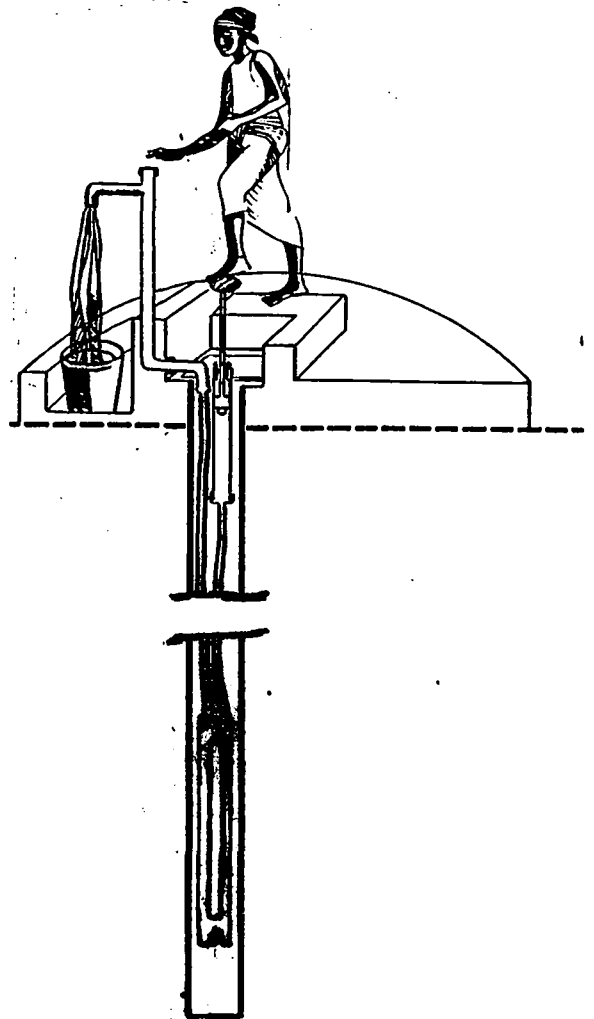


Fig. 4.9. Voetpomp

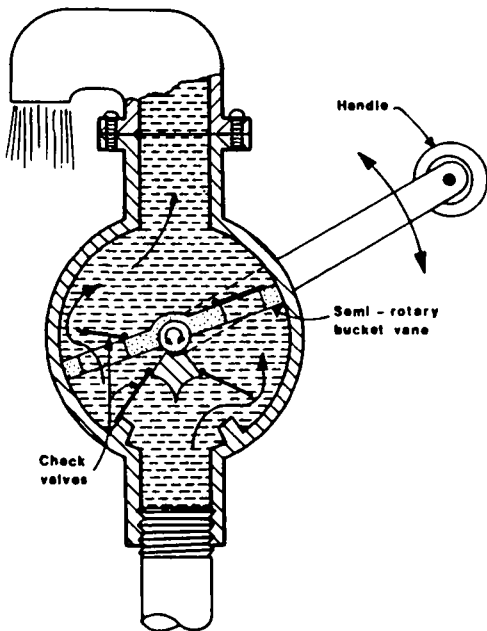


Fig. 4.10. Half-roterende handpomp

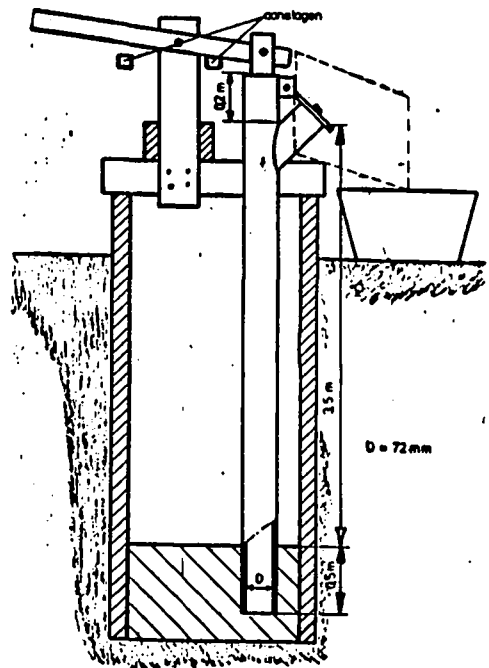
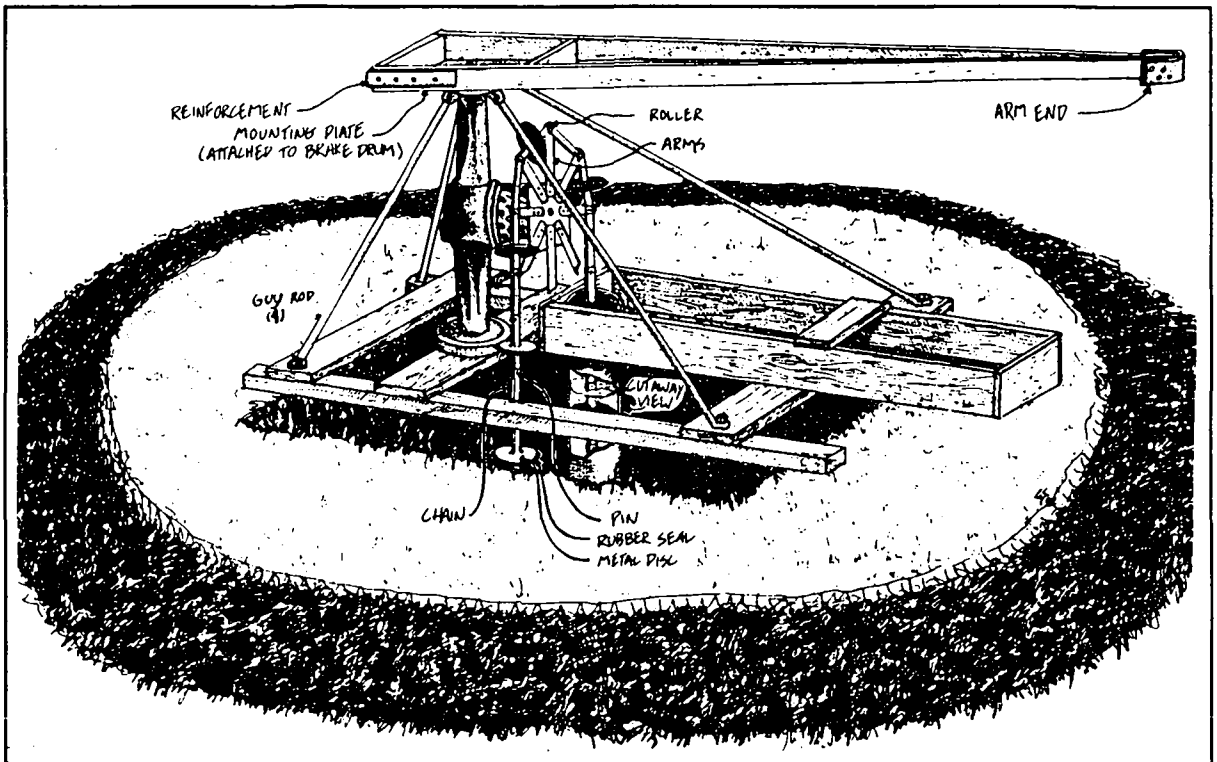


Fig. 4.11. Traagheidspomp

In figuren 4.8 t/m 4.11 zijn een aantal pompen weergegeven. Voor meer informatie zie lit. 9.

4a2. Door dierkracht aangedreven

Dieren zoals paarden en ossen kunnen veel meer vermogen leveren dan mensen en over een langere tijd. Dat betekent dat het debiet groter kan zijn, dus een grotere opbrengst. Als men weet hoeveel vermogen het dier kan leveren en hoe groot de opvoerhoogte is, kan men de opbrengst uitrekenen (zie paragraaf 4b. en lit. 9). Figuur 4.12. geeft een voorbeeld hoe men dierkracht kan toepassen om water op te pompen.



figuur 4.12: door een os aan te drijven kettingpomp

4a3. Windpompen

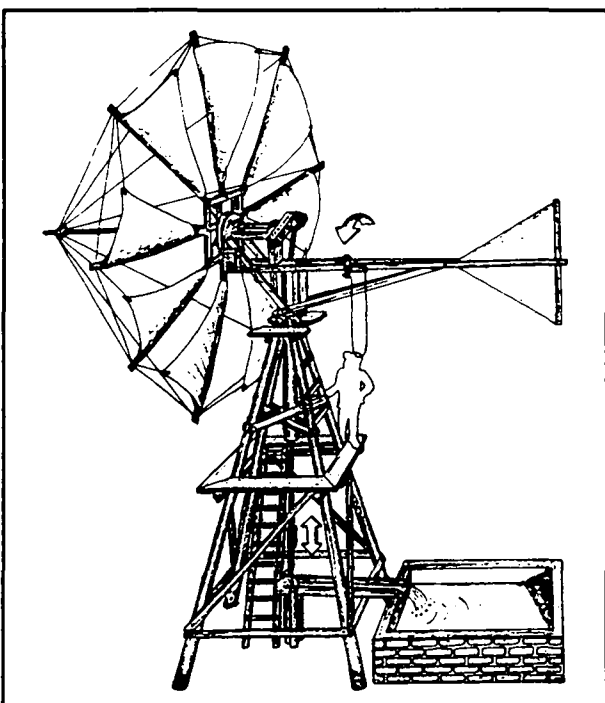
Windpompen zijn windmolens die water oppompen. In een windmolen wordt de energie van de bewegende lucht (de wind), die de rotor van de molen opvangt, voor een deel omgezet in mechanische energie. Deze energie kan gebruikt worden om een werk-

tuig, in dit geval een pomp, aan te drijven. De meeste windpompen zijn molens die gekoppeld zijn aan een enkelwerkende zuigerpomp (zie figuur 4.6.). Zuigerpompen hebben het voordeel een rendement te hebben die nauwelijks afhangt van het toerental van de molen. Wel veroorzaakt de op- en neergaande beweging van de zuiger een wisselende belasting op de pomp en de molen.

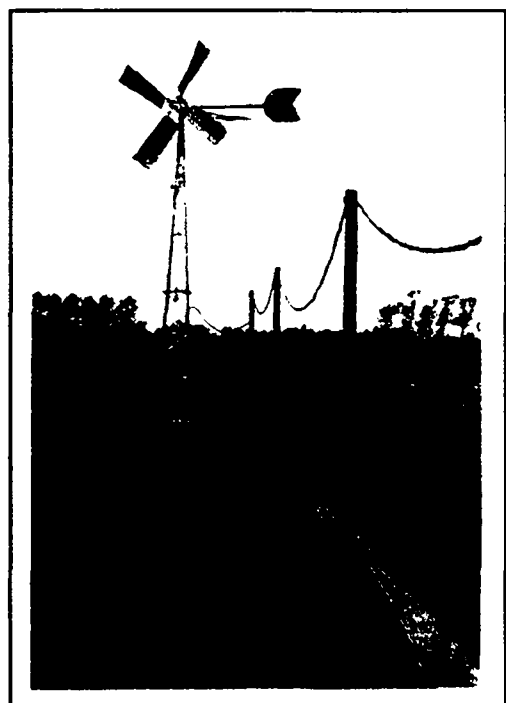
Roterende pompen zoals centrifugaalpompen (zie figuur 4.5.) hebben een pomp rendement, die optimaal is bij één bepaald toerental. Dit toerental ligt vaak hoog, vergeleken met die van de rotor. De overbrengingsverhouding tussen de rotor en de pomp is daardoor groot.

Vanzelfsprekend is het toepassen van windmolens alleen interessant als er voldoende wind aanwezig is. De capaciteit van de molen moet worden afgestemd op de behoefte in de periode met de minste windaanbod. Dit maakt de aanschaf van de molen relatief duur. Hier staat tegenover dat er geen gebruikskosten zijn. Men is niet afhankelijk van bijvoorbeeld brandstofaanvoer of electriciteit, omdat de wind, hoewel fluctuerend in het aanbod, een onuitputtelijke energiebron is.

Toch hoeft een molen niet duur te zijn. De in figuur 4.13



figuur 4.13: de kretamolen



figuur 4.14: poldermolen

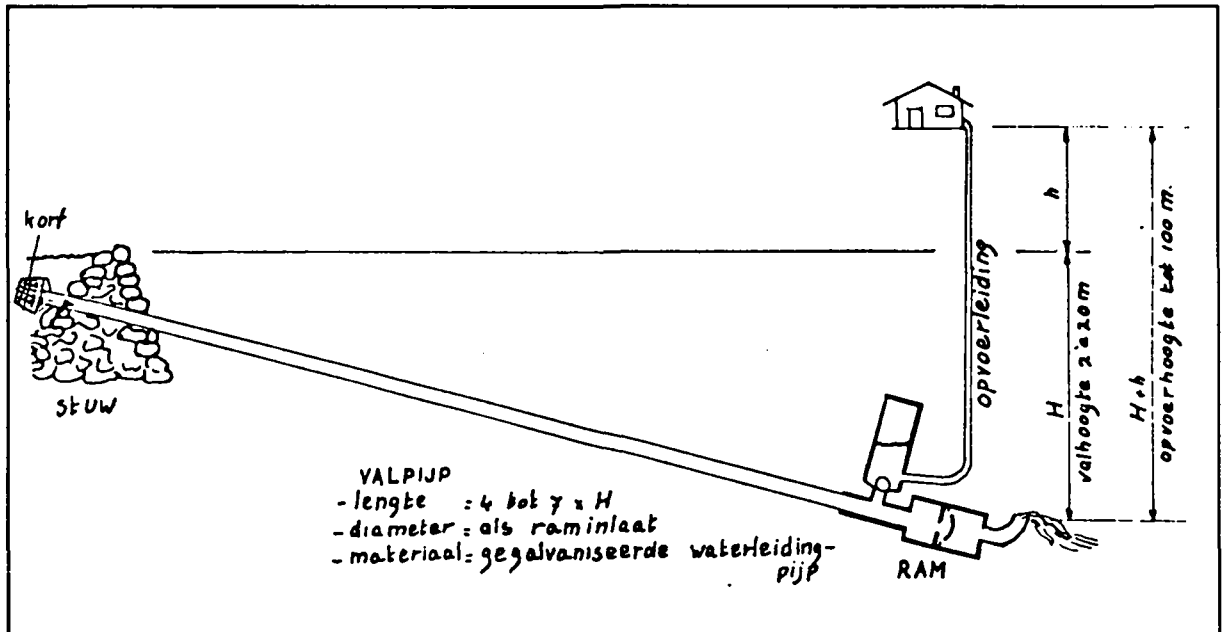
afgebeelde molen kan met eenvoudige materialen en middelen gebouwd worden. Wel heeft deze molen zijn beperkingen, zijn opvoerhoogte kan maximaal maar 15 meter zijn, er is regelmatig onderhoud nodig en de molen moet op tijd beveiligd worden als er storm op komst is (zeiltjes oprollen).

De in Nederland voorkomende windpompen zijn o.a. de poldermolentjes, zie figuur 4.14. Deze molentjes zijn klein, vaak met een rotor van 4 wieken en drijft een vijzelpomp aan. De opvoerhoogte is daarmee beperkt, hooguit 2 à 3 meter.

Meer informatie over windpompen is te vinden in lit. 10 en 11.

4a4. De waterram

Een waterram is een pomp die alleen in bergachtig terrein gebruikt kan worden, zie figuur 4.15.

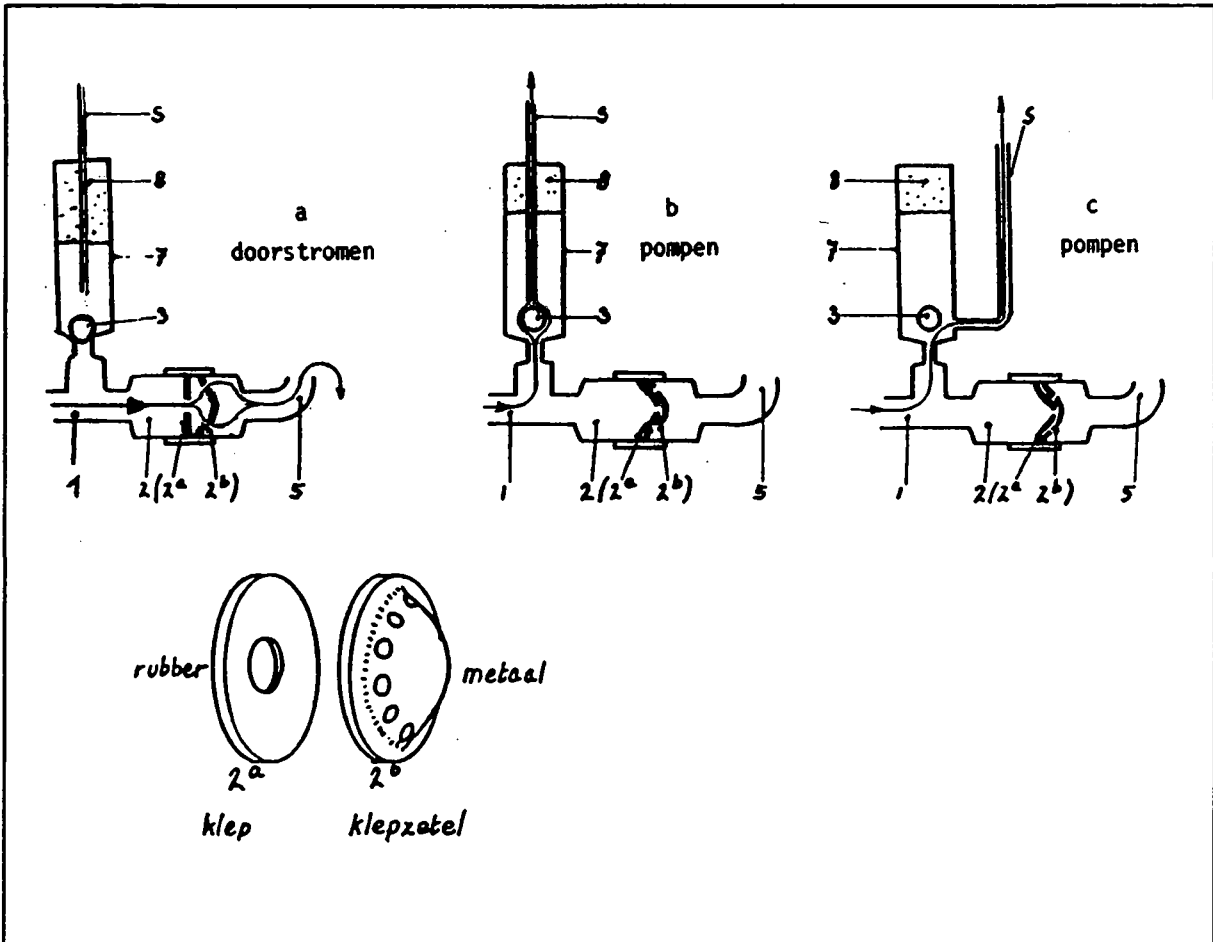


figuur 4.15: opstelling waterram

De waterram wordt niet aangedreven door een motor maar door water, bijvoorbeeld uit een beek, dat helling afwaarts door een zogenaamde valpijp naar de pomp toestroomt. Het grootste deel van het water wordt voor de aandrijving gebruikt en stroomt daarna uit de waterram. Het kleinste deel wordt opgepompt naar een punt dat tot 15 à 20 maal zo hoog ligt als het

aandrijfwater 'valt'. In de pomp bewegen slechts 2 kleppen, verder draait er niets en hoeft niets gesmeerd te worden. Het onderhoud bestaat uit éénmaal per jaar de kleppen schoonmaken of vervangen.

De werking is als volgt:



figuur 4.16: de werking

Bij het doorstromen komt water met een vaart door de valpijp in de ram, door ruimte 1 en 2, door het gat in de soepele rubberklep (2^a) en gaten in klepzetel (2^b), door de elleboog omhoog en via de uitstroomopening naar buiten. Heeft het water genoeg vaart (zie figuur 4.16.b) dan klapt de rubberklep op de gaten van de klepzetel. De watermassa in de valpijp wil blijven stromen waardoor in een fractie van een seconde een heel hoge druk in de ram ontstaat. Het water ontsnapt nu langs de kogelklep (3) in de luchtklok (7) en perst daar de luchtbel (8) samen. Door de plotselinge stroming van het water in de

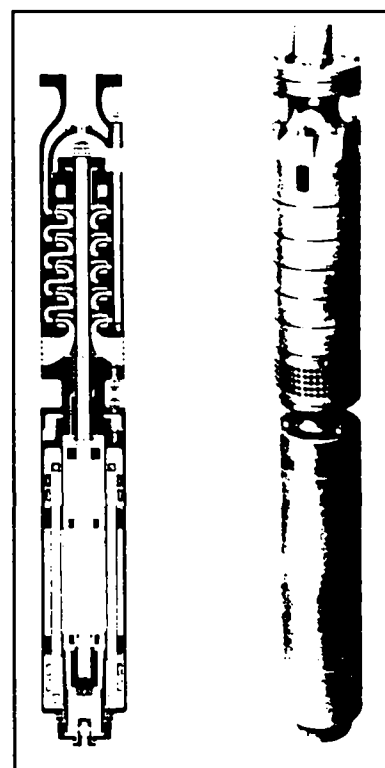
valpijp naar de luchtklok ontstaat er even een onderdruk in ruimte 2, voldoende om de rubberklep weer te openen. De drukpiek is voorbij waardoor de kogelklep weer terugvalt op zijn zetel. De samengeperste lucht herneemt zijn oude volume, het perst dus het water uit de klok en de leiding omhoog. Nu begint de cyclus opnieuw.

Voor meer informatie zie lit. 12.

4a5. Aangedreven door electro- en verbrandingsmotoren

In landen waar volop electriciteit en brandstof verkrijgbaar is en niet te duur, zoals in de westerse landen, gebruikt men doorgaans deze krachtbronnen voor de aandrijving van pompen. In ontwikkelingslanden is de situatie vaak anders. Vooral op het platteland is de verkrijgbaarheid van deze krachtbronnen een probleem.

De voordelen van deze krachtbronnen zijn hun compactheid en hun hoge capaciteit. Door hun compactheid zijn ze goed te vervoeren, wat bijvoorbeeld niet gezegd kan worden van windmolens. Verbrandingsmotoren hebben wel regelmatig onderhoud nodig. Vaak is er in ontwikkelingslanden hiervoor lokaal weinig kennis aanwezig. De motoren zijn vaak gekoppeld aan een centrifugaalpomp (zie figuur 4.5.). De pomp heeft een hoog rendement mits het toerental goed is afgestemd. Moet het water vanuit een diepe put of boorgat opgepompt worden dan kan dit door bijvoorbeeld een onderwaterpomp, zie figuur 4.17. Deze pomp bestaat uit een waterdichte smalle electromotor met daarbovenop de pomp gekoppeld, bestaande uit een rij boven elkaar liggende schoepen. Het geheel is zo smal uitgevoerd dat het ook in boorgaten gebruikt kan worden. Wel moet de capaciteit van het boorgat voldoende zijn om de pomp



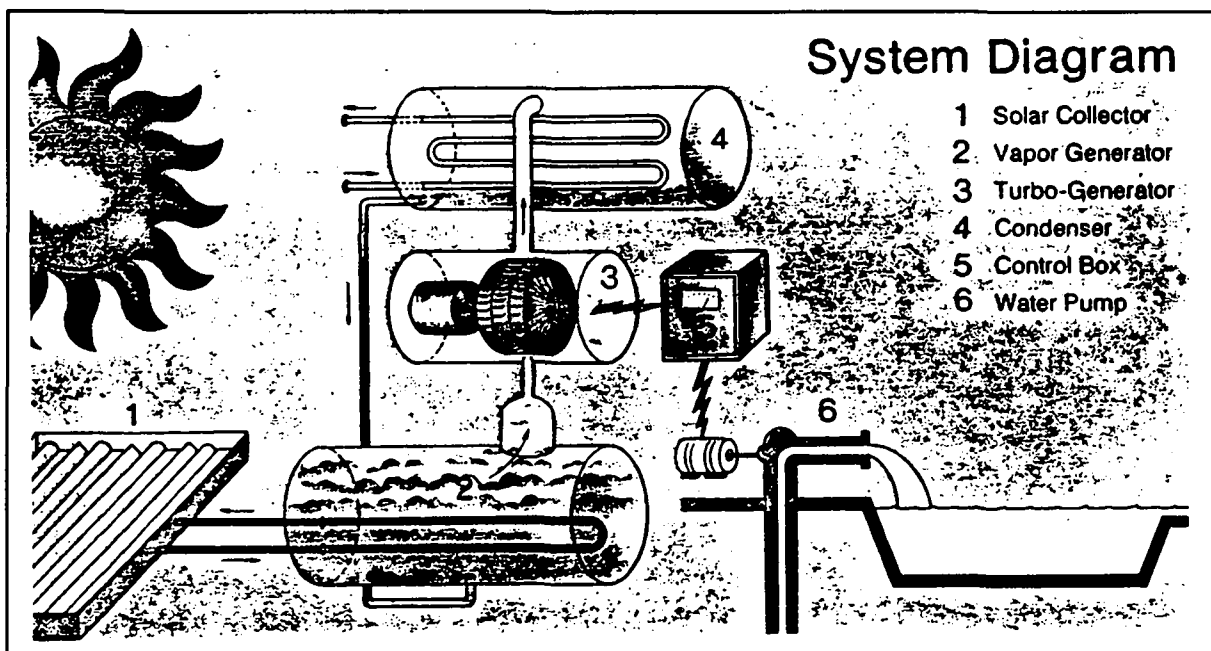
figuur 4.17: onderwaterpomp

voortdurend te kunnen 'voeden'.

4a6. Zonnepompen

De verwachting voor de toekomst is een toenemende toepassing van zonne-energie, o.a. wateropvoer voor kleinschalige irrigatie in ontwikkelingslanden. Tot nu toe wordt het nog erg weinig toegepast omdat het simpelweg nog te duur is in aanschaf. De technologie van de zonnepompen bevindt zich in een experimentele fase, een enkele keer is een model in productie genomen.

Er zijn verschillende mogelijkheden om een pomp d.m.v zonne-energie aan te drijven, waarvan een aantal op de volgende bladzijde in figuur 4.18. schematisch zijn weergegeven. Het schema vermeldt o.a. de zogenaamde Rankine-pomp (fig.4.19). Deze werkt als volgt:



figuur 4.19: de rankine-pomp

Een vloeistof met een lage soortelijke warmte en een laag kookpunt wordt in een tank opgewarmd en verdampt. De damp drijft een turbine aan die op zijn beurt weer de pomp aandrijft, hetzij via een mechanische transmissie, hetzij d.m.v stroomopwekking met een generator aan de turbine gekoppeld.

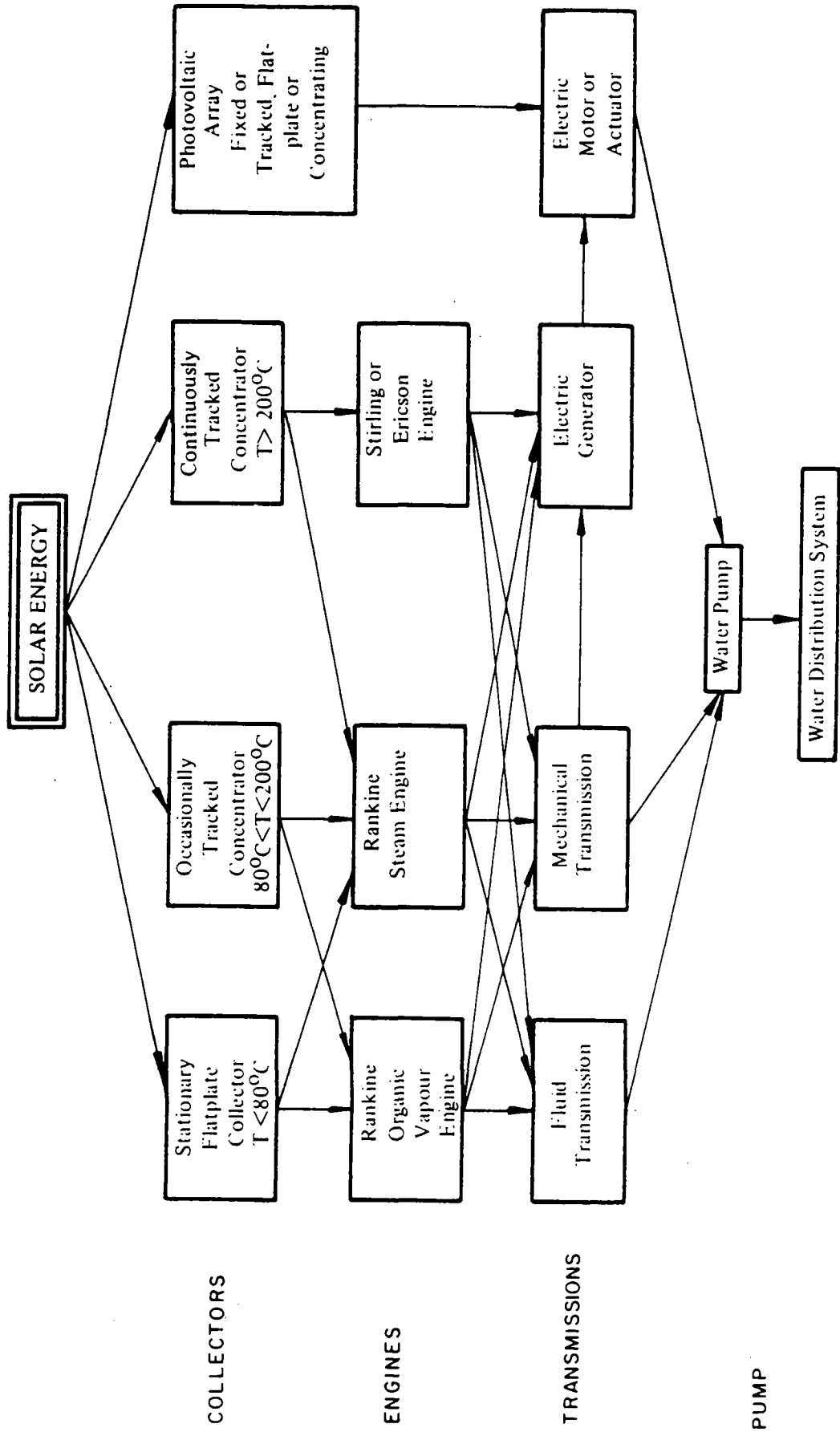
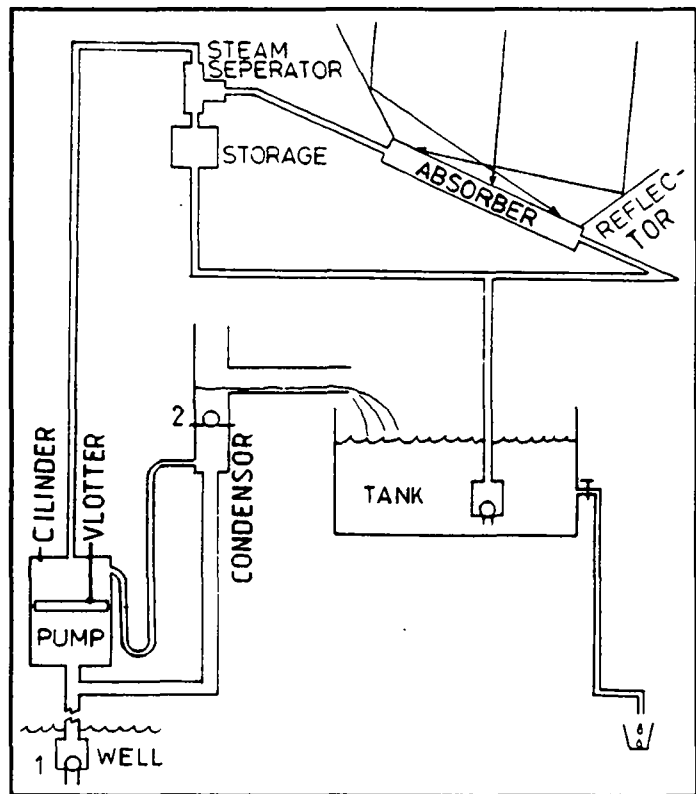


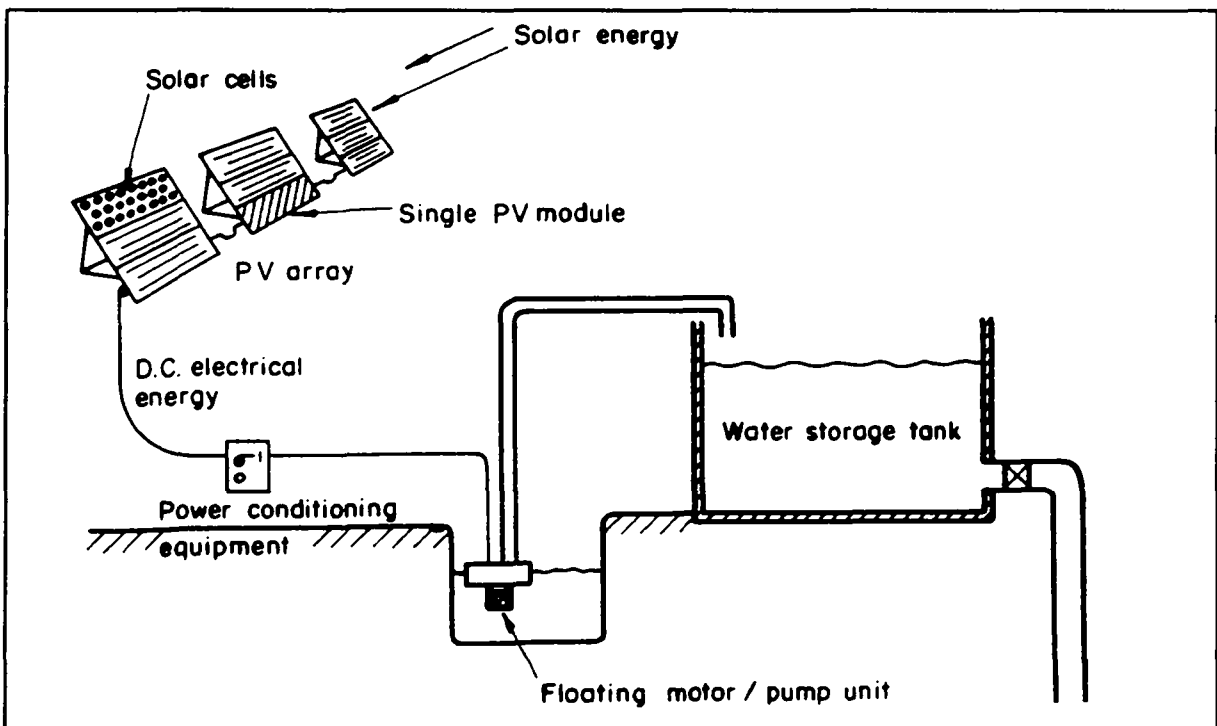
FIG. 4.18. - FEASIBLE OPTIONS FOR SOLAR - POWERED PUMPING SYSTEMS

De warmtetoevoer kan door een zonnecollector of een zonneconcentrator zoals een parabolische spiegel verzorgd worden.

Een andere mogelijkheid is de thermo-pomp, in figuur 4.20 weergegeven. De damp wordt gevormd in de cilinder door warmtetoevoer. De damp drukt de vlotter naar beneden zodat het water de pomp via een condensor en klep 2 op een hoger niveau kan verlaten (klep 1 blijft daarbij gesloten). Ook het water in de u-buis



figuur 4.20: thermopomp



figuur 4.21: zonnepanelen met een electropomp

wordt door de damp weggedrukt. Op het moment dat de damp het

laagste punt van de u-buis heeft bereikt, wordt alle damp uit de cylinder via de u-buis naar de condensor geheveld, waar het condenseert. In de cylinder ontstaat onderdruk waardoor water opgezogen wordt via klep 1. Een nadeel is dat de benodigde dampproductie hoog moet zijn en dat de opbrengst laag is.

Meer toegepast zijn de panelen met zonnecellen die zonne-energie omzetten in electriciteit, waarmee een electropomp wordt aangedreven, zie figuur 4.21.

Voor meer informatie over zonnepompen zie lit. 13 en 14.

4b. Keuze van de pomptype en zijn capaciteit

Zoals al in paragraaf 4a. genoemd is, kunnen pompen worden ingedeeld volgens krachtbron, opstelling en constructie. Om nu de juiste keuze van de pomptype te kunnen maken, moet men eerst meer weten over de volgende punten:

1. Wat is de gevraagde opbrengst?
2. Over welke afstand moet het water gepompt worden en hoe groot is hierbij de opvoerhoogte?
3. Wat is de capaciteit van de bron, ofwel hoeveel water kan er maximaal worden uitgehaald?
4. Welke energiebronnen zijn er aanwezig, in welke mate en welke prijs?
5. Welke middelen zijn er aanwezig (geld, materiaal, technieken)?
6. Welke kennis is er aanwezig?
7. Welke eisen zijn er gesteld aan de kwaliteit van het water en hoe is de kwaliteit van het water in de bron?

Al deze vragen zijn van belang voor het maken van de juiste keuze. Uit de antwoorden op vragen 1 en 2 kan het minimale vermogen berekend worden met de volgende formule:

$$n \cdot P = \rho \cdot g \cdot H \cdot \Phi$$

waarin: n = rendement van de installatie

P = benodigd vermogen [watt]

ρ = dichtheid van water [kg/m^3]

g = valversnelling ($=9,8 \text{ m/s}^2$)

H = opvoerhoogte [m]

Φ = debiet [m^3/s]

Moet het water ook over een lange horizontale afstand gepompt worden, dan moet men rekening houden met leidingsverliezen. Formules om deze te berekenen zijn te vinden in lit. 17 en 18. Is het benodigd vermogen meer dan 75 watt, dan is één handpomp al niet voldoende, omdat een gemiddelde volwassene niet meer kan leveren, zie paragraaf 4a1. Dieren zoals paarden en ossen kunnen veel meer vermogen leveren dan mensen. Een paard van 700 tot 850 kg. kan gedurende 10 uur per dag een vermogen van ongeveer 1 pk. ($=746 \text{ watt}$) leveren, dat is dus 10 keer zoveel. Bij windmolens moet het vermogen gehaald worden uit de wind door de rotor. Het vermogen van de molen is uit te rekenen met de volgende formule:

$$P = C_p \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho_l \cdot v \cdot A$$

waarin: P = opgenomen vermogen door de rotor [watt]

C_p = vermogenscoëfficiënt ($\approx 0,15 \dots 0,35$ afhankelijk van de type rotor)

ρ_l = dichtheid van lucht ($\approx 1,2 \text{ kg/m}^3$)

v = windsnelheid [m/s]

A = rotoroppervlak [m^2]

Voor meer informatie zie lit. 11.

De opbrengst van een waterram is als volgt in een formule uit te drukken:

$$\Phi_2 = \Phi_1 \cdot H_1/H_2 \cdot \eta$$

waarin: Φ_2 = opbrengst [m^3/s]

η = rendement van de installatie

H1= valhoogte [m]

H2= opvoerhoogte [m]

ϕ_1 = debiet in de valpijp [m³/s]

Bij electro- en verbrandingsmotoren mag het nominale vermogen wat de motor kan leveren niet kleiner zijn dan de minimale vermogen van de pomp. Bij zonnepompen is het geleverde vermogen afhankelijk van het oppervlak van de panelen of collectoren. Wordt de electriciteit opgeslagen in accu's, dan moet men ook rekening houden met verliezen van deze accu's (zie lit. 13).

Vraag 3 is van belang omdat de capaciteit van de bron niet kleiner mag zijn als die van de pomp. De pomp zou anders telkens 'drooglopen'. De vragen 4 t/m 6 zijn van belang om te bekijken welke pomp economisch gezien het meest rendabel is én of het onderhoud en eventuele reparaties lokaal uitvoerbaar is. Vraag 7 is belangrijk om te weten in hoeverre de pomp beschermd moet zijn tegen bijvoorbeeld corrosie.

De voor- en nadelen van de verschillende krachtbronnen zijn hieronder in een schema samengevat.

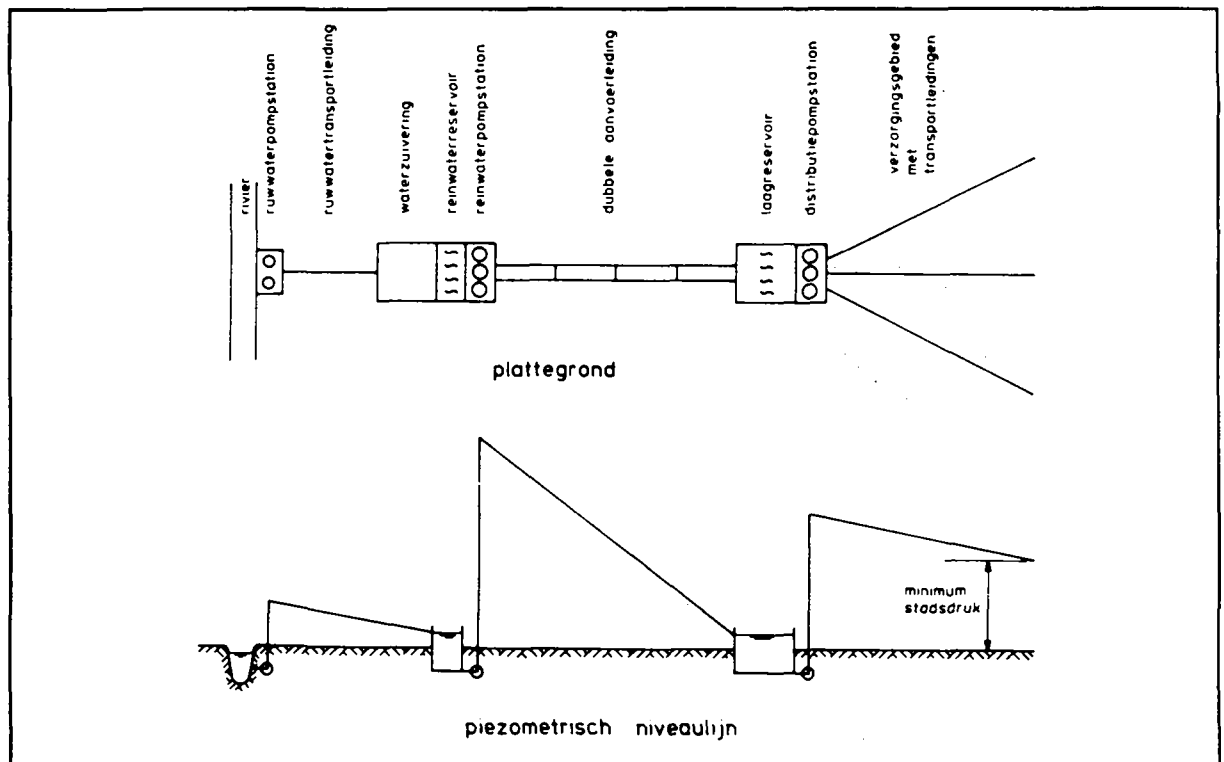
krachtbron	voordelen	nadelen
mankracht	-goed verkrijgbaar -lage investering -flexibel toe te passen	-erg lage opbrengst -hoge voedingskosten -tijdrovend
dierkracht	-goed verkrijgbaar -gematigde investering -opbrengst voldoende voor kleinschalige irrigatie -flexibel toe te passen	-hoge voedingskosten ook als het niet werkt
wind	-geen brandstofkosten	-afhankelijk van de wind

	<ul style="list-style-type: none"> -onderhoud gemakkelijk -lage kosten per eenheid opbrengst in winderige streken 	<ul style="list-style-type: none"> -opslag vaak noodzakelijk -relatief hoge investering
waterkracht	<ul style="list-style-type: none"> -lage kosten -lange levensduur -weinig onderhoud -geen brandstofkosten 	<ul style="list-style-type: none"> -alleen in bergstreken -veel 'verloren' water
electriciteit	<ul style="list-style-type: none"> -lage investering als aansluiting aanwezig -hoge opbrengst 	<ul style="list-style-type: none"> -electriciteit vaak niet of gebrekkig aanwezig -hoge stroomafname soms problematisch -verbetering aansluiting en opwekking erg duur
brandstof	<ul style="list-style-type: none"> -wereldwijd verspreide technologie -hoge opbrengst -draagbaar -lage investering per eenheid opbrengst 	<ul style="list-style-type: none"> -brandstofkosten vaak hoog -reserve-onderdelen soms moeilijk verkrijgbaar -goed onderhoud moeilijk -relatief korte levensduur
zonne-energie	<ul style="list-style-type: none"> -gratis en vaak in ruime mate aanwezig -lange levensduur -weinig onderhoud 	<ul style="list-style-type: none"> -erg hoge investering -opbrengst afhankelijk van de zon

HOOFDSTUK 5. WATEROPSLAG EN TRANSPORT

5a. Capaciteit

In westerse landen moet een waterleidingsbedrijf onder alle omstandigheden aan de vraag naar water kunnen voldoen. De vraag varieert voortdurend. Daarom is men genoodzaakt water op te slaan in een reservoir om zodoende de pieken in de afname te kunnen opvangen. In figuur 5.1. is een waterleidingsbedrijf in Nederland schematisch weergegeven.



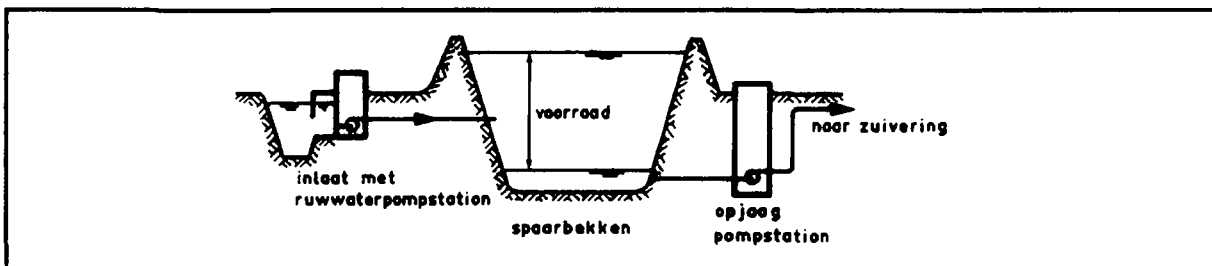
figuur 5.1: waterleidingsbedrijf in Nederland

Het water wordt hier in laagreservoirs opgeslagen om daarna naar de afnemer gepompt te worden. In Nederland is het gebruikelijk de laagreservoirs een zodanige inhoud te geven van circa 25% van het maximum dagverbruik óf 1 promille van het jaarverbruik.

Direct na de waterzuivering bevindt zich de reinwaterreservoir met een capaciteit van 5 à 10% van het gemiddelde dagverbruik. Dit reservoir heeft tot functie de verschillen tussen de

aanvoer en de afvoer van resp. het 'ruwe' water (ongezuiverd) en het reinwater (gezuiverd) én eventuele storingen in de pompen te overbruggen.

Bij winning van oppervlaktewater uit rivieren is voorraadvorming vóór de zuivering vaak nodig om de perioden met onderbroken inname (bijvoorbeeld door vervuiling) te overbruggen. Dit geschiedt o.a. in open spaarbekkens met een capaciteit van enkele maanden verbruik (fig.5.2). Door de zelfreinigende werking welke het water tijdens het verblijf in de spaarbekken ondergaat, kan men met een lichtere zuivering volstaan.

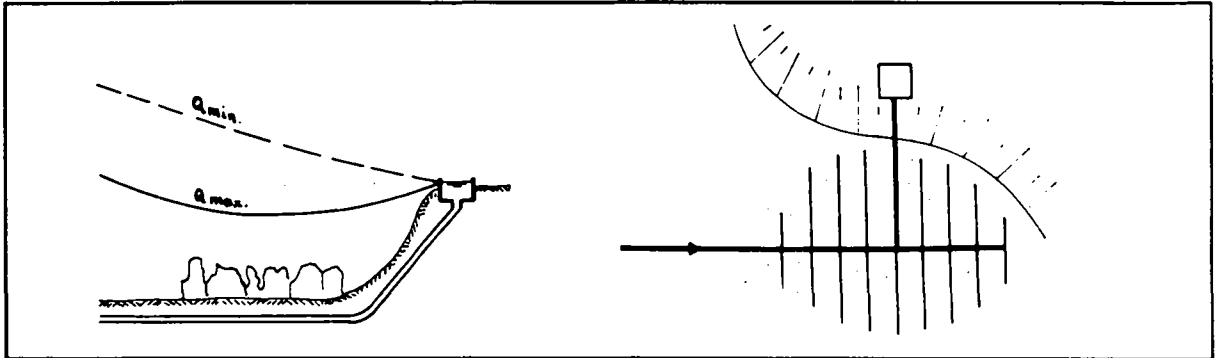


figuur 5.2: rivierwateronttrekking met voorraadvorming in open spaarbekken

Ook andere oorzaken kunnen opslag noodzakelijk maken. Waterleidingsbedrijven hebben energie nodig in de vorm van elektriciteit of brandstof. In ontwikkelingslanden is de aanvoer van deze energie niet altijd gegarandeerd. Heeft men gekozen voor energiebronnen als wind en zon, dan moet men rekening houden met een fluctuerende aanvoer van energie. In deze gevallen is opslag noodzakelijk. De optimale capaciteit van de opslag is hierbij moeilijk te geven. In lit. 15 wordt hierop ingegaan voor windpompen.

5b. Inrichting van reservoirs

In de beginjaren van de openbare watervoorziening in Nederland en tegenwoordig nog in ontwikkelingslanden werden en worden de reservoirs als watertorens uitgevoerd. In Nederland is door de stijging van het verbruik dit technisch niet langer mogelijk en door de ontwikkeling van pomp- en regeltechniek ook niet meer noodzakelijk. In het heuvelachtige buitenland worden



figuur 5.3: een hoogreservoir

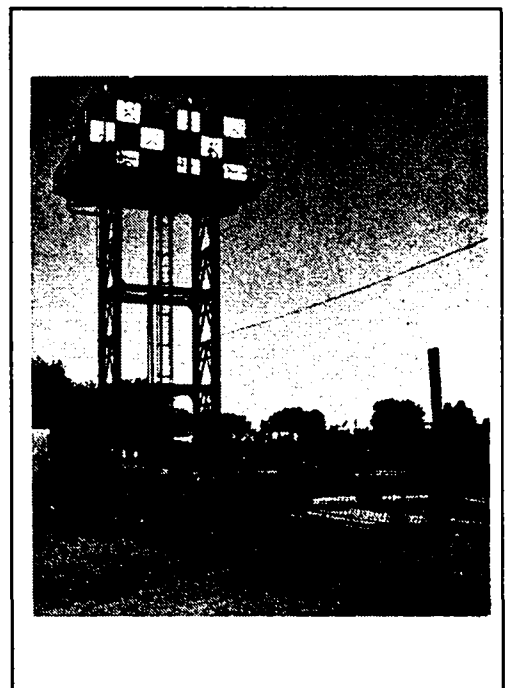
hooggelegen reservoirs (hoogreservoirs) nog op grote schaal toegepast, zie figuur 5.3.

De bouw van watertorens is eenvoudig. Men behoeft slechts rekening te houden met:

- Een goede doorstroming om te voorkomen dat een deel van het water hierin lange tijd blijft staan en de kwaliteit achteruit gaat.
- Een goede ventilatie om bij wisselende waterstanden de bovenstaande lucht in staat te stellen in of uit te stromen. Wel moeten de ventilatiegaten met fijn gaas worden afgedekt om vervuiling van buitenaf te voorkomen.



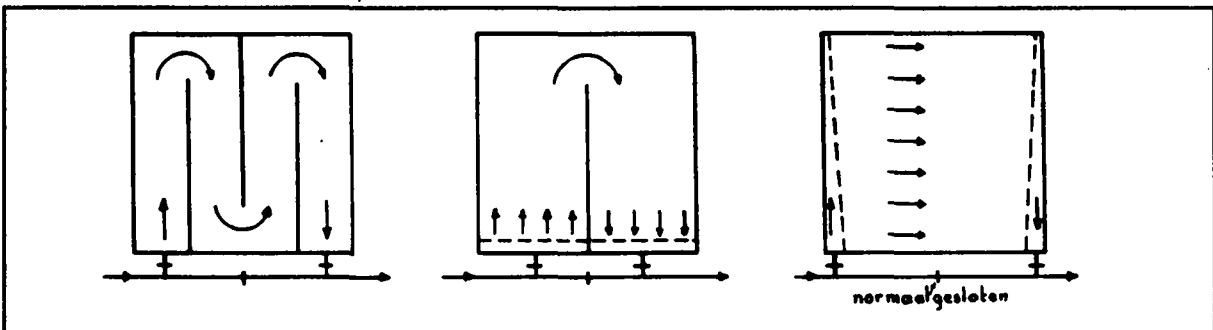
figuur 5.4: watertoren in Breda



figuur 5.5: watertoren in Sudan

- Een leegloopleiding voor inspectie en onderhoud
- Een zo glad mogelijke binnenwand om vuilaanhechting te voorkomen.
- Bestand tegen corrosie.

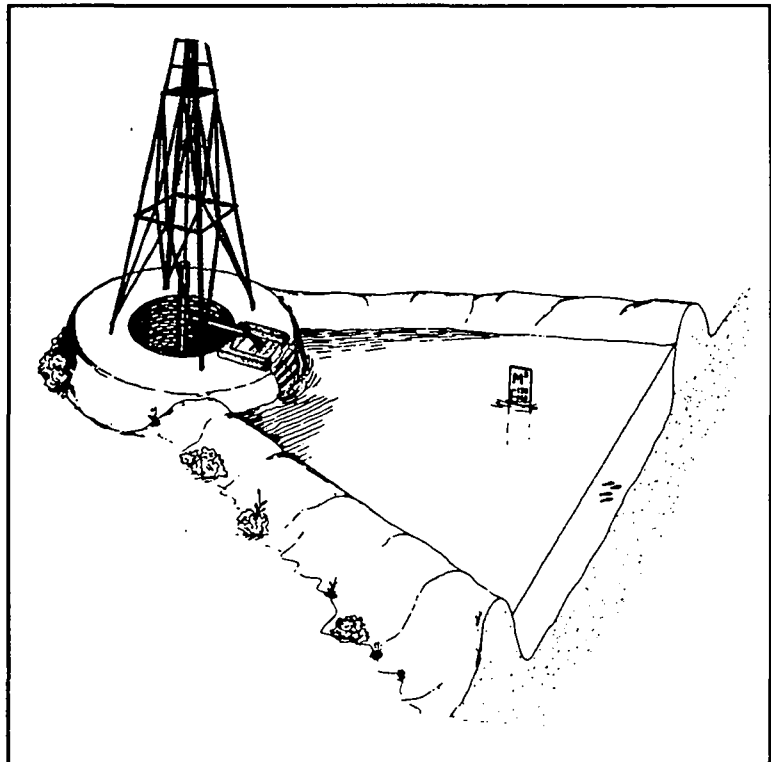
Hoog- en laagreservoirs hebben een veel grotere inhoud dan watertorens. Om kortsluiting en dode hoeken met stilstaand water te voorkomen kunnen leischotten worden toegepast, zie figuur 5.6.



figuur 5.6: reservoirs met verschillende leischotten

Wateropslag voor irrigatie kan eenvoudig geschieden d.m.v. waterbakken, zoals in figuur 5.7.

Opslag van kleine omvang kan ook in zogenaamde ferroce-ment tanks geschieden. Ferroce-ment tanks zijn cylinder-vormige tanks met een dunne wand (3 tot 10 cm. dik), gemaakt van beton met een wape-ning van betonijzer en dun gaas, bijvoor-



figuur 5.7: een windpomp met reservoir

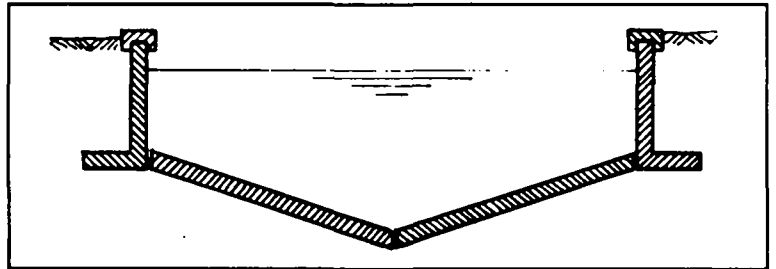
beeld kippegaas. Deze tanks zijn goedkoop en eenvoudig te maken, zie lit. 16.

5c. Leidingen

Voor het transport van water kunnen 2 soorten leidingen worden onderscheiden, nl.:

- Open leidingen, voor bijvoorbeeld de aanvoer van ruw oppervlaktewater. De leidingen hebben een grote dwarsdoorsnede waardoor de stroomsnelheid laag is (0,2-0,5 m/s) en de wrijvingsverliezen verwaarloosbaar (fig.5.8).

Een ander voorbeeld van open leiding is een irrigatiekanaal.



figuur 5.8: open leiding

- Gesloten leidingen. Het dwarsprofiel is beperkt, de stroom

snelheid dus groot (1 à 2 m/s). Daardoor zijn de wrijvingsverliezen veel hoger.

De pompinstallatie aan het begin van een transportleiding moet in staat zijn om de gewenste afvoer Q over een hoogte H op te voeren. De benodigde druk hiervoor bestaat uit 3 delen:

1. de statische druk $p[\text{stat}]$
2. de snelheidsdruk $p[w1]$
3. de wrijvingsweerstand $p[w2]$

De totale benodigde druk p is nu:

$$p = p[\text{stat}] + p[w1] + p[w2]$$

waarbij geldt: $p[\text{stat}] = \rho \cdot g \cdot H$; waarin

ρ = dichtheid van water = 1000 kg/m³

g = valversnelling = 9,8 m/s²

H = opvoerhoogte [m]

$p[w_1] = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$; waarin
 $v =$ stroomsnelheid [m/s]

$p[w_2] = \Sigma \zeta \cdot p[w_1] = \zeta \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$; waarin
 voor rechte pijpen: $\zeta = \lambda \cdot l/d$; waarin
 $\lambda =$ wrijvingscoëfficiënt, te berekenen met:
 $\lambda = 0,02 + 0,0018 / \sqrt{v \cdot d}$
 $l =$ leidinglengte [m]
 $d =$ inwendige leidingdiameter [m]

Voor bochten en onderdelen zoals kleppen en afsluiters zijn ook ζ -waarden bekend, zie lit. 17 en 18.

Is de stroomsnelheid niet constant, m.a.w. vindt er een versnelling plaats, dan is er ook sprake van een versnellingsdruk $p[a]$, te berekenen met:
 $p[a] = l \cdot \rho \cdot a$
 waarin: $a =$ versnelling van het water [m/s²]

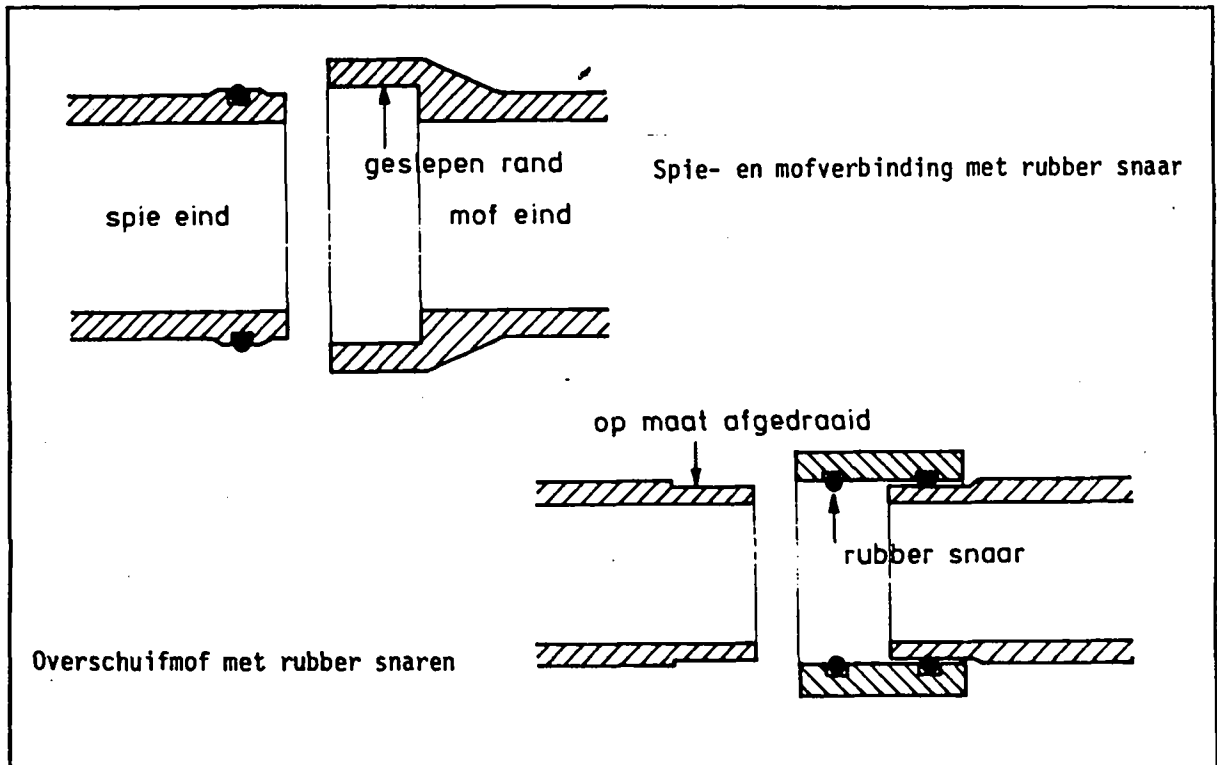
5d. Buismaterialen en -verbindingen

Van oudsher zijn terracotta, brons, lood, hout, grijs gietijzer, gegevalvaniseerd ijzer, beton en in mindere mate ook asbestcement toegepast als leidingmaterialen. In ontwikkelingslanden gebruikt men voornamelijk gegalvaniseerd ijzer, maar momenteel zijn p.v.c. en ook polyetheen in opmars. Bij kunststof moet men rekening houden met veroudering in fel zonlicht. Polyetheen leidingen van kleinere diameter zijn op rol verkrijgbaar en maakt dit materiaal zeer geschikt voor huisaansluitingen en kleinere leidingen van het leidingnet. Verschillende overwegingen spelen bij de materiaalkeuze een rol, o.a.:

- mechanische sterkte en stijfheid
- bestendig tegen corrosie
- bescherming van de waterkwaliteit tegen oplossen van zware metalen als lood en zink of afgifte van asbestvezels.
- de wandruwheid

- de bouwkosten, zoals aankoop, transport en installatie.

Voor de verbindingen zijn er in de loop der jaren tal van constructies ontwikkeld, zoals de rubbersnaarverbinding, zie figuur 5.9.



figuur 5.9: de snaarverbinding

De rubbersnaarverbinding zijn snel te maken en laten een hoekverdraaiing van 1 à 2° toe.
 Bij ijzeren leidingen is de schroefverbinding gebruikelijk.
 Voor meer informatie zie lit. 2.

HOOFDSTUK 6 WATERZUIVERING

6a. Doel

Waterzuivering heeft tot doel grond- en oppervlaktewater zodanig in fysisch, chemisch en bacteriologisch opzicht te wijzigen, dat het zonder bezwaar door de bevolking en industrie gebruikt kan worden. Het water moet niet alleen helder zijn, zonder onaangename geur of smaak, maar ook hygiënisch betrouwbaar en met een lage gehalte van zout en organische verbindingen. Wat betreft grondwater kan er aan deze gestelde eisen doorgaans gemakkelijk worden voldaan. Wat betreft oppervlaktewater wordt dit reeds moeilijker, vooral in dichtbevolkte en geïndustrialiseerde gebieden. Juist hier is de vraag naar water zo groot dat men genoodzaakt is het water uit vaak sterk verontreinigde rivieren te onttelen.

6b. Methoden

Er zijn verschillende vormen van waterverontreiniging die elk een bepaalde methode van zuivering vereisen. Een aantal methodes zullen behandeld worden, met de werking ervan en voor welk beoogde resultaat. Daarna worden er voorbeelden gegeven van zuiveringsprocessen die bestaan uit een combinatie van zuiveringsmethoden.

6b1. Aeratie

Aeratie is een proces waarbij water in innig contact gebracht wordt met lucht teneinde het gehalte aan in water opgeloste gassen te veranderen, nl. om het zuurstofgehalte te verhogen en de gehalten van koolzuur, methaan, zwavelwaterstof en vluchtige organische verbindingen te verlagen.

Dit proces kan met verschillende systemen worden verkregen, nl. door het water in fijne druppels of dunne lagen door de lucht te laten vallen (watervalbeluchters of versproeijs) of

door lucht in kleine belletjes door het water te laten opstijgen (bellenbeluchters). Het is een eenvoudig proces en dus voor ontwikkelingslanden aantrekkelijk.

6b2 Precipitatie

Precipitatie is een proces waarbij opgeloste anorganische zouten worden omgezet in onoplosbare verbindingen, die vervolgens door bezinking of filtratie kunnen worden verwijderd. Een voorbeeld is de oxidatie van oplosbare ferro-verbindingen tot onoplosbare ferri-hydroxide en ook de ontharding van het water door calcium te binden aan carbonaat wat samen een onoplosbare calciumcarbonaat vormt. Is het onoplosbare deeltje zwaarder dan water, dan zakt het omlaag en spreekt men van bezinking. Stijgt het deeltje omhoog, dan heet het flotatie.

6b3. Coagulatie en flocculatie

Naarmate de onoplosbare deeltjes kleinere afmetingen hebben, neemt de bezinksnelheid af. Zijn de deeltjes electrisch neutraal, dan worden ze door roeren bij elkaar gebracht en kleven ze samen. Maar vaak zijn de deeltjes negatief geladen. Door toevoeging van positieve ionen kleven de deeltjes samen. Dit proces van samenkleven van deeltjes heet flocculatie.

Chemische coagulatie is een proces waarbij zouten worden toegevoegd die samenkleefbare deeltjes vormen en tijdens het bezinken de onoplosbare deeltjes meenemen.

6b4. Roosters en zeven

Roosters bestaan uit ronde of platte staven, onderling door strippen gekoppeld en onder een geringe hoek met de verticaal opgesteld. Het grove vuil wordt hiermee tegengehouden en regelmatig met een roosterhark verwijderd. De openingen zijn normaal niet kleiner dan 2 cm, alleen in de tropen met veel plantengroei gebruikt men fijnroosters met openingen van 0,5 tot 2 cm breed.

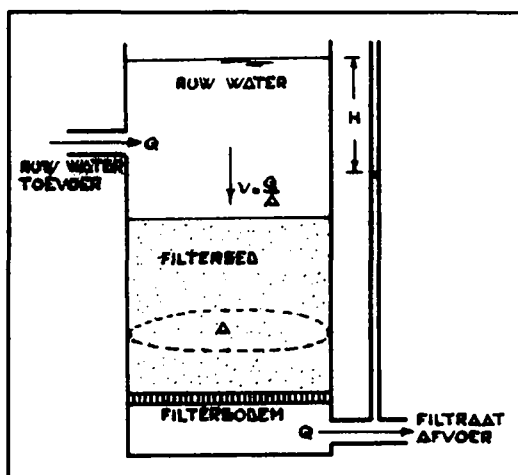
Zijn nog kleinere openingen gewenst, 0,1 à 5 mm, dan moeten met vierkant geweven gaas bespannen zeven worden gebruikt. Deze zijn in voortdurende beweging, waardoor ze voortdurend met water en lucht kunnen worden schoongespoeld.

6b5 Filtratie

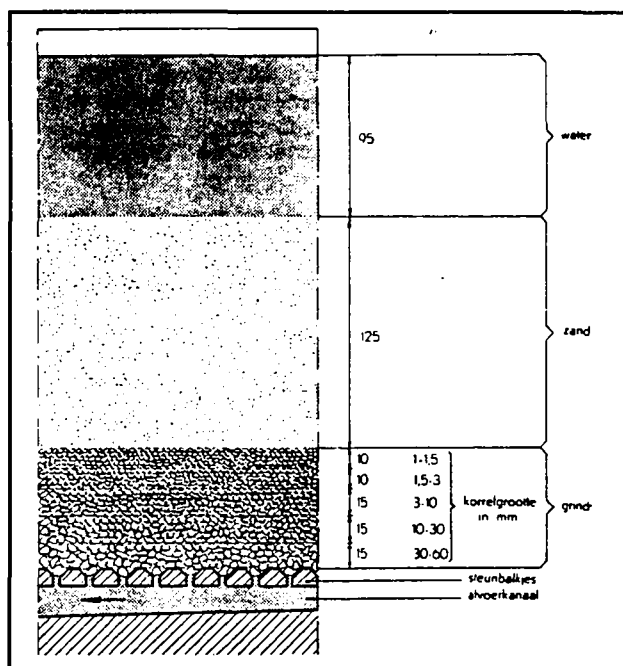
Filtratie (fig. 6.1) is een proces waarbij het water tijdens de stroming door een bed van poreus materiaal wordt ontdaan van verontreinigingen. Dit bed is doorgaans een laag zand die van boven naar beneden doorstroomd wordt met een snelheid van 0,05 tot 5 mm/s. De onoplosbare stoffen worden tegengehouden, het aantal bacteriën en ander organismen sterk verminderd

en belangrijke wijzigingen in chemische samenstellingen tot stand gebracht. Door de afzetting van stoffen op en tussen de zandkorrels neemt de porositeit van het filter af en zal op een bepaald moment nodig zijn het bed schoon te maken. Ten aanzien van de wijze van schoonmaak kunnen 2 verschillende typen filters worden onderscheiden, nl. langzaamfilters en snelfilters.

Langzaamfilters worden al sinds de vorige eeuw toegepast. Ze bestaan in principe uit een bak van beton met een diepte van 3 à 4 meter en een oppervlak van enkele honderden tot enkele duizen-



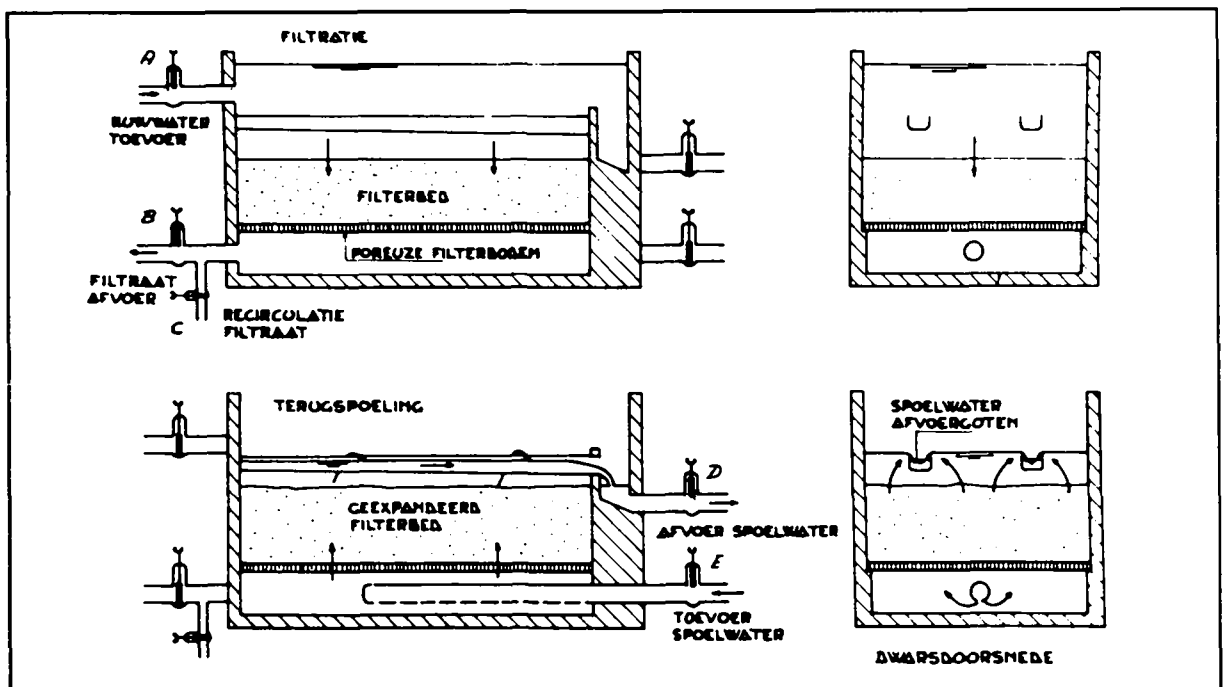
figuur 6.1: filtratie



figuur 6.2: schema van een langzaam zandfilter

den m^2 . De bak is gevuld met een laag fijn zand van 0,8 tot 1,3 meter dik. Het water zakt hier doorheen met een geringe snelheid van circa 0,1 à 0,2 mm/s. Onderin de bak bevindt zich een drainage systeem opgebouwd uit geperforeerde buizen met eromheen grind, wat het gefilterde water opvangt. De meeste afzetting vindt plaats aan het oppervlak van het bed, waardoor een verwijdering van de bovenste laag ter dikte van 0,5 tot 2 cm voldoende is. Het kan weken tot maanden duren alvorens schoonmaak noodzakelijk is. Het systeem is erg betrouwbaar, maar wel duur in aanleg en exploitatie en vereist enorme terreinoppervlakken. Voor ontwikkelingslanden is de situatie gunstiger, omdat ruimte en ongeschoolde arbeiders voor filterschoonmaak nog volop voorhanden zijn, terwijl de bouw met lokale kennis, bouwmaterialen en arbeidskrachten kan geschieden.

In de westerse landen wordt vaak snelfiltratie toegepast (fig. 6.3). De stroomsnelheid ligt hier tussen 2 à 5 mm/s, waardoor het oppervlak veel kleiner kan zijn (10 tot 100 m^2). Het fil-



figuur 6.3: constructie van een open snelfilter

termateriaal is grover en gelijkmatiger. De verontreinigingen kunnen zich dieper in het bed afzetten. Verstoppingen treden

sneller op, al na één of enkele dagen. Schoonmaak geschiedt door de stroomrichting om te keren en het bed met grote snelheid van beneden naar boven met grote snelheid (10 à 20 mm/s) te doorstromen.

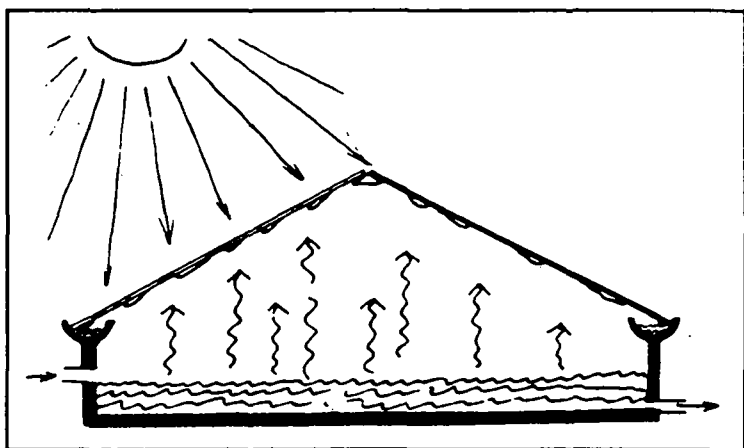
6b6. Desinfectie

Om hygiënisch betrouwbaar te zijn, mag drinkwater slechts een uiterst geringe hoeveelheid E-coli-bacteriën bevatten (1 per 100 ml volgens EEG-normen). Grondwater voldoet van nature aan deze eis, doch oppervlaktewater is vaak besmet. Bij de vorige behandelde methoden daalt het gehalte van E-coli. Is verdere reductie nodig, dan kan dit door desinfectie. Voorbeelden zijn het koken van water, het gebruik van ultra-violet licht of ultra-geluidstrillingen en de toevoeging van chloor, broom, jodium of ozon. Deze chemicaliën behoeven slechts in geringe hoeveelheid te worden toegevoegd.

6b7. Ontzouting

Om van zout of brak water goed drinkwater te maken zijn een aantal verschillende methoden ontwikkeld, waaronder:

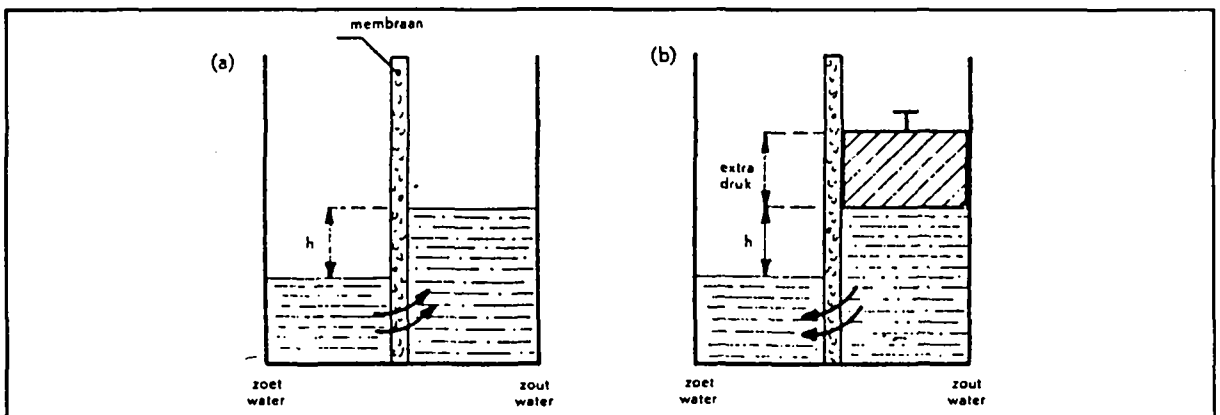
- Destillatie. Het water wordt aan de kook gebracht en verdampt. De damp wordt opgevangen en verzameld. Dit kost erg veel energie. Als energiebron kan ook de zon gebruikt worden. In figuur 6.4 afgebeelde constructie wordt het water onder het glas opgewarmt en verdampt. De damp condenseert tegen de glasplaat en lekt omlaag in een opvanggoot. De opbrengst van deze methode is erg laag, ongeveer 4 liter per m² per dag (zie lit. 19).



figuur 6.4: broeikasdestillator

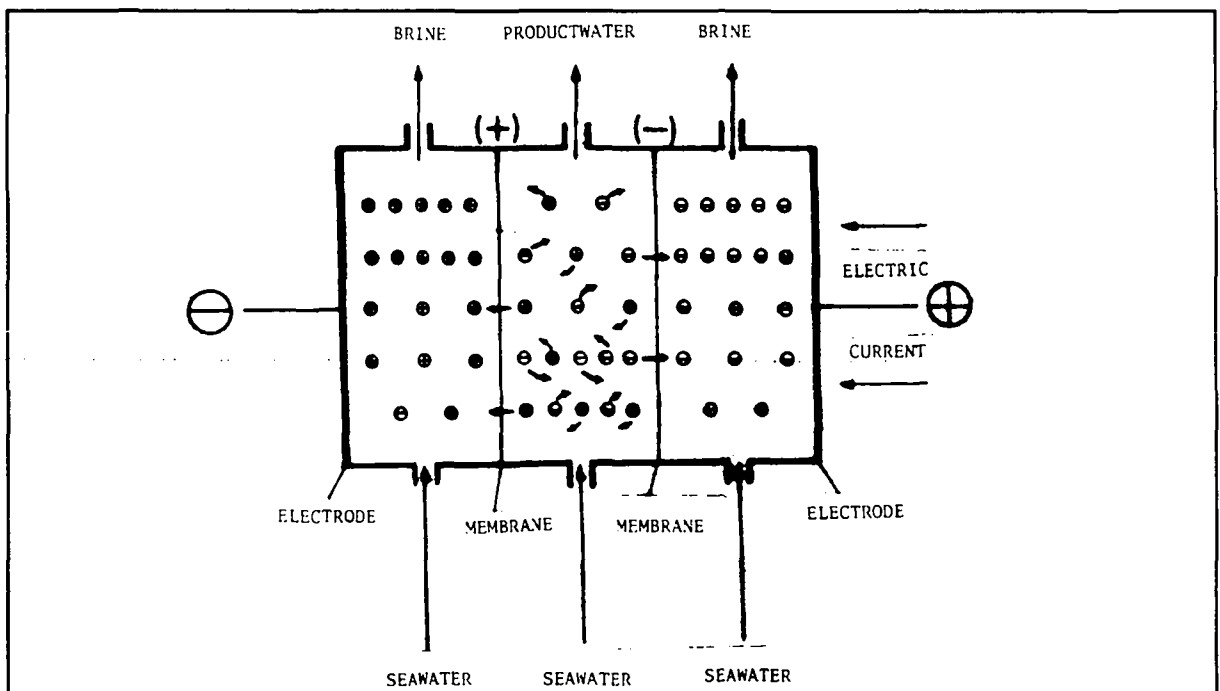
Op schepen en in elektrische centrales worden ook destillatoren toegepast, waarbij de warmte van de motoren cq. condensors gebruikt wordt om het water te verdampen.

- Membraanfiltratie. Het water wordt onder hoge druk tegen een membraan geperst. De membraan heeft de eigenschap alleen de watermoleculen in één richting door te laten, ook wel omgekeerde osmose genoemd. Deze technologie is nog in ontwikkeling, maar wordt al in verschillende (vooral Arabische) landen toegepast (fig.6.5).



figuur 6.5: omgekeerde osmose

- Electro-dialyse. Door electro-dialyse wordt de na^+ en cl^-



figuur 6.6: electro-dialyse

ionen aangetrokken naar resp. de negatieve en positieve

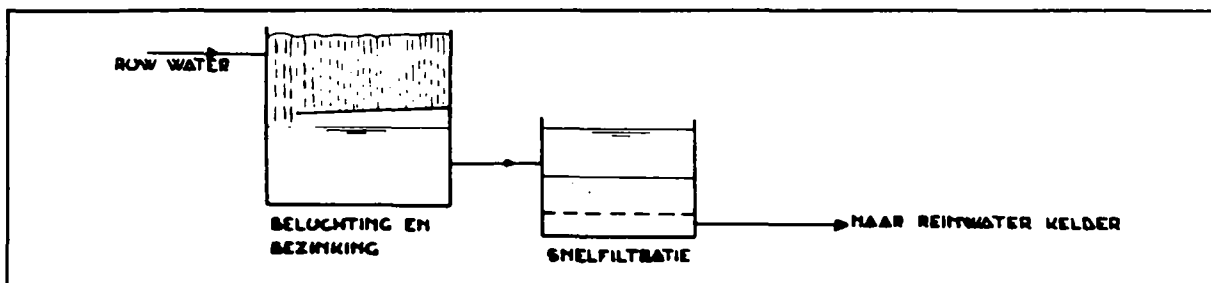
polen door een membraan heen. Ook deze methode kost veel energie (fig.6.6).

- **Uitvriezen.** Het vriesproces is gebaseerd op het verschijnsel, dat bij het afkoelen van een zoutoplossing tot een temperatuur, waarbij ijsvorming optreedt, het gevormde ijs theoretisch uit zuiver water bestaat. In werkelijkheid zullen de ijskristallen ingesloten zout bevatten. Worden de ijskristallen afgescheiden en uitgewassen met zuiver water en vervolgens gesmolten, dan kan zoet water worden verkregen met een redelijk laag zoutgehalte.

Voor meer informatie over ontzouting zie lit. 20.

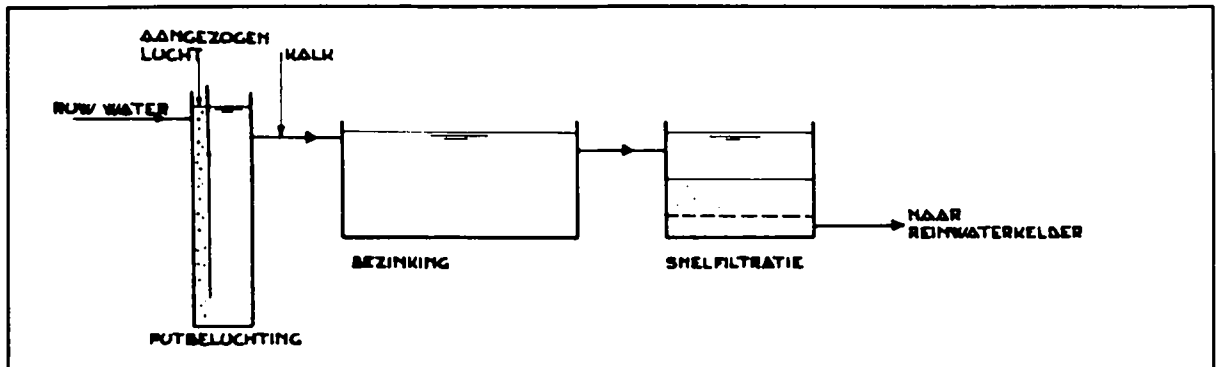
6c. Zuiveringssystemen

Voor de zuivering van water kan meestal niet met één van de vorige methoden worden volstaan, doch zal een aantal van hen tot een zuiveringssysteem moeten worden samengevoegd. Door de reinigende werking van de bodem is diep grondwater hygiënisch betrouwbaar en behoeft geen desinfectie te worden toegepast. Indien noodzakelijk kan door aeratie het zuurstofgehalte worden verhoogd en door kalktoevoeging het koolzuurgehalte worden verlaagd. De opgeloste ferro-verbindingen worden omgezet in onoplosbare ferri-complexen, die vervolgens door bezinking en snelfiltratie kunnen worden verwijderd.

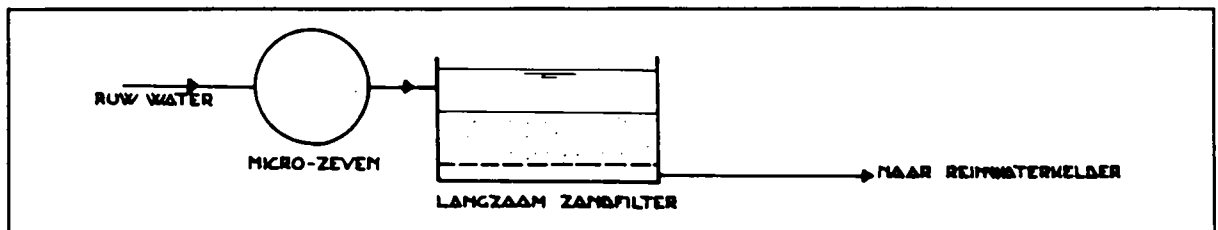


figuur 6.7: zuivering van anaeroob, ijzerhoudend grondwater

Door de kans op besmetting moet oppervlaktewater meestal gedesinfecteerd worden. Is het water licht verontreinigd dan is langzame zandfiltratie voldoende, eventueel voorafgegaan door roosters en zeven (zie figuur 6.9).

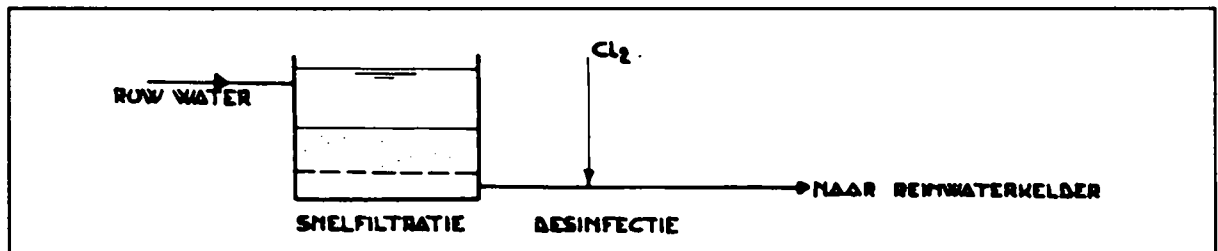


figuur 6.8: zuivering van duinwater met ontharding



figuur 6.9: zuivering van lichte verontreinigd oppervlaktewater

Goedkoper en moderner maar beslist niet beter is een snel-filtratie, gevolgd door desinfectie (zie figuur 6.10).

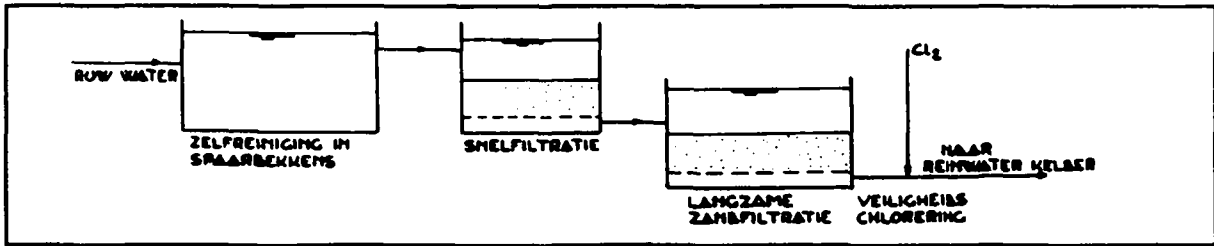


figuur 6.10: zuivering van lichtverontreinigd afvalwater

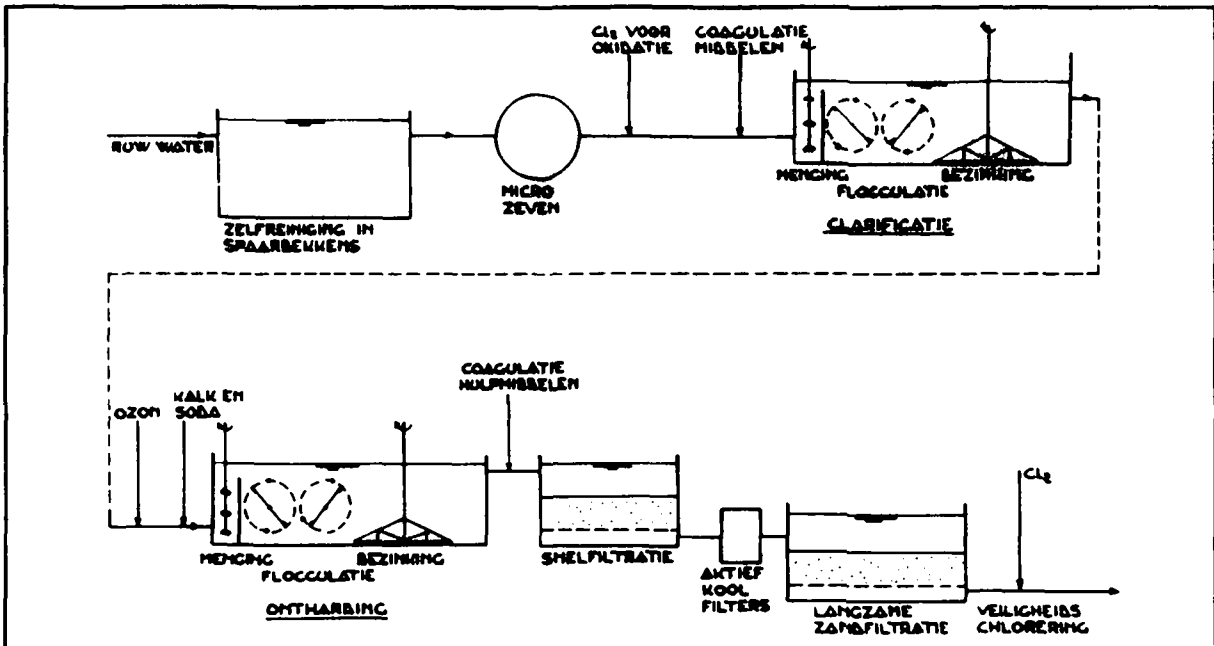
Voor meer verontreinigd water moeten de systemen worden uitgebreid met bijvoorbeeld voorgeschakeld een zelfreinigende spaarbekken, zoals in figuur 6.11.

Figuur 6.12 geeft een systeem voor sterkverontreinigd rivierwater weer.

Voor ontwikkelingslanden geven zulke uitgebreide systemen veel problemen. Ze zijn erg duur, vereisen vakkennis bij het bedienend personeel en bij chlorering is een regelmatige toevoer van chemicaliën noodzakelijk. Maar al te vaak blijken zuiveringsinstallaties door slecht onderhoud en bediening gebreken



figuur 6.11: zuivering van verontreinigd rivierwater



figuur 6.12: zuivering van sterk verontreinigd rivierwater

te vertonen zoals defecte filters en chemicaliëndoseerinrichtingen, e.d. Hieruit blijkt dat voor deze landen de systemen zo eenvoudig mogelijk gehouden moeten worden. Aeratie en langzame zandfilters blijken zonder veel problemen goed te functioneren. In lit. 3 en 21 worden een aantal uitvoeringen van zuiveringsinstallatie voor ontwikkelingslanden weergegeven.

LITERATUURLIJST

1. 'Drinkwatervoorziening I', door prof.ir.L.Huisman, Technische Universiteit Delft.
2. 'Drinkwatervoorziening II', door prof.ir.L.Huisman, Technische Universiteit Delft.
3. 'Treatment methods for water supplies in rural areas of developing countries', door prof.ir.L.Huisman, Technische Universiteit Delft.
4. 'Irrigation methods used in Botswana', door S.Kruitwagen, Botswana Technology Centre.
5. 'Opvang en opslag van regenwater', door C.Pieck, T.W.O.
6. 'Shallow wells', door D.H.V. Consulting Engineers.
7. 'Hand drilled wells', door B.Blankwaardt, Stichting TOOL.
8. 'Inventory of pumps', door S.H.Villierius en K.Kieft, C.W.D.
9. 'Handpumps', door F.Eugene McJunkin, International Reference Centre.
10. 'Windmills for small-scale irrigation', door L.R.van Veldhuizen, C.W.D.
11. 'Windenergie voor de derde wereld', door Frans Brughuis, W.O.T.
12. 'Waterrammen', door Stichting TOOL.
13. 'Solar-powered electricity', door B.McNelis, A.Derrick en M.Starr, Intermediate Technology Publications.
14. 'Small-scale solar-powered irrigation pumping systems, technical and economic review', door Sir W.Halcrow and Partners en I.T.D.G., Londen
15. 'Required storage capacity in windpump irrigation systems', door H.J.van Dijk, C.W.D.
16. 'Ferrocement water tanks and their construction', door S.B.Watt, Intermediate Technology Publications.
17. 'Polytechnisch zakboekje', door PBNA.
18. 'Pompen', door ir.L.W.P.Bianchi, P.Büstraan en ir.J.Stolk, Stam technische boeken.
19. 'Solar energy, simple applications', door W.O.T.

20. 'Seawater desalination and wind energy: A system analysis', door P.Feron, C.W.D.
21. 'Rural water supply in developing countries', door W.van Gorkum en K.Kempenaar, Technische Universiteit Delft.

ADRESSEN

- W.O.T. (Werkgroep Ontwikkelingstechnieken), Universiteit Twente, WB-N109, Postbus 217, 7500AE Enschede, tel: 053-892845.
- C.W.D. (Consultancy Services Wind Energy Developing Countries) p/a DHV, Postbus 85, 3800 AB Amersfoort, tel: 033-689111.
- Stichting TOOL (Technische Ontwikkeling Ontwikkelings Landen), Entrepôtdok 68a/69a, 1018 AD Amsterdam, tel: 020-264409.
- T.W.O. (Technische Werkgroep Ontwikkelingssamenwerking), p/a DHV, Postbus 85, 3800 AB Amersfoort, tel: 033-689111.
- I.R.C. (International Reference Centre for Community Water Supply and Sanitation), Postbus 93190, 2509 AD Den Haag, tel: 070-3814911.
- I.T.D.G. (Intermediate Technology Development Group Ltd.), 9 Kingstreet, London WC2E 8HN, U.K.
- V.I.T.A. (Volunteers in Technical Assistance), 3706 Rhode Island Avenue, Mt. Rainier Maryland, USA 20822.
- G.A.T.E. (German Appropriate Technology Exchange), Dag-Hammarskjöld-weg 1, D-6236 Eschborn 1, B.R.D.

WOT-INFORMATIE

De Werkgroep Ontwikkelingstechnieken (WOT) is een organisatie aan de Universiteit Twente zonder winstoogmerk, die mensen in ontwikkelingslanden wil bijstaan door het verstrekken van technische adviezen. Het kennisgebied van de WOT beslaat watervoorziening met in het bijzonder het gebruik van windmolens, zonne-energie toepassingen, voornamelijk waterverwarming, zonnedrogers en zonnekooktoestellen, en tenslotte rolstoelen.

Door middel van haar advieswerk tracht de WOT een bijdrage te leveren aan de verbetering van de positie van de sociaal-economisch zwakke bevolkingsgroepen in ontwikkelingslanden. De gegeven adviezen dienen aan te sluiten bij de situatie waarin ze toegepast moeten worden, zodat het in de praktijk brengen zoveel mogelijk kan geschieden door de plaatselijke bevolking. De WOT ziet de techniek als één van de middelen om een ontwikkelingsproces te stimuleren of op gang te brengen.

Het adviseren geschiedt normaliter per post. Via een briefwisseling met ontwikkelingswerkers of instituten in ontwikkelingslanden worden de nodige gegevens verkregen, waarmee een advies kan worden opgesteld.

De WOT bestaat uit vrijwilligers, waaronder veel studenten van de Universiteit Twente. Twee vaste medewerkers zorgen voor de administratieve en technische ondersteuning van het advieswerk, terwijl de universiteit een aantal faciliteiten en financiën beschikbaar stelt.