

**DHV**

DHV Raadgevend Ingenieursbureau BV

LIBRARY  
INTERNATIONAL REFERENCE CENTRE  
FOR COMMUNITY WATER SUPPLY AND  
SANITATION (IRC)

---

2 5 4 . 4

8 6 D E

Afstudeerproject HTS Civiele Techniek  
HOOFDSTUDIE

Desinfectie met een met jodium beladen kunsthar

APC 86.02.12

Begeleiding:

- Ir. De Moel (DHV)
- Ir. Van Raaphorst (HTS Zwolle)
- Ir. Van der Wal (HTS Zwolle)

dossier 4-5109-28-09

R. Brinkman  
HTS Zwolle/DHV

juni 1986

254.4-3441



INHOUD	BLZ.
1. INLEIDING	3
2. DRINKWATER EN GEZONDHEID	4
2.1. Water related diseases	4
2.2. Indicator organismen	6
2.3. Kwaliteit en kwantiteit	7
2.4. Conclusie	10
3. PROEFOPZET	11
4. RESULTATEN EN CONCLUSIES	20
4.1. Katadynfilters	20
4.2. Jodium beladen kunstharsen	23
4.2.1. Jodiumafgifte	23
4.2.2. Desinfecterende werking	27
4.3. Conclusies	28
5. TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN	30
LITERATUURLIJST	32
Bijlage 1 - Bacteriologische testen	
Bijlage 2 - Bepaling van het jodiumgehalte	
Bijlage 3 - Gebruiksaanwijzing voor karadynfilters	
Bijlage 4 - Onderzoeksresultaten katadynfilter	
Bijlage 5 - Onderzoeksresultaten jodiumharsen	
Bijlage 6 - Toepassingsmogelijkheden	

LIBRARY, INTERNATIONAL REFERENCE  
 CENTRE FOR COMMUNITY WATER SUPPLY  
 AND SANITATION (IIRC)  
 P.O. Box 93190, 2619 AD The Hague  
 Tel. (070) 814911 ext. 141/142  
 RN: 07551 / 15w 3441  
 LO: 254.4 86DE



---

1. INLEIDING

Deze hoofdstudie is een onderdeel van een afstudeerproject over desinfectie met een met jodium beladen kunsthars, voor de richting Civiele Techniek aan de HTS Zwolle. Het onderzoek dat aan dit project verbonden is wordt uitgevoerd in samenwerking met DHV Raadgevend Ingenieursbureau te Amersfoort.

In de aan dit rapport voorafgaande voorstudie is reeds een overzicht gegeven van watervoorzieningen in ontwikkelingslanden waarop een toepassing van het jodium beladen kunstharsen gericht is.

Uit een overzicht van de tot op heden toegepaste desinfectiemethodes blijkt duidelijk dat vooral de doseringstechnieken een verbetering vereisen. Een met jodium beladen kunsthars kan hier mogelijk een oplossing voor bieden zoals uit voorgaand onderzoek is gebleken.

De dosering was proportioneel en de desinfecterende werking goed.

In dit rapport zal een onderzoek naar de werking van het medium op een langere termijn en de levensduur van de hars gedaan worden. Bovendien zullen de praktische toepassingsmogelijkheden van de harsen besproken worden.



---

## 2. DRINKWATER EN GEZONDHEID

Een verhoging van het gezondheidsniveau met alle gevolgen daarvan voor de samenleving is het sterkste argument om een investering te doen in drinkwatervoorzieningen in ontwikkelingslanden. Hierbij staat voorop dat drinkwater een primaire levensbehoefte is en het derhalve een kwestie van leven of dood is of in deze ten minste minimaal wordt voorzien. Omdat men voor een zo groot mogelijke levenskans kiest zullen de volgende vragen van belang zijn.

1. Welk verband is er tussen de kwantiteit en kwaliteit van drinkwater en het tegengaan van ziektes?
2. In hoeverre worden ziektes door inadequate drinkwatervoorzieningen veroorzaakt?
3. Wat zijn de gevolgen van een verbetering van de drinkwatervoorziening?

Om hierop een antwoord te verkrijgen zullen we eerst een overzicht moeten hebben van de in water voorkomende ziektekiemen.

### 2.1. Water related diseases

Er is inmiddels bekend dat er ca. 135 ziektes zijn die min of meer verband houden met water, dit zijn de zgn. water related diseases. Deze ziektes zijn door Bradley [5] geclassificeerd en naar aard en overdrachtmechanisme ingedeeld.

#### a. Water borne diseases.

Tot deze groep behoren die ziektes waarbij de verwekker wordt overgebracht via het water dat gedronken wordt. Naast de klassieke infecties als cholera en tyfus vallen hier ook geelzucht en vormen van dysenterie onder. Deze ziektes kunnen ook via andere mechanismen de mens oraal bereiken en dus zal ter voorkoming van deze ziektes niet slechts een verbetering van de drinkwatervoorziening uitkomst bieden.

#### b. Water-washed diseases.

Deze ziektes, die voornamelijk in de tropen voorkomen, worden veroorzaakt door een gebrek aan persoonlijke hygiëne en dus veelal door een tekort aan water. Hierbij is de hoeveelheid water voor huishoudelijk gebruik belangrijker dan de kwaliteit ervan. Men onderscheidt hierbij drie typen:

##### 1. Infecties van het darmstelsel

De infectie geschiedt oraal en komt zeer veel voor. De ziektes kunnen zelf dodelijk zijn, vooral bij kinderen. Uit onderzoek is gebleken dat er wel een relatie met de kwantiteit maar niet met de kwaliteit van het water bestond.





- 
2. Lichaamsinfecties van huid en ogen  
Diagnoses van deze ziektes, zoals schurft en schimmelinfecties, zijn zeer duidelijk. Bij deze ziekte is een zeer duidelijke relatie met een gebrek en hygiëne en tekort aan water aangetoond. Ook de ooginfecties komen veel voor en kunnen in enkele gevallen zelfs tot blindheid leiden.
  3. Infecties door insecten  
Dit zijn ziektes die worden veroorzaakt door parasitaire insecten zoals luizen en mijten.
- c. Water based diseases.  
Dit mechanisme manifesteert zich in ziektes waarbij de verwekker, b.v. een worm, een belangrijk deel van zijn ontwikkeling doormaakt in een ander dier dat in het water leeft. Een bekend voorbeeld is de bilharzia worm, die schistosomiasis veroorzaakt, die in kleine slakjes leeft en de mens via de huid infecteert. Een ander voorbeeld is de guinea worm die men via het drinken binnen kan krijgen.
- d. Insect vector diseases.  
Dit zijn ziektes die indirect met water verband houden en waarbij de verwekker van de ziekte in of nabij het open water leeft. Het zijn doorgaans zeer gevaarlijke ziektes zoals b.v. malaria, gele koorts, slaapziekte etc.

Deze verschillende water related diseases vereisen elk een eigen strategie ter voorkoming van de ziektes. Over het algemeen komt deze neer op een verbetering van kwaliteit, kwantiteit of sanitaire voorzieningen (tabel 2.1.).



Tabel 2.1. - Strategie ter voorkoming van water related diseases

Overbrong- mechanisme	Strategie
I Water-borne	— verbetering van de water- kwaliteit — voorkomen van zijdelings gebruik van andere bronnen van slechte kwaliteit
II Water-washed	— verhoging water kwantiteit per capita — verbetering toegankelijkheid bronnen — verbetering hygiene
III Water-based	— beperking contact met ver- dachte bronnen — controle water kwaliteit op slakken- en crustacea populaties — verbetering water kwaliteit
IV Insect vectors	— verbetering management controle oppervlaktewater — opsporen en vernietigen van broedplaatsen voor insecten — beperking of afschaffing van waterreservoirs in of nabij het huis

## 2.2. Indicator organismen

Om nu de waterkwaliteit te bepalen zal een onderzoek naar de aanwezigheid van de bronnen van hierboven genoemde water related diseases, ofwel de pathogene (micro-)organismen plaats moeten vinden. In de praktijk wordt dit slechts zelden uitgevoerd vanwege de volgende redenen:

- een aantal via drinkwater overgedragen pathogenen is nog niet kweekbaar in het laboratorium
- wanneer wel een kweekmethode beschikbaar is, is deze vaak arbeidsintensief en uitsluitend toepasbaar in gespecialiseerde laboratoria
- de aanwezigheid van bepaalde soorten pathogenen in water is niet constant, maar varieert afhankelijk van de besmetting onder de bevolking
- de aantallen pathogene (micro-)organismen in drinkwater zijn meestal laag zodat grote hoeveelheden monster voor onderzoek nodig zijn



De kwaliteitsbeoordeling vindt plaats aan de hand van zogenaamde indicatororganismen die een inzicht verschaffen in de aard van het water en de invloed van zuiveringsprocessen op het water. Omdat via drinkwater overgedragen infecties meestal van faecale oorsprong zijn worden vooral indicatororganismen voor faecale verontreiniging gebruikt. Enkele van deze organismen worden reeds vanaf het begin van deze eeuw als basis voor de microbiologische kwaliteitsbeoordeling van drinkwater gebruikt. Deze organismen zijn Escherichia Coli (E-coli), Streptococcus faecalis en Clostridium perfringens.

Voor de beoordeling van de drinkwaterkwaliteit vormt de aanwezigheid van E-coli's een zeer belangrijke maatstaf. De ervaring van vele decennia heeft namelijk aangetoond dat de afwezigheid van deze bacteriën in drinkwater op een hygiënische betrouwbaarheid duidt. De E-colie leeft onder ideale omstandigheden bij een temperatuur van 37°C in zeer grote aantallen in de spijsverteringsorganen van warmbloedige mensen en dieren.

Door deze eigenschappen is de E-colie een goede indicator voor pathogene organismen die onder gelijke omstandigheden hun ziekteverwekking vertonen. Eventuele afwijkingen van de kwaliteit komen vaak als eerste tot uiting in de aanwezigheid van bacteriën van de coligroep. De zuivering dient dus zover doorgevoerd te worden dat de E-coli's worden verwijderd.

Naast het gebruik van een indicatororganisme als E-coli wordt er veelal een kiementelling uitgevoerd. Dit houdt in dat er een monster van 1 ml op een voedingsbodem gedaan wordt. Dit wordt 24 uur onder 37°C opgeslagen waarna er door bacteria koloniën gevormd worden. Het aantal koloniën is het zogenaamde kiemgetal of koloniegetal. Dit onderzoek geeft slechts een indruk van de biologische en bacteriologische verontreiniging omdat er slechts bepaalde organismen onder deze omstandigheden kolonienvorming vertonen.

De bacteriologische onderzoeken worden uitgevoerd volgens bijlage 1.

### 2.3. Kwaliteit en kwantiteit

Voor de bacteriologische kwaliteit van het water is door het WHO een aantal richtlijnen opgesteld [8] volgens tabel 2.2.



Tabel 2.2. - Richtlijnen voor de bacteriologische kwaliteit

Organism	Unit	Guideline value	Remarks
<i>A Piped water supplies</i>			
<i>A 1 Treated water entering the distribution system</i>			
faecal coliforms	number/100 ml	0	turbidity < 1 NTU for disinfection with chlorine pH preferably < 8.0 free chlorine residual 0.2-0.5 mg/litre following (minimum) contact time of 30 minutes
coliform organisms	number/100 ml	0	
<i>A 2 Untreated water entering the distribution system</i>			
faecal coliforms	number/100 ml	0	
coliform organisms	number/100 ml	3	in an occasional sample but not in consecutive samples
<i>A 3 Water in the distribution system</i>			
faecal coliforms	number/100 ml	0	
coliform organisms	number/100 ml	3	in an occasional sample but not in consecutive samples
<i>B Unpiped water supplies</i>			
faecal coliforms	number/100 ml	0	
coliform organisms	number/100 ml	10	should not occur repeatedly, if occurrence is frequent and sanitary protection cannot be improved an alternative source must be found if possible

Deze richtlijnen zijn voor ontwikkelingslanden irreëel omdat volgens deze richtlijnen bij 95% van de watervoorzieningen teveel E-coli's in het water zit en deze een (sterke) verbetering nodig hebben. Beter zal het zijn om te streven naar E-colie gehalten tot 25 per 100 ml waarbij een kleine kans op infectie optreedt en toch veel mensen van drinkwater voorzien worden. Voor het koloniegetal liggen deze waarden op 10 per ml bij 37°C en 100 per ml bij 22°C.

Met deze richtlijnen zal men de kans op water based en water borne diseases tegengaan.

De water washed diseases zal men kunnen bestrijden door in de minimale waterbehoefte te voorzien waarmee aan de hygiënische gewoontes voldaan kan worden. Anderzijds zal er een maximum aanvoer moeten zijn om het gevaar van een (te) grote hoeveelheid afvalwater tegen te gaan. Hiervoor zijn tot op heden nog geen normen of richtlijnen opgesteld. In de praktijk ligt het verbruik afhankelijk van de situatie tussen 20 en 40 l/p/d en neemt soms toe tot 100 l/p/d indien de kwaliteit en bereikbaarheid toenemen. De minimale bestaandbehoefte wordt op 3-5 l/p/d geschat. Per land wordt er verschillend over het verbruik gedacht. Zo liggen in India de normen op het dubbele van het hierboven genoemde. Voor Indonesië worden normen aangehouden volgens tabel 2.3.





Tabel 2.3. - Waterverbruik Indonesië

<u>Geen distributienet</u>	
Bron	Verbruik
1. regenwater	5 - 15 l/p/d
2. spring of put	15 - 30 l/p/d

<u>Distributienet</u>	
	Marginaal verbruik
1. openbare tappunten	20 l/p/d
2. tuinaansluitingen	55 l/p/d
3. huisaansluitingen	100 l/p/d

Ook de keuze van een watervoorzieningssysteem heeft invloed op de kwaliteit en kwantiteit van het water. In de onderstaande tabel 2.4. is weergegeven wat de gezondheidsrisico's van de verschillende systemen bij verschillende vestigingspatronen zijn en wat de kosten daarvan zijn.

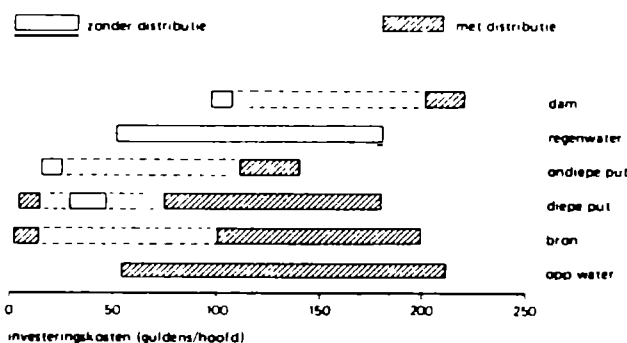
Tabel 2.4. - Watervoorziening en vestigingspatroon

vestigingspatroon	watervoorziening d m v	gezondheidsrisico	kosten (geld of energie)
stedelijke randgebieden	privé-aansluiting	laag	hoog
	openbare kraan	middel	matig
	watervorkoper	hoog	(zeer) hoog
	opp water (onbehandeld)	hoog	laag
	grondwater (bronnen, putten)	hoog	laag
	regenwater	hoog	matig - hoog
platteland geconcentreerd	privé-aansluiting	laag	hoog
	openbare kraan	laag	matig
	watervorkoper	hoog	(zeer) hoog
	opp water (onbehandeld)	hoog	laag
	grondwater (bronnen)	hoog	laag
	grondwater (putten)	laag	laag
	regenwater	middel.	matig - hoog
platteland verspreid	opp water (onbehandeld)	hoog	laag
	grondwater (bronnen, putten)	laag	laag
	regenwater	laag	matig - hoog

Daaruit volgt een overzicht van de investeringskosten voor de diverse systemen (figuur 2.1.) wat weer tot de volgende preferentiële lijst leidt.

1. Geen andere behandeling dan desinfectie; distributie onder vrij verval.
2. Als 1. maar met verpompen.
3. Eenvoudige zuivering (bezinking/filtratie); distributie onder vrij verval.
4. Als 3. maar met verpompen.
5. Verdergaande zuivering nodig; distributie onder vrij verval.
6. Als 5. maar met verpompen.





figuur 2.1. - Investeringskosten per systeem

Een verhoging van het gezondheidsniveau is moeilijk in een directe economische waarde uit te drukken. Indirect kan dit echter wel en komen we tot de volgende waarden.

- Door minder ziekte komt er een kleiner verlies aan productieve arbeidstijd en kan er dus een hogere productiviteit bereikt worden en mogelijk een hoger inkomen.
- Er gaat minder productieve werkracht verloren doordat de zorg voor de zieke achterwege kan blijven.
- Minder geld is nodig voor de medische sector en dit kan nu ten goede komen aan andere doeleinden.
- Toerisme wordt minder afgeschrikt door slecht drinkwater of epidemieën.

#### 2.4.

##### Conclusie

Goed drinkwater speelt een belangrijke rol bij een verhoging van het gezondheidsniveau. Een verbetering van de drinkwatervoorziening komt over het algemeen neer op een kwaliteitsverbetering of een verbetering van de bereikbaarheid van drinkwater. Een kwantificering speelt een beduidend mindere rol in de verhoging van het gezondheidsniveau en is daardoor vaak niet zinvol en voor rurale ontwikkeling vaak utermost moeilijk hard te maken.



### 3. DE PROEFOPZET

In dit rapport wordt de desinfecterende werking van met jodium beladen kunstharsen met een voorfiltratie d.m.v. katadynfilters onderzocht. In feite bestaat het onderzoek uit de volgende onderdelen:

1. testen van de katadynfilters
2. testen van de met jodium beladen kunstharsen
3. toepassing in de praktijk

De katadynfilters (4.2.) worden in de uiteindelijke vorm en proefopstelling gebruikt om een voorfiltratie voor de harsen uit te voeren.

Deze voorfiltratie is nodig om een nagenoeg continue doorstroming van het harsmedium te waarborgen. Grovere deeltjes kunnen op het filterbed blijven liggen en deze zodoende verstopten. Volgens specificaties van katadyn zouden deze filters zelf reeds een desinfecterende werking hebben. Echter, volgens een onderzoek van de consumentenbond [6] wordt dit tegengesproken. Dit is de reden waarom deze filters nog eens aan een extra onderzoek onderworpen worden.

De met jodium beladen harsen zijn reeds op hun desinfecterende eigenschappen onderzocht. Dit is al in de voorstudie besproken. Bij dat onderzoek is geen verder onderzoek naar levensduur of toepassingsmogelijkheden gedaan. Dit zal in dit rapport wel gebeuren.

Voor de toepassingsmogelijkheden wordt zowel de technische als economische kant onderzocht.

Om een onderzoek uit te kunnen voeren naar de met jodium beladen kunstharsen of jodiumharsen zal er voor een verouderingsproces een proefopstelling opgezet worden. Deze proefopstelling is gericht op een desinfectie van water, met jodiumharsen en een voorfiltratie met keramische katadynfilters.

De katadynfilters volgens figuur 3.1. bestaan uit een huls (1) van keramisch materiaal met zeer fijne porieën. In het keramische materiaal (2) zit een zilvertoeslag welke voor een desinfectie zorgdraagt volgens de specificaties van de leverancier. De huls is verder nog gevuld met een hoeveelheid zilverquartz [2] wat een dodende werking heeft ten opzichte van bacteriën die alsnog naar binnen komen.

Vanwege de geringe porositeit van het keramische materiaal zal een doorstroming onder druk plaats moeten vinden. De specificaties volgens figuur 3.2. geven een rechtlijnig verloop aan tussen druk en debiet.



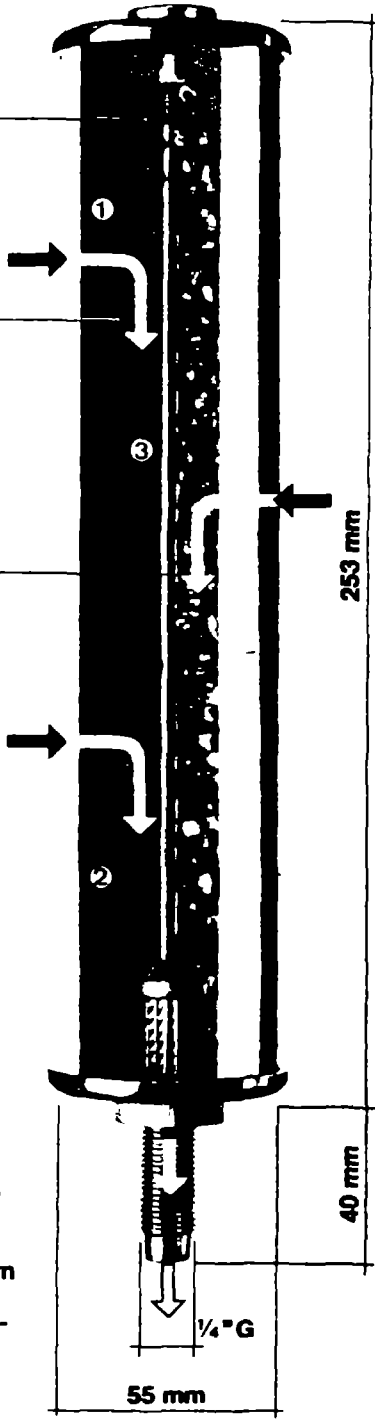
**Longitudinal cut of a selfdisinfecting Katadyn Filter Candle**

**1**  
**Ceramic tube with extremely fine pores**  
 - retains the suspended matter and bacteria contained in the raw water on the outside of the ceramic wall

**2**  
**Finely distributed Katadyn silver, incorporated in the ceramic material**  
 - hinders bacteria from growing through the pores of the ceramic tube  
 - disinfects the ceramic body continuously

**3**  
**Filling of Katadyn silver quartz**  
 - prevents penetration and growth of bacteria from the outlet side

→ unfiltered water  
 → disinfected water



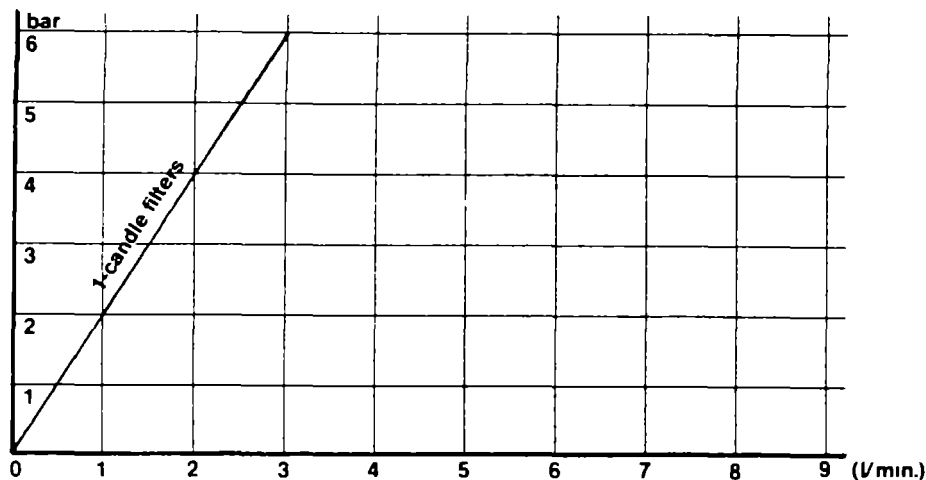
**Katadyn Filter Candles are unique with multiple safety features!**

**The self-sterilizing original Katadyn Filter Candle is the only one that prevents dangerous disease causing germs from growing through the ceramic material, even after many years of continuous use!**

figuur 3.1. - Katadynfilter







figuur 3.2. - Druk specificaties van katadyn

Zoals reeds in de voorstudie bleek hebben de met jodium beladen kunstharsen een goede desinfecterende werking en wat nog belangrijker is, een proportionele dosering. De jodiumafgifte van deze harsen was op de kortere termijn (5000 bv) namelijk nagenoeg constant. Het is nu echter de vraag hoe lang dit zo constant blijft en wanneer er een terugval komt in de jodiumafgifte zoals bij een test met een hars bleek.

De terugval kwam in dat geval pas bij 36.000 bv. Dit kan per hars verschillen, en is tot op heden nog niet verder onderzocht. Wel is het bekend dat er harsen zijn die langer dan 36.000 bv meegaan. Er was in bovenstaande situatie namelijk slechts 1,3% van de totale belading afgestaan.

Bij de poreuze harssoorten zijn er enkele die soms 80 tot 90% van hun belading af kunnen staan. Met dit onderzoek zal dus de desinfecterende werking aan de hand van een verouderingsproces bepaald worden.

Het jodiumgehalte van het effluent van de harsen 60 en 61 lag beduidend lager en ook ging de drukopbouw bij deze harsen niet zo snel zodat met slechts 2 harsen het onderzoek is voortgezet. De harsen 60 en 61 zijn respectievelijk een  $I_3$  en een  $I_5$  belasting hars. Hars 60 is een macroporeuze hars die evenals de poreuze hars 61 bijna 80% van de belading kan afgeven.

Om de proefopstelling op te zetten zullen eerst enkele berekeningen uitgevoerd moeten worden aan de hand van enkele ontwerpgrondslagen.



### 1. Bepaling bedvolume

Een toepassing van de jodiumharsen wordt gericht op het verbruikspunt in het leidingnet. Daarbij kan men tevens onderscheid maken tussen een desinfectie van de totale waterhoeveelheid en een desinfectie van slechts het consumptieve gedeelte van het waterverbruik. Er worden immers aan afwaswater en doorspoelwater van toiletten be-  
duidend minder eisen gesteld. Zo zal per aansluiting het totale verbruik ongeveer 300 l/d zijn en het consumptieve verbruik  $\pm 15$  l/d. Dit geldt voor de ontwikkelingslanden. Uit voorgaande onderzoeken is gebleken dat een contact-  
tijd van 15 seconden minimaal vereist is. Zo zal men dus bij een spreiding van het verbruik over 12 uur een bed-  
volume van:

$$\frac{300 \times 15}{12 \times 3600} = 0,104 \text{ l toepassen.}$$

Bij een gelijk bedvolume en toepassing gericht op con-  
sumptief verbruik zal er een contacttijd van:

$$\frac{0,104 \times 12 \times 3600}{15} = 300 \text{ seconden of 5 minuten toegepast worden.}$$

Er zal dus een verouderingsproces met harsen met een bed-  
volume van 100 ml toegepast worden.

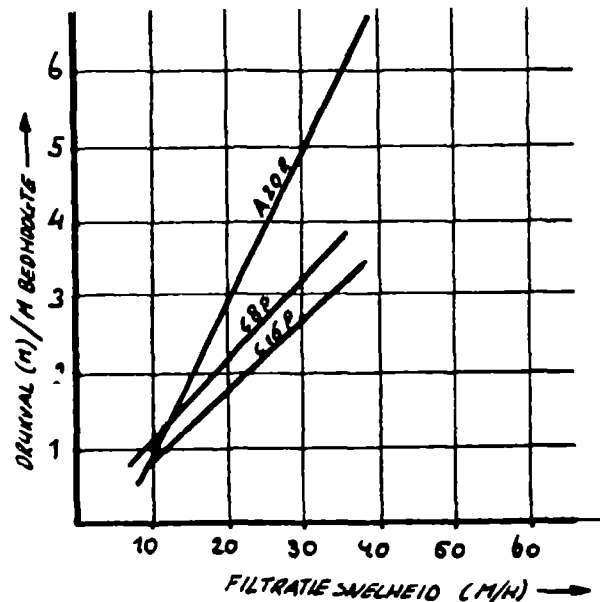
### 2. Contacttijden

Uit eerdere onderzoeken is gebleken dat bij contacttijden van minimaal 15 seconden tot  $\pm 10$  minuten een goede des-  
infectie mogelijk is. Bovendien is de jodiumafgifte van de harsen niet of nauwelijks tijdsafhankelijk. In de prak-  
tijk zal veelal voor hogere contacttijden gekozen worden om een zekere veiligheidsfactor in te bouwen. De veroude-  
ring kan dus plaatsvinden met een contacttijd van 15 se-  
conden. Met een gekozen bedvolume van 100 ml wordt het door te voeren debiet  $0,100/15 = 6,7 \times 10^{-3} \text{ l/s} = 6,7 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} = 0,4 \text{ l/min.}$

### 3. Filtratiesnelheid

Bij een neerwaartse filtratie bestaat er een lineair verband tussen de drukval over het filter en de filtra-  
tiesnelheid. Onderstaande figuur 3.3. geeft de range aan waarbinnen deze lineaire relatie ligt voor enkele ionen-  
wisselende harsen met een diameter van 0.2 tot 1.2 mm.





Figuur 3.3. - Relatie drukval-filtratiesnelheid bij neerwaartse filtratie

Daarbij zal er mogelijk nog een correctiefactor voor de temperatuur bepaald moeten worden. Op grond van deze specificatie over de drukval is een minimale filtratiesnelheid van 10 m/h realiseerbaar. Indien echter het filtermedium niet vaak teruggespoeld kan of mag worden zal een lagere filtratiesnelheid dienen te worden gekozen. Er zal in een dergelijk geval een voorfiltratie noodzakelijk kunnen zijn.

Bij een opwaartse filtratie is de drukval over het bed lineair tot het punt waar de drukval gelijk is aan het gewicht van het filterbed (gefluidiseerd bed). Gezien de geringe diameter van de hars treedt de gefluidiseerde toestand reeds bij lage filtratiesnelheden op. Belangrijker is in dit geval de relatie tussen filtratiesnelheid en bedexpansie. Figuur 3.4. geeft de range aan waarbinnen deze relatie ligt voor een ionenwisselende kunsthars met een diameter van 0.3 tot 1.2 mm. Om het bed voldoende dicht te houden moet de bedexpansie van een beperkte mate zijn. Afhankelijk van het type hars zal de filtratiesnelheid in dat geval tussen 5 en 15 m/h liggen.

Een voordeel van een opwaartse filtratie is het minder gevoelig zijn voor vervuiling of opname van lucht of zuurstof. Bij zuurstofrijk water of water met veel gesuspendeerde en drijvende stoffen ligt een toepassing van een opwaartse filtratie dan ook voor de hand. Een nadeel is een complexere installatie ten opzichte van neerwaartse filtratie



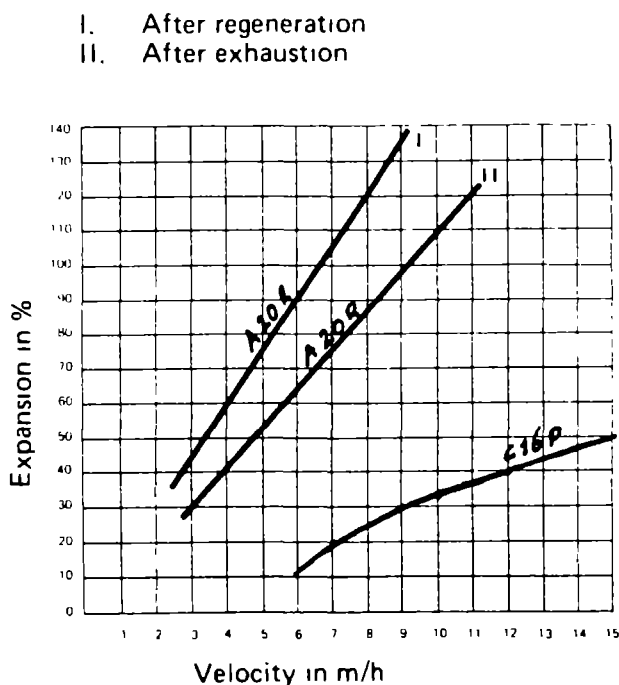


Fig. 3.4. - Bedexpansie bij opwaartse filtratie van IMAC harsen

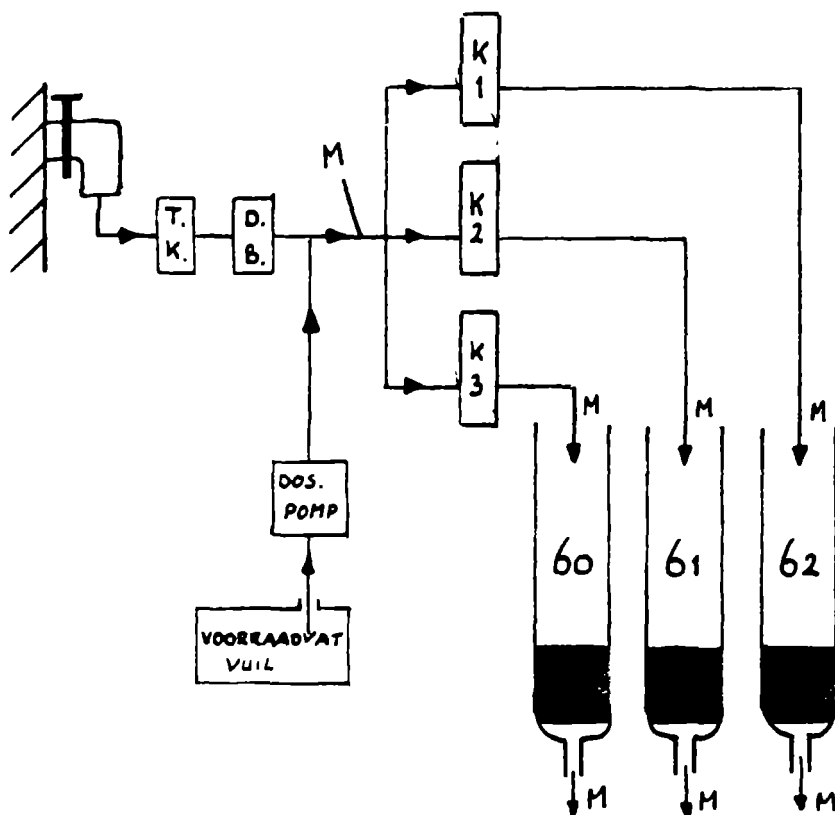
#### 4. Uitputtingstijd

De hars is uitgeput indien de desinfecterende werking verloren is gegaan en het effluent dus bacteriën, viri of cysten bevat in hogere mate dan de richtlijnen en normen aangeven. Het moment van uitputting kan samenvallen met een sterke terugval van de jodiumafgifte. Dit behoeft echter niet ten allen tijde het geval te zijn omdat zoals in de voorstudie reeds is opgemerkt de desinfecterende werking ook op andere mechanismen dan jodiumdosering kan berusten. Een schatting van de uitputtingstijd is wel uit te voeren met behulp van resultaten van eerdere onderzoeken. Zo zal een poreuze hars vaak in staat zijn om ongeveer 80% van zijn belading af te staan. Bij een nieuwe hars met een belading van 750 gI<sub>2</sub>/lhars en een gemiddelde constante jodiumafgifte van 0,5 mg/l dan zal de hoeveelheid te behandelen water ongeveer 1.200.000 keer het bedvolume van de hars bedragen. In het geval van 100 ml bedvolume is 120 m<sup>3</sup> water te behandelen. Bij desinfectie van het gehele aanbod is de levensduur van 1,1 jaar en bij slechts desinfectie van het consumptiewater is de levensduur 21,9 jaar.

De proefopstelling in zijn geheel heeft een uiteindelijke vorm gekregen volgens het schema in figuur 3.5. Vanaf het tappunt van het leidingnet vinden we onder verbinding met gewapende kunststofslangen met Gardena koppelingen de volgende onderdelen terug:







figuur 3.5. - De proefopstelling in schema

T.K.

----

Terugslagklep voor het voorkomen van eventuele verontreiniging van het water in het leidingnet bij wegvallen van de leidingdruk.

D.B.

----

Drukbeveiliging bij eventueel plotseling optredende drukstoten of losschieten van de slangen. Er kunnen zodoende geen grote lekkages optreden in het gedeelte van de slangen die onder druk staan.

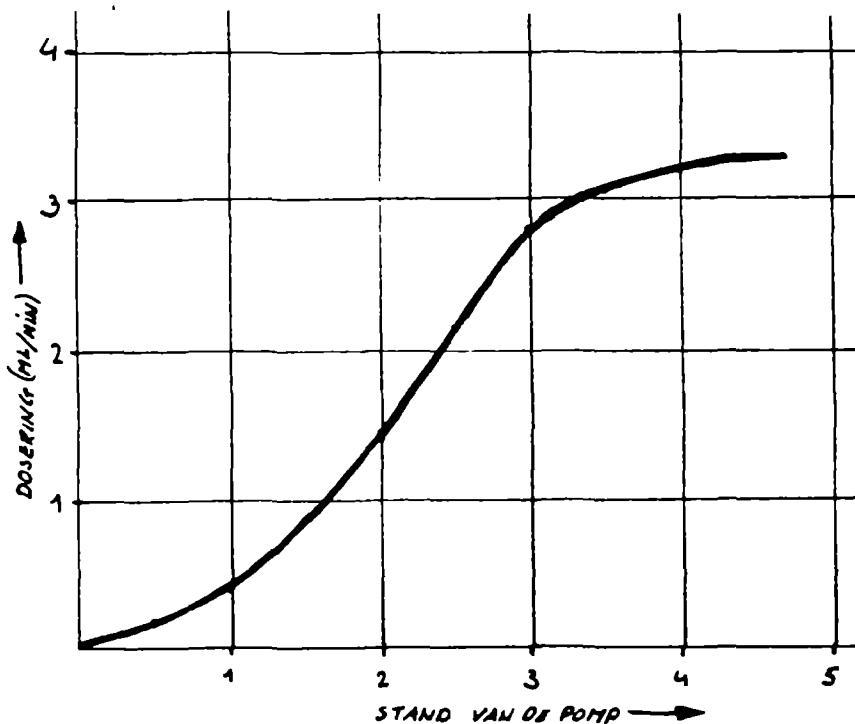


### Doseerpomp

-----  
Doseerpomp welke effluent van de voorbezinktank van de rwzi te Amersfoort doseert op het water dat door de keramische kaarsen en de harsen gevoerd wordt. De doseerpomp is hier een slan- genpomp met een slang  $\varnothing$  1 mm, welke verbonden is aan een injec- tienaald die weer aan een gewapende slang verbonden is. De pomp kan op verschillende doseerniveaus volgens figuur 3.6. ingesteld worden. Bij een dosering van  $\pm 2$  ml/min in de hoofdstroom van  $\pm 1,2$  l/min is de verontreiniging behoorlijk groot ( $> 2000$  kie- men  $22^{\circ}\text{C}$  per ml, 800-1000 E-colis per 1000 ml). Een statische menger leek niet nodig omdat er in de leidingen en de drukkamers van de katadynfilters voldoende menging plaatsvindt.

Het is van belang dat het vat met effluent van de voorbezinktank regelmatig ververst wordt. Er treedt namelijk naar verloop van tijd een afsterving van de bacteriën op. Een ander probleem kan zijn dat de samenstelling van het rioolwater anders is als ge- volg van de sterke regenval of langere droogte.

Het verversen van het vat gebeurde dan ook veelal eens per week bij een zoveel mogelijk gelijk neerslagverloop.



figuur 3.6. - Instelling doseerpomp



## K1, K2 en K3

-----  
Dit zijn de katadynfilters welke in een bijbehorende drukkamer geplaatst zijn. Aan de uitvoerzijde is een slang met  $\varnothing$  4 mm verbonden om een snelheid van  $\pm$  1 m/s in deze leiding te verkrijgen.

## 60, 61, 62

-----  
Dit zijn de drie buretten  $\varnothing$  30 mm waarin de harsen (b.v. 100 ml) geplaatst zijn.  
De harsen hebben een kolomhoogte van  $\pm$  14 cm en worden neerwaarts doorstroomd. Het effluent van de harsen wordt onder vrij verval in leidingen met  $\varnothing$  5 mm met  $v = \pm$  0,5 m/s afgevoerd. Er moeten bij de jodiumbepalingen monsters genomen worden op een plaats direct na de buret omdat de slangen die voor de verdere afvoer zorgen jodium opnemen en zodoende tot onnauwkeurige bepalingen leiden.  
Voor een jodiumopname zijn vrijwel alle slangen gevoelig. Slechts teflon neemt geen jodium op. Hetzelfde geldt voor leidingen van glas.

## Monsterpunten (M)

-----  
Er zijn 3 plaatsen waar monsters genomen worden. Dat zijn achtereenvolgens voor de volgende monsters:

- influent keramische filters  
monsternamenet voor de opsplitsing van de leidingen
- effluent keramische filters = influentharsen  
monsternamenet bij invoer van de buret
- effluent harsen  
monsternamenet direct na de buret



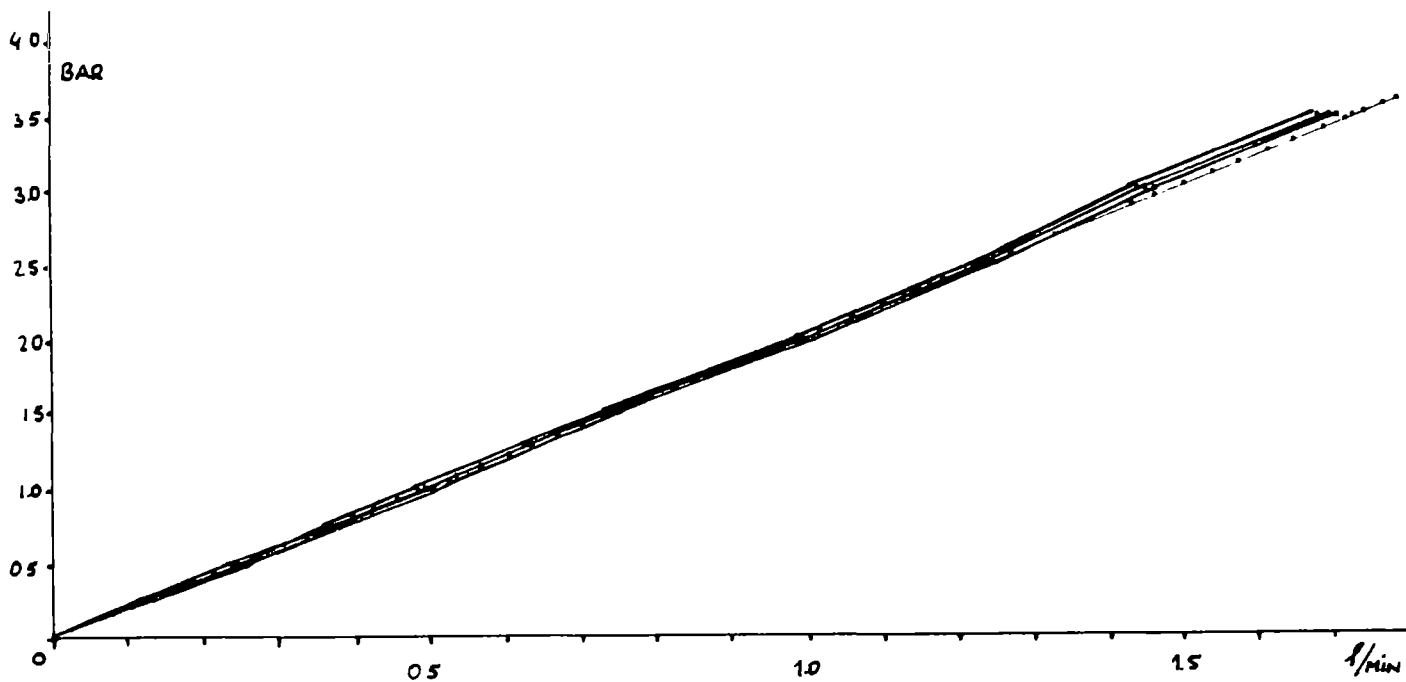
## 4. DESINFECTIE HET KATADYNFILTERS EN MET JODIUM BELADEN KUNSTHARSEN

4.1. Katadynfilters

Er is onderzocht in hoeverre aan de specificaties voldaan wordt bij nieuwe schone filters. Daarbij is meteen gemeten of er verschil tussen de filters onderling bestaat. De resultaten zijn weergegeven in tabel 4.1.1., bijlage 4 en figuur 4.1.1. Uit figuur 4.1.1. blijkt dat er een duidelijke overeenkomst met de specificaties tot  $\pm 2,5$  bar, daarna is er een licht verloop.

tabel 4.1.1. - Verhouding druk-debiet

Druk (bar)	1	Debiet <sub>2</sub> (l/min)	3
0.25	0.121	0.122	0.128
0.50	0.237	0.242	0.255
0.75	0.369	0.367	0.375
1.00	0.496	0.490	0.498
1.50	0.737	0.735	0.747
2.00	0.991	0.989	1.001
2.50	1.232	1.230	1.245
3.00	1.449	1.445	1.457
3.50	1.695	1.689	1.701

figuur 4.1.1. - Verhouding druk-doorstroming





---

Er is hierbij met zuiver leidingwater gewerkt. De verschillen tussen de filters onderling is gering en bedragen maximaal 5% wat als een acceptabele afwijking mag worden beschouwd. Bij een doorvoer van verontreinigd water onder een constante druk treedt er na verloop van tijd een duidelijk verminderde stroming op. De poriën van de keramische huls zijn dan dusdanig verstopt met bacteria en andere zwevende stoffen dat deze afgeborsteld moet worden. Dit wordt ook in de gebruiksaanwijzingen volgens bijlage 3 vermeld. Hierdoor verbetert de doorstroming maar er is geen invloed op de zuivering of desinfectie. Bij het onderzoek naar de desinfecterende werking is er op het leidingwater een dosering van effluent van een voorbezinktank van de rwz1 in Amersfoort uitgevoerd. Het debiet door de filters werd nagenoeg constant gehouden op 0,2 l/min ( $= 3,3 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ ). De dosering bedroeg 2 ml/min of m.a.w. ongeveer 1:500. Dit blijkt ook uit figuur 4.2.4. waar het verloop van de bacterie verontreiniging is weergegeven.

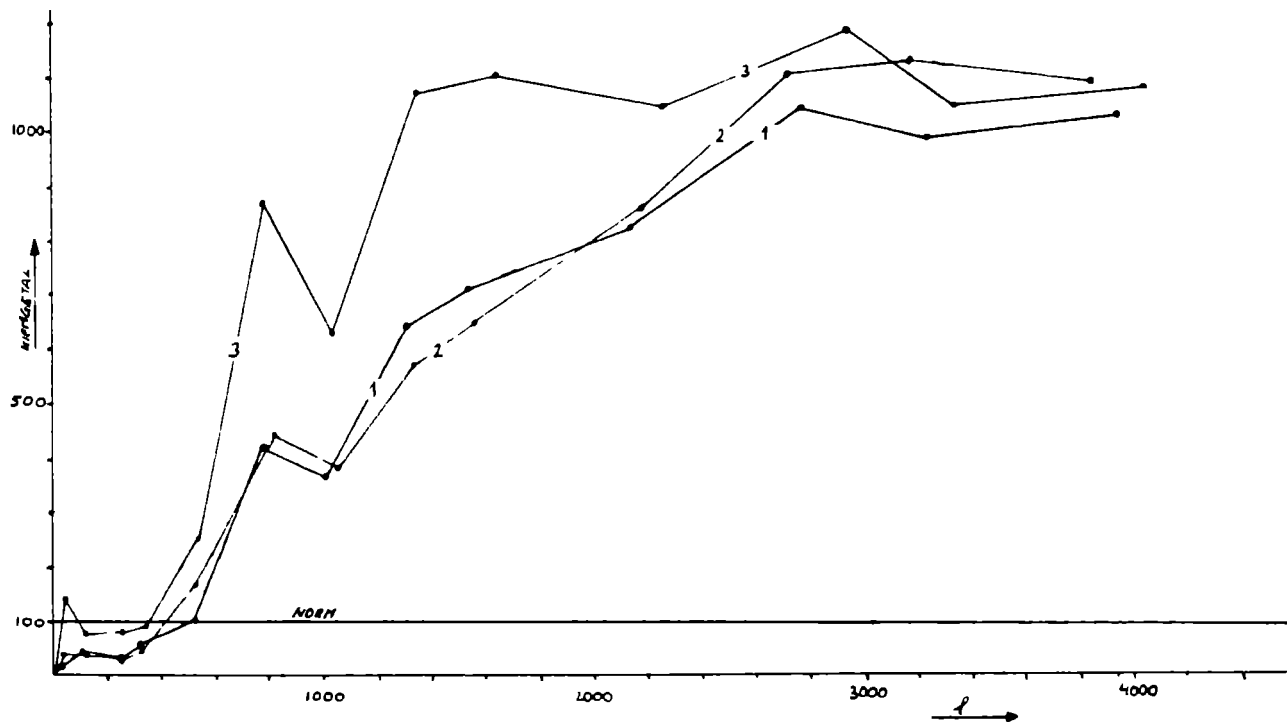
Het op deze manier verontreinigde water bevat ongeveer 800-1000 Ecoli's per 100 ml en 2000-3000 kiemen per ml (22°C). Uit bijlage 4 blijkt dat er slechts 300 liter water volgens de richtlijnen uit 2.3. gedesinfecteerd kan worden.

Deze richtlijnen houden het volgende in:

- < 100 kiemen per ml bij 22°C
- < 10 kiemen per ml bij 37°C
- < 10 Ecoli's per 100 ml

Bij de test die door de consumentenbond werd uitgevoerd [6] bleek dat er slechts 30 liter gedesinfecteerd werd. Hierbij werden echter andere bacteriedoseringen toegepast (een en ander is weer te vinden in bijlage 4).





figuur 4.1.3. - Desinfectie met katadynfilters

Zelfs het afborstelen van de filters na  $\pm 1000$  l heeft nauwelijks invloed op de microbiologische kwaliteit van het effluent. Met het borstelen worden dan ook slechts de bacteriën aan de buitenzijde van het filter verwijderd.

Er treedt dus een bacteriëngroei door de poriën van het filter op. Uitkoken van het filter kan een mogelijke oplossing bieden voor opnieuw een paar honderd liter water. Doordat er alsnog bacteriën door de filters komen kan men concluderen dat de zilvertoeslag en het zilverquartz onvoldoende invloed hebben op de microbiologische kwaliteit van het water.

Wel is het opmerkelijk dat er in het effluent tot zeker 4000 l geen Ecoli's gesignaleerd worden, zodat aan deze microbiologische eis wel voldaan wordt.



#### 4.3. Jodium beladen kunstharsen

Door de heer Egstorf, de uitvinder van deze met jodium beladen harsen, zijn drie harsen beschikbaar gesteld voor het onderzoek. Een hars van deze drie bleek meteen al een zeer grote jodiumafgifte te hebben. Het effluent had een duidelijk geelbruine kleur en een sterke jodiumgeur. Bovendien vertoonde deze hars de eigenschap dat het in sterke mate zuurstof opnam uit het water waardoor er zich gasbelletjes in de harskolom vormden. Aan deze gasbelletjes gingen zich harskorrels hechten en na verloop van tijd dreef de hars op naar het oppervlak van de waterkolom. Daarnaast werd door de aanwezigheid van de gasbelletjes in de harskolom de drukopbouw dermate groot dat er regelmatig overstromingen van de buret optraden.

De hechting van de hars aan gasbelletjes werden door de Egstorf mogelijk toegeschreven aan de nieuwe soort verbinding van het jodium aan de hars.

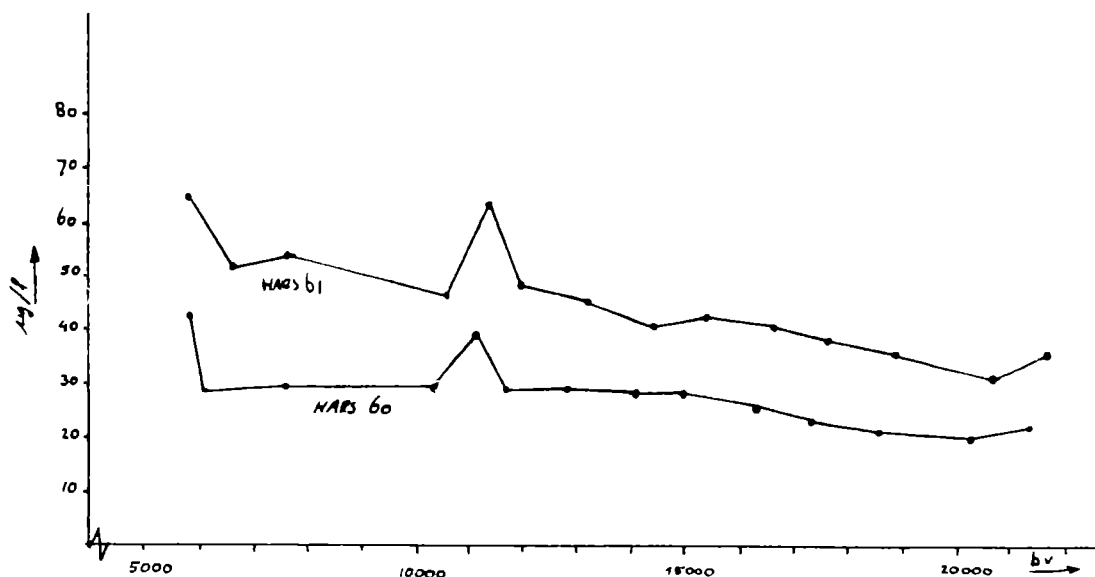
Daarna is er vooral omdat het jodiumgehalte zo hoog was (> 1 mg/l) gestopt met deze hars 62.

#### 4.2.1. Jodiumafgifte

De jodiumafgifte van de hars leidt tot een bepaald jodiumgehalte van het effluent van de hars dat de limiet van 1 mg/l niet mag overschrijden. De bepaling van het jodiumgehalte vindt plaats met een spectrofotometer volgens bijlage 2.

De harsen worden doorstroomd met het effluent van de katadyn-filters dat reeds snel verontreinigd was met  $\pm 1000$  kiemen (22°C). Het Ecoli-gehalte was 0.

In figuur 4.2.1. is het verloop van de jodiumafgifte te zien.



figuur 4.2.1. - Jodiumgehalte effluent van de harsen 60 en 61



Uit de resultaten van de bepaling van het jodiumgehalte in het effluent blijkt duidelijk een verschil met de jodiumgehalten uit voorgaande onderzoeken. Het jodiumgehalte ligt in dit geval lager. Reden hiervan is de verontreiniging die op het leidingwater werd gedoseerd. Bij een jodiumgehalte van 0,6 mg/l voor hars 61 en 0,4 mg/l voor hars 60 bij doorspoeling met leidingwater (bijlage 5) blijkt dat er ongeveer 90% van het door de hars afgegeven jodium voor de uitschakeling van bacteriën gebruikt wordt. Uit het voorgaande onderzoek is een zelfde verschijnsel opgetreden al was hierbij het "jodiumgebruik" nog groter. Dit hangt mede samen met de grotere verontreiniging van het influent van de harsen. De resultaten van dat onderzoek dat op de desinfecterende werking gericht was is weergegeven in tabel 4.2.1.

Tabel 4.2.1. - Jodiumbepaling bij desinfectieproeven met hars PA 310 I<sub>5</sub>

contacttijd	jodiumgehalte (mg/l)	opmerkingen
15 sec.	-	jodium niet meetbaar
30 sec.	-	jodium niet meetbaar, lichte jodiumgeur
1 min.	< 0,05	zwakke jodiumgeur
2 min.	< 0,01	zwakke jodiumgeur
4 min.	< 0,01	jodiumgeur
10 min.	< 0,01	jodiumgeur

Bij een doorspoeling met leidingwater geeft dezelfde hars een jodiumgehalte van 0,55 mg/l in het effluent.

Daarbij was de doding van de aanwezige 5000-20000 kiemen per ml en 6000-10000 Ecoliformen per 100 ml 99%. Een eventuele terugval van het jodiumgehalte kan dan ook 2 oorzaken hebben:

1. grotere vervuiling van het water
2. achteruitgang van de werking van de hars

Uit de lijn van de jodiumafgifte voor beide harsen in fig. 4.2.1. blijkt nu duidelijk wanneer de vervuiling met bacteriën toeneemt. Vanaf  $\pm 11500$  bv treedt er een daling van het jodiumgehalte op voor beide harsen. Dit hangt samen met een opvoering van de dosering van 2 ml/min naar  $\pm 2,75$  ml/min na  $\pm 11000$  bv. Een opvoering van de dosering leidt dus niet direct tot een daling van het jodiumgehalte. Dit hangt samen met het feit dat de bacteriën enige tijd nodig hebben om door katadynfilters te komen. Deze toename gaat geleidelijk en dus neemt het jodiumverbruik ook geleidelijk toe. Indien de dosering van het vuil wordt verminderd zal ook het jodiumgehalte in het effluent toenemen. Daarom werd het vat met rioolwater ook regelmatig ververst om de verontreiniging constant te houden.





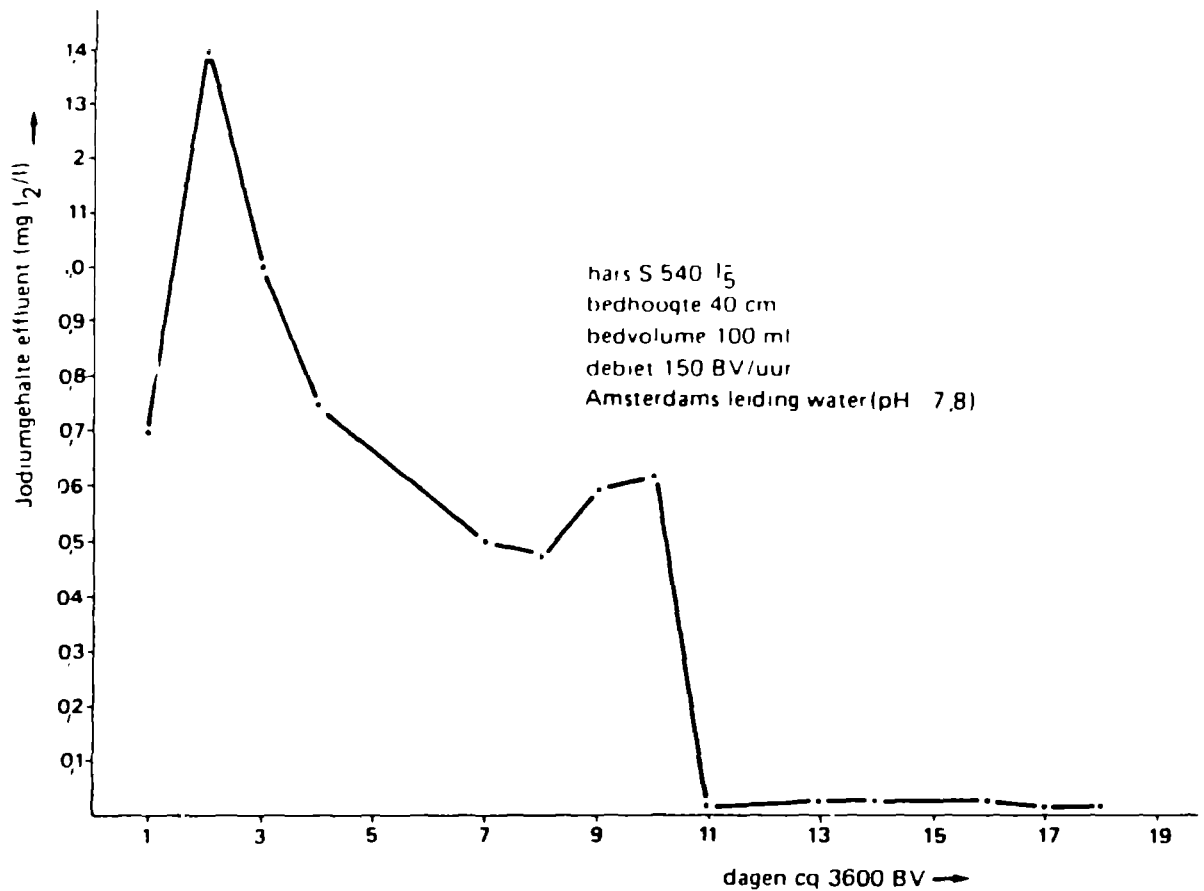
Bij het verouderingsonderzoek uit de voorstudie (hoofdstuk 5.3.1.) trad er een plotselinge terugval van de jodiumafgifte op. Een dergelijk verschijnsel zou illustratief kunnen zijn voor alle harsen. Met de terugval van de jodiumafgifte zal in dat geval ook de desinfecterende werking terug moeten lopen. Dit is echter niet noodzakelijk zoals in de voorstudie reeds is aangehaald de desinfecterende werking door de hars op meerdere manieren kan geschieden.

Een fluctuatie in de jodiumafgifte zal veelal op een fluctuatie in de verontreiniging van het water duiden. Deze fluctuaties zijn meestal van een geringe grootte. Bij een langdurige terugval kan mogelijk ook de desinfecterende werking zijn afgenomen. Het stoppen van de desinfecterende werking van de hars zal men moeten bepalen met bacteriologische onderzoeken. Dit vindt zijn oorzaak mede in het feit dat bij het voorgaande onderzoek reeds bleek dat de jodiumafgifte bij 36.000 bv ( $3,6 \text{ m}^3$ ) (fig. 4.2.2.) inzakte en de desinfecterende werking pas na een passage van 130.000 bv ( $13 \text{ m}^3$ ) volledig verloren was. Uit het onderzoek bleek niet in hoeverre er gedesinfecteerd werd bij 36.000 bv. Het zou immers kunnen dat de werking van de hars op dat moment terugvalt van 99% naar bijvoorbeeld 80% en daarmee onvoldoende is. Wel is het zeker dat de desinfecterende werking tot de ineenstorting van de jodiumafgifte omtrent de 99% zal liggen. Dit punt zal dan ook het kritische punt voor de werking van de hars zijn.

Er bestaat dus een mogelijkheid om harsen te gebruiken die bij een doorspoeling met leidingwater een jodiumafgifte groter dan 1 mg/l hebben. Deze harsen kan men toepassen bij sterk verontreinigd water. Indien er 90% van de jodium gebruikt wordt voor de desinfectie dan kunnen er harsen toegepast worden met een jodiumafgifte van 5-9 mg/l.

Het jodiumgehalte in het effluent wordt in dat geval niet groter dan 0,5-0,9 mg/l. Hierbij dient echter wel de verontreiniging een constant niveau te hebben. Indien de verontreiniging om welke reden dan ook zou dalen en er dus minder jodium gebruikt wordt neemt het jodiumgehalte mogelijk tot boven de gestelde norm toe.

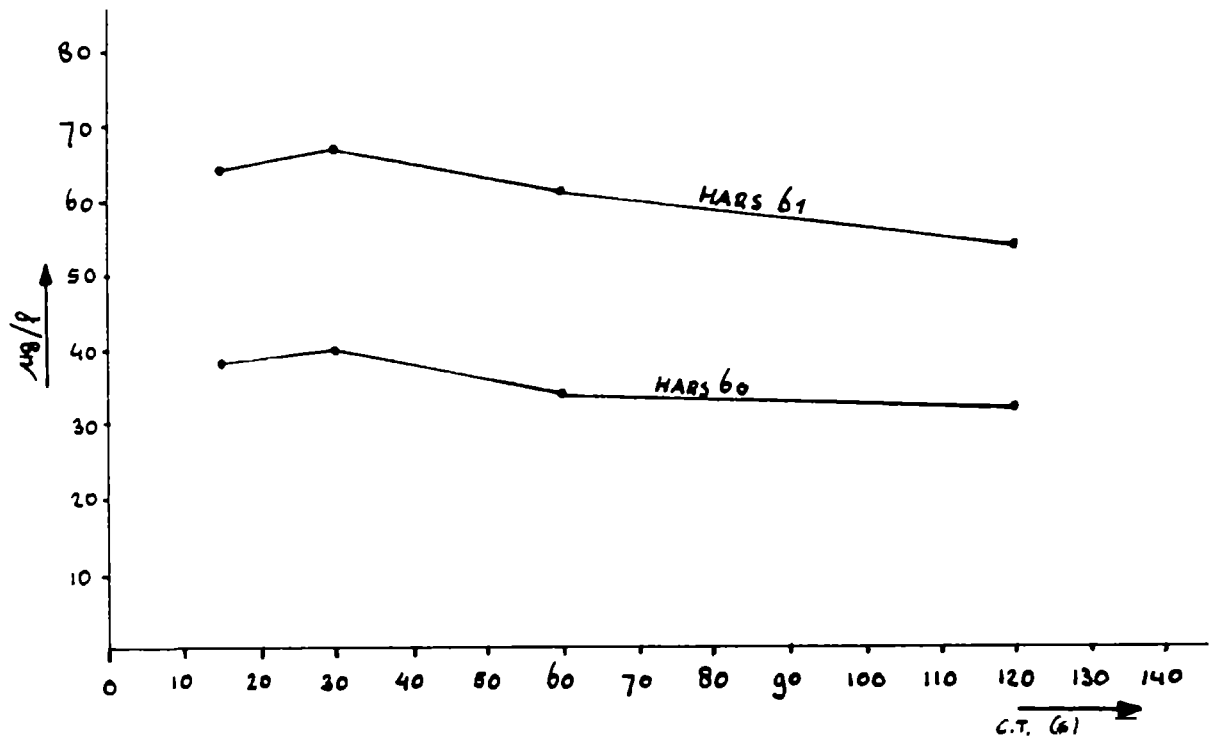




figuur 4.2.2. - Verouderingsonderzoek hars S540/I5

Naast de jodiumbepalingen van het effluent bij een contacttijd van 15 seconden zijn er ook jodiumbepalingen voor andere contacttijden uitgevoerd. In het voorgaande onderzoek is reeds bebleken dat de jodiumafgifte niet afhankelijk is van de contacttijd. Bij dit onderzoek wordt bekeken of een veroudering deze eigenschap beïnvloedt zoals uit bijlage 5 en fig. 4.2.3. blijkt is hiervan geen sprake.





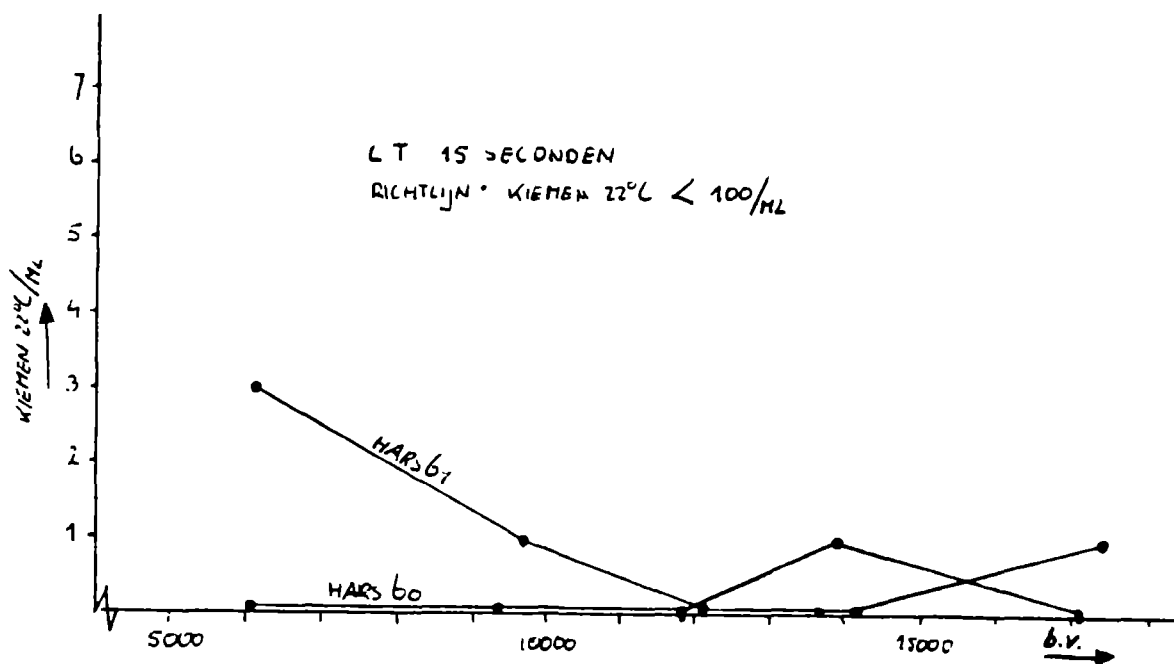
Figuur 4.2.3. - Jodiumgehalte effluent bij verschillende contacttijden (na 11000 bv)

#### 4.2.2. Desinfecterende werking

-----  
Tijdens de loop van het onderzoek zijn er geregeld bacteriologische onderzoeken gedaan. De resultaten hiervan zijn voor het kiemgetal bij 22°C weergegeven in figuur 4.3.4.

Bij dit onderzoek is geen Ecoli bepaling gedaan omdat het Ecoli gehalte van het influent reeds nul was.





figuur 4.3.4. - Desinfectie door jodiumharsen

De kiembepalingen zijn genomen van monsters met een contacttijd van 15 seconden. Indien deze niet aan de eisen mocht voldoen worden er ook bij andere contacttijden monsters genomen. Dit is wel uitgevoerd tegelijkertijd met de monsternamen voor de jodiumafgifte bepaling. De resultaten hiervan zijn weergegeven in bijlage 5.

#### 4.3. Conclusies en aanbevelingen

Uit het bovenstaande onderzoek blijkt dat de geteste harsen in combinatie met een voorfiltratie door middel van een katadynfilter ook over langere tijd hun desinfecterende werking behouden. De werking als desinfectant hangt af van de vervuiling van het water. Indien deze bacteriologische vervuiling constant is kan men daarbij een hars kiezen met een jodiumafgifte die het water desinfecteert en voor een restgehalte van kleiner dan 1 mg/l zorgt.





---

Bij toepassing van een liter hars kunnen in enkele gevallen mogelijk meer dan 500 m<sup>3</sup> water gedesinfecteerd worden. Bij een toepassing op het verbruikspunt zou dit een levensduur van ongeveer 5 jaar betekenen.

Het is echter duidelijk dat dergelijke produkties slechts bereikt worden indien de vervuiling van de hars zoveel mogelijk beperkt wordt.

Verder onderzoek zal er nog plaatsvinden naar het punt waar de desinfecterende werking van de hars onvoldoende wordt. Bovendien kan men nog onderzoeken welke effecten een vervuiling op de levensduur heeft. Deze vervuiling kan bestaan uit zwevende stoffen of dood bacteriologisch materiaal dat door de filterwerking bij neerwaartse filtratie door het medium op of in het bed achterblijft.

Daarnaast kan men nog verder onderzoeken in hoeverre de jodiumhars met de voorfiltratie door al dan niet een keramisch filter in de praktijk plaats kan vinden.



---

## 5. TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN

Zoals ook al in de voorstudie is opgemerkt zijn de toepassingsmogelijkheden sterk afhankelijk van de voor- en nadelen ten opzichte van de reeds bestaande desinfectiemethodes, vooral chlorering. De duidelijkste nadelen van de met jodium beladen harsen ten opzichte van een chlorering bleken de kosten en een grotere gevoeligheid voor vervuiling.

Om met het laatste te beginnen zal een combinatie met een voorfiltratie van b.v. een keramisch filter een uitkomst kunnen bieden zoals uit de resultaten bleek. Een ander probleem waarmee rekening gehouden dient te worden is de zuurstofopname door de harsen waardoor een stroming onder vrij verval geremd kan worden. Dergelijke problemen treden vooral op bij lagere watertemperaturen. Een combinatie met keramische filters kan met uitvoeren volgens de schetsen in bijlage 6a. Hierbij heeft de toepassing in fig. 6.1. het nadeel dat men niet duidelijk zichtbaar kan maken dat een hars uitgewerkt is.

Het is namelijk mogelijk om ervoor te zorgen dat de hars bij een afname van de jodiumbelading van kleur verandert. Op die manier kan de gebruiker zelf waarnemen of de hars uitgewerkt is. Bovendien zal een vervanging van een hars in een katadynfilter niet eenvoudig zijn, zeker niet bij een gebrek aan gereedschap of ander werktuig zoals in de ontwikkelingslanden veelal het geval is.

De kosten van het produkt jodiumhars liggen beduidend hoger dan die van chloor. Chloor heeft een kiloprijs van f 1,-- tot f 7,-- afhankelijk van de afname. Bij de jodiumhars zijn de kosten van het benodigde jodium f 10,-- tot f 35,-- per kg. De kosten van de te beladen harsen zijn  $\pm$  f 10,-- per liter. Zo komen we op een prijs voor een liter hars bij een belading van gemiddeld 500 gram per liter van ongeveer f 75,--.

Bij een bulk produktie zou deze prijs mogelijk nog kunnen dalen. Hiermee kan voor de verschillende situaties (urban, rural, privé) bepaald worden hoe de kosten ten opzichte van een gemiddelde chlorering van 5 mg/l liggen.

In bijlage 6.b zijn enkele voorbeelden berekend voor de verschillende situaties waarin een toepassing kan plaatsvinden. Daarbij is slechts rekening gehouden met materiaalkosten. Uit deze berekeningen blijkt duidelijk dat vooral bij grootschalige desinfectieprojecten er een grote investering in harsen noodzakelijk is terwijl bij een chlorering de kosten over een periode uitgesmeerd kunnen worden. Indien men de desinfectie met harsen op het verbruikspunt gaat toepassen kan men echter ook de investering over een langere periode uitsmeren. Gaat men bovendien slechts het consumptieve gedeelte desinfecteren dan kunnen ook de kosten nog gedrukt worden. Er zal echter in het laatste geval een technische ingreep noodzakelijk zijn om een splitsing tussen consumptie en huishoudelijk water te verkrijgen.



---

Bij de desinfectie op het verbruikspunt van slechts het consumptiewater is het verschil tussen een chlorering en een jodiumharstoepassing slechts 4 cent per persoon per jaar. Dit moet voor de meeste mensen te overbruggen zijn. Tegenover dit toch kleine nadeel staat dan het voordeel van een lange onderhoudsvrije en een betrouwbare bedrijfstijd.



## LITERATUURLIJST

1. Technische aspecten van de drinkwatervoorziening in ontwikkelings-landen.  
Ir. R. Trietsch.  
H<sub>2</sub>O (13) 1980, nr. 3.
2. De rol van drinkwater in gezondheid en rurale ontwikkeling.  
Ir. J. Louwe Looymans.  
H<sub>2</sub>O (13) 1980, nr. 24.
3. Microbiologisch onderzoek van drinkwater.  
A.H. Havelaar.  
H<sub>2</sub>O (15) 1982, nr. 23.
4. Virussen in drink- en afvalwater.  
Dr. J. Huisman.  
H<sub>2</sub>O (22) 1979, nr. 6.
5. Bradley Bilden Carruthers and Feachers.  
Evaluation for village water supply planning.  
Publikatie in voorbereiding.  
John Wiley & Sons, 1980.
6. Waterzuiveraars: niet alle kwaad verdwijnt.  
Consumentengids, juni 1980, p 271-273.
7. DHV.  
Desinfectie met ionenwisseling.  
DHV, juli 1984.
8. WHO.  
Guidelines for drinkwater quality, Vol. 1, 2 and 3.  
WHO, 1985.
9. Voorstudie: Desinfectie met een met jodium beladen kunsthar.  
R. Brinkman.  
DHV 1986.





## BIJLAGE 1 - Bacteriologische testen

### Kiementelling

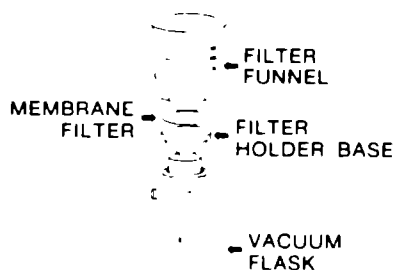
De kiementelling geeft op een praktische manier een indruk van de totale aanwezigheid van bacteria in water. Deze test bepaalt het aantal bacteriën in een monster dat onder bepaalde omstandigheden op een bepaalde voedingsbodem zal gaan groeien.

De bacteria kunnen alleenstaand, in paren, ketens of kolonies voorkomen. Voor de bepaling van het kiemgetal wordt gebruik gemaakt van een agar voedingsbodem. Om een dergelijke bodem op een schaal te krijgen gemengd met 1 ml van een monster zal de agar eerst vloeibaar moeten worden gemaakt. Hiertoe wordt een van te voren gemaakte agarsubstantie gesmolten tot een temperatuur van  $\pm 100^{\circ}\text{C}$ . Daarna wordt het afgekoeld tot  $\pm 37^{\circ}\text{C}$ . Nu kan de agar nog geschonken en gemengd worden op een schaal waar reeds 1 ml monster op aangebracht is. Na het mengen laten we de afgedekte schalen staan tot de agar-monstermenging hard is geworden en plaatsen de schalen op de kop in de incubator.

Men kan de schalen op 2 temperaturen incuberen omdat er voor zowel  $22^{\circ}\text{C}$  als  $37^{\circ}\text{C}$  normen gelden. In dit geval wordt er voor 24 uur onder  $22^{\circ}\text{C}$  geïncubeerd.

### E-coliform bepaling

Deze bepalingen zijn uitgevoerd met de zogenaamde membraanfilter techniek. Voor deze methode moet er een monster van minimaal 100 ml genomen worden. Van dit monster wordt 100 ml onder een vacuüm door het membraanfilter gezogen met de apparatuur volgens figuur 1.



figuur 1 - Membraanfilter apparatuur

Het filter wordt daarna op een voedingsbodem in een petrischaaltje geplaatst volgens figuur 2. Het petrischaaltje met filter etc. wordt nu 24 uur onder  $44^{\circ}\text{C}$  geïncubeerd.

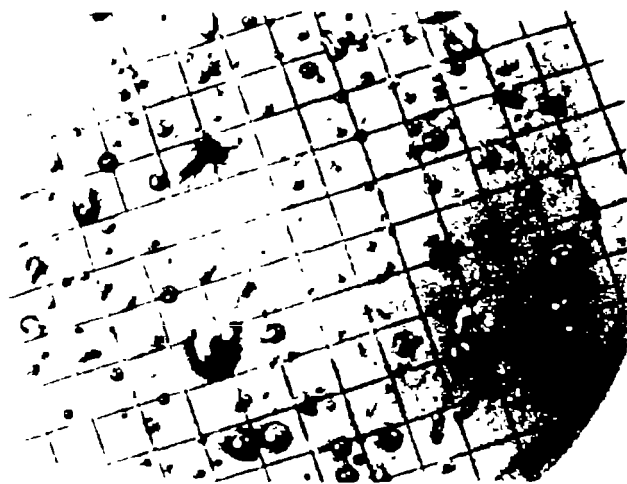
Na de incubatietijd kan het schaalpje weer uit de incubator gehaald worden, waarna de E coli telling kan plaatsvinden. Een voorbeeld van een filter na de incubatie is weergegeven in figuur 3.





figuur 2 - Het plaatsen van een membraanfilter op een voedingsbodem

Een typische coliform kolonie heeft een rose tot donkerrode kleur met soms een groen metalliek vlies. Voor een verdere specificatie van de soort coliform kunnen representatieve kolonies van het filter genomen worden en onderworpen worden aan verdere testen. Dit is echter bij dit onderzoek verder nauwelijks van belang.



figuur 3 - Een membraanfilter na de incubatie



## BIJLAGE 2 - Bepaling jodiumgehalte

Het jodiumgehalte wordt bepaald met behulp van een specteofotometer. Hier-  
toe wordt er een monster van 15 ml in een maatkolf van 50 ml gedaan.

Daarna moet er een reagens op de aanwezigheid van jodium toegevoegd wor-  
den. De hiervoor gebruikte stof is O-tolidine. Om het reagens goed te la-  
ten werken wordt er eerst 0,1 ml  $\text{HgCl}_2$  aan het monster toegevoegd.

Daarna wordt er 3 ml O-tolidine toegevoegd. Dit alles wordt goed gemengd.  
Dan wordt de kolf met demi-water tot 50 ml gevuld.

Een en ander wordt weer goed gemengd. Naast de monsters moet er ook een  
blanco bepaling gemaakt worden. Bij de spectrofotometer wordt de golf-  
lengte op 425 nm ingesteld en eerst de blanco bepaling als nulpunt vast-  
gelegd. Na de blanco bepaling worden de E-waarden van de monsters be-  
paald. Met deze waarden en de eerder gemaakte ijklijn voor jodium met  
de genoemde toevoegingen liggen de jodiumgehalten van de monsters vast.  
De werking van de spectrofotometer is gebaseerd op de absorptie van  
licht door een oplossing. Door de spectrofotometer wordt een lichtstraal  
door het monster gezonden naar een ontvanger. Omdat het monster de lucht-  
straal voor een deel absorbeert kan het jodiumgehalte van het monster  
bepaald worden.

De spectrofotometer bepaalt door de gegevens van de ontvanger en de zen-  
der van de straal te combineren de absorptie door het monster.

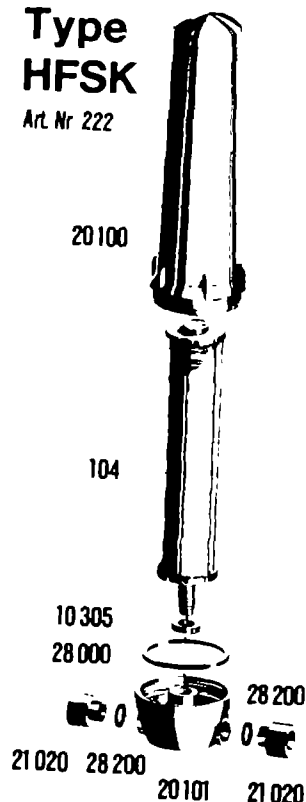
Door eerst een ijklijn te maken kan men dus het jodiumgehalte bepalen.



## BIJLAGE 3 - Gebruiksaanwijzingen voor de katadynfilters

### Type HFSK

Art. Nr 222



### Directions for use of Katadyn Pressure Water Filters Types HFK, HFSK and HFKA

- 1 Filters type HFK and HFKA are supplied complete with taps and/or outlet tube and are for installation at the end of the water pipe. Filter type HFSK is for installation in the pipe-line and is fitted with threaded inlet and outlet with metal sockets to prevent tearing of the plastic threads. When joining these sockets to the water line hemp binding should be applied. Where undue tension may be encountered in the pipe-line flexible joints should be used to connect the Filter HFSK to the pipe-line. Attention: the arrow between the two metal sockets on the filter head of type HFSK shows the correct direction of the water flow.
- 2 The Katadyn Ceramic Candle must be screwed firmly into position in the head of the Filter housing. Do not forget to place the rubber gasket.
- 3 When the flow rate through the Filter decreases from the normal rate, the surface of the Candle should be cleaned with a stiff brush. Detergents, scouring materials or wire brushes must not be used. ATTENTION: protect the Candle outlet and the clean water chamber of the Filter from dirty water. After cleaning or replacing the Candle, or when fitting a new Filter, let the water run through it for a few minutes to obtain a thorough rinsing.
- 4 In order to reach an adequate yield, a minimum pressure of 20 p.s.i. should be available, maximum pressure 85 p.s.i. The most suitable operating pressure is between 42 and 85 p.s.i.
- 5 Broken Candles or those with cracks must be discarded and must be replaced by new ones.
- 6 When ordering spare parts, please mention the respective specification number in your order.
- 7 To clean the surface of the Filter housing use only hot water and soap—no detergents or abrasives.
- 8 A light application of vaseline on the threads of the Filter housing will facilitate easy removal and replacement.
- 9 Use only Katadyn Self Disinfecting Filter Candles as replacement.



### Gauge indicating the moment of replacement of the filter element.

Innumerable cleanings wear-down the ceramic. When the teeth of the plastic gauge will slip over the thinnest place, a replacement element is needed.





## BIJLAGE 4 - Onderzoeksresultaten katadynfilters

### Influent filters

produktie (l)	Ecoli 44°C ( /100 ml)	kiemen 22°C ( /ml)	opmerkingen
36	848	656	
106	892	608	
248	106	564	
327	808	± 2600	(vers vat)
523	832	± 2400	
798	232	± 1500	
1015	952	± 1800	(vers vat)
1308	-	± 2600	geen Ecoli bep.
1549	1008	± 2500	
2141	872	± 2500	(vers vat)
2796	1032	± 3000	(vers vat)
3245	976	± 2000	(vers vat)
3942	-	± 2400	(vers vat) geen Ecoli bep.

### Desinfecterende werking van de filters

#### Filter 1

-----

passage (l)	Ecoli 44°C ( /100 ml)	kiemen ( /ml)	opmerkingen
36	0	14	
106	3	45	
248	0	28	
327	0	54	
523	0	104	
798	0	424	
1015	0	368	afgeborsteld na ± 1050 l
1308	-	648	
1548	1	712	
2141	0	824	
2795	0	1044	afgeborsteld na ± 2800 l
3244	0	992	
3942	0	1024	



## Filter 2

passage (1)	Ecoli 44°C ( /100 ml)	kiemen ( /ml)	opmerkingen
37	0	39	
107	0	38	
252	0	34	
332	0	96	
524	0	168	
804	0	448	
1051	0	380	afgeborsteld na ± 1075 l
1340	-	568	
1573	0	600	
2096	0	864	
2724	0	1104	afgeborsteld na ± 2800 l
3184	0	1128	
3848	0	1080	afgeborsteld na ± 4200 l

## Filter 3

-----

passage (1)	Ecoli 44°C ( /100 ml)	kiemen ( /ml)	opmerkingen
39	0	152	
112	0	76	
262	0	81	
343	0	96	
532	1	252	
799	0	868	
1029	0	632	afgeborsteld na ± 1060 l
1375	-	976	
1646	1	1104	
2275	0	1048	
2943	0	1184	afgeborsteld na ± 2950 l
3365	0	1048	
4078	0	1088	afgeborsteld na ± 4400 l

## Opmerkingen:

1. De doorstroming van de filters nam af na een passage van 1000 l. Na opvoering van de druk kan het schoonborstelen uitgesteld worden. Hetzelfde beeld treedt op na elke 1000 l gedesinfecteerd water.
2. Het afborstelen houdt een verwijdering van een bruine aanslag op de filters in. Het afborstelen vindt plaats met een door katadyn bijgeleverde borstel en koud (15°) water.
3. Door het afborstelen vindt er slijtage van de keramische huls plaats. Deze huls neemt af in dikte.





### Katadyn Pocketfilter

Prijs f 340  
 Prijs los filter f 210  
 Gewicht 650 g  
 Afmetingen, 26 x 8 cm  
 Filtratiesnelheid 0,8 l/min.

**Werking.** Een metalen handpomp perst het water door een keramisch filter, dat ook zilver bevat. Het pompen vraagt vrij veel krachtsinspanning. Er is geen controle mogelijk op de werking. Na 8 dagen (30 l) troffen wij in het gefiltreerde water bacterien aan. Volgens de importeur kan de oorzaak hiervan niet in het filter gezocht worden. Om dit na te gaan hebben wij een nader onderzoek ingezet. Hiervan zullen wij in een komend nummer verslag uitbrengen.

### Portable Instapure

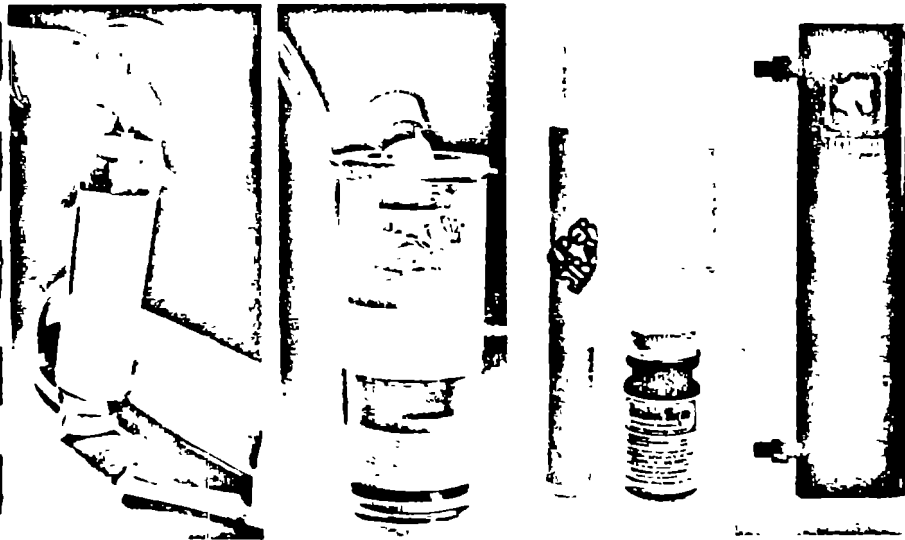
Prijs f 69,50 incl. 50 tabletten Potable Aqua  
 Prijs los filter f 11,95  
 Gewicht 380 g  
 Afmetingen 18 x 7 cm  
 Filtratiesnelheid 0,35 l/min.

**Werking.** Dit apparaat is bedoeld om de smaak te verbeteren van water dat ontsmet is met Potable Aqua. Hiertoe wordt het water met een zuiger door een filter van actieve kool geperst. Dit vraagt veel krachtsinspanning. Na 14 dagen (70 l) kregen we er niets meer door. Volgens opgave zou er 190 l gefiltreerd kunnen worden. In het gefiltreerde water werden geen bacterien aangetroffen, wel behield het een geur- en kleurafwijking. Er is geen controle mogelijk op de werking.

### Superstraw

Prijs f 15,95 incl. 50 tabletten Potable Aqua  
 Gewicht 15 g  
 Afmetingen: 16 x 2 cm  
 Filtratiesnelheid: 0,2 l/min in nieuwe toestand, 0,03 l/min na 20 l.

**Werking.** Dit apparaat is bedoeld om de smaak te verbeteren van water dat ontsmet is met Potable Aqua. Daartoe moet het water door een buisje waarin zich actieve kool bevindt, met de mond worden opgezogen. Het opzuigen gaat vrij zwaar, ondanks de chemische ontsmetting troffen we na 4 dagen (20 l) bacterien in het gefiltreerde water aan. Waarschijnlijk door groei in het filter. Het gefiltreerde water behielt een geur- en kleurafwijking. Er is geen controle mogelijk op de werking.



Katadyn Pocketfilter

Portable Instapure

Superstraw

Trojan TS 402-12

### Trojan TS 402-12

Prijs f 539  
 Gewicht 1900 g  
 Afmetingen 47 x 12 x 8 cm  
 Doorstromingsnelheid 2,5 l/min

**Werking.** Inbouwapparaat. Werkt op 12 volts akku. Kan ook voor netspanning (220 V) geleverd worden. Het water wordt ontsmet door bestraling met ultraviolet licht. Opgegeven werkingsduur 8000 uur. Het apparaat gaf vermindering van het aantal bacterien, doch geen volledige ontsmetting. Het controlelampje waarschuwde hier niet voor.

## Konklusie

Onbetrouwbaar kraanwater kan men het beste ontsmetten door het te koken. Is dit niet mogelijk, dan kan een chemisch middel gebruikt worden. Van de door ons onderzochte bleken Hadex (4,5 cent per liter) en Potable Aqua (55,6 cent per liter) het beste te zijn.

Noodsituaties uitgezonderd ontraden we het gebruik van speciale filters voor het drinkbaar maken van water uit beken, rivieren en plassen. Hoewel de filterwerking soms goed is, heeft men nooit de zekerheid dat alle verontreinigingen worden tegengehouden. Gebruik liever nooit oppervlaktewater.



na J Pl Groeneveld  
12-2-'51

Opdrachtgever was vooral geïnteresseerd in:

1. de microbiologische kwaliteit van met het apparaat behandeld water;
2. het totaal aantal liters water dat kan worden gefiltreerd en nog van goede microbiologische kwaliteit is;
3. het aantal liters water dat per minuut kan worden gefiltreerd;
4. mogelijke groei van bacteriën in het filter tijdens rustperioden.

Gevraagd werd om ook aandacht te besteden aan:

1. de werking van, voorzover aanwezig, een contrôlemechanisme
2. het gemak voor de gebruiker.

## 2. MATERIAAL EN METHODE

### 2.1. Materiaal

- Waterfilterapparaten van diverse merken (zie tabel 1).
- Leidingwater, van het Waterleidingbedrijf Midden-Nederland,
- Een bacteriesuspensie bestaande uit een E.coli-, een pseudomonas- en streptococcus-soort.
- Diverse voedingsbodems (1).

### 2.2. Methode

Op iedere werkdag wordt per apparaat 5 liter leidingwater, dat kunstmatig is besmet met ca  $10^3 - 10^4$  bacteriën per ml water, gefiltreerd. Aan het begin en het einde van de filtratie wordt het aantal bacteriën per ml

gefiltreerd water bepaald. Bovenstaande testprocedure wordt beëindigd wanneer op enkele opeenvolgende dagen bacteriën in het gefiltreerde water worden aangetroffen, d.w.z. dat geen of bijna geen eliminatie meer wordt vastgesteld, of wanneer bediening van het apparaat niet meer normaal mogelijk is.

Bij de filterapparaten, die geschikt zijn voor inbouw in het waterleidingnet wordt gebruik gemaakt van een metalen vat, van waaruit onder een druk van 1,5 Atm. het besmette water door de filterapparaten wordt geleid.

De testperiode bedraagt maximaal 4 weken.





## BIJLAGE 5 - Onderzoeksresultaten jodiumharsen

### Bepaling jodiumgehalte effluenthars 60 (contacttijd 15 seconden)

produktie (bv)	meting (E)	jodiumgehalte (µg/l)	opmerkingen
5850	183	43	
6610	120	28	
9610	126	30	
10340	228	30	
11110	167	39	
11710	123	29	opvoering dosering naar ± 2.8 ml/min.
12860	125	29	vers vat vuil
14010	119	28	
14960	117	28	
16280	110	26	
17310	99	23	
18540	89	21	
20320	85	20	
21320	95	22	

### Desinfectie door hars 60

produktie	kiemgetal 22°C, contacttijd:	
	15 seconden	30 seconden
6020	0	4
9310	0	0
11860	0	1
13990	1	0
17150	0	0



Jodiumgehalte effluent hars 61 (contacttijd 15 seconden)

produktie (bv)	meting (E)	jodiumgehalte (µg/l)	opmerkingen
5860	277	65	
6620	220	52	
7660	230	54	
10510	200	47	
11300	271	64	dosering naar 2,8 l/m (vers vat)
11950	203	48	
13210	196	46	
14400	174	41	
15380	181	43	
16590	175	41	
17640	160	38	
18870	155	36	
20650	135	32	
21670	147	36	

Desinfectie hars 61

produktie bv	kiemgetal 22°C, contacttijd:	
	15 seconden	30 seconden
6060	3	0
9710	1	0
12020	0	1
14180	0	0
17480	1	0



Jodiumgehalte na verschillende contacttijden

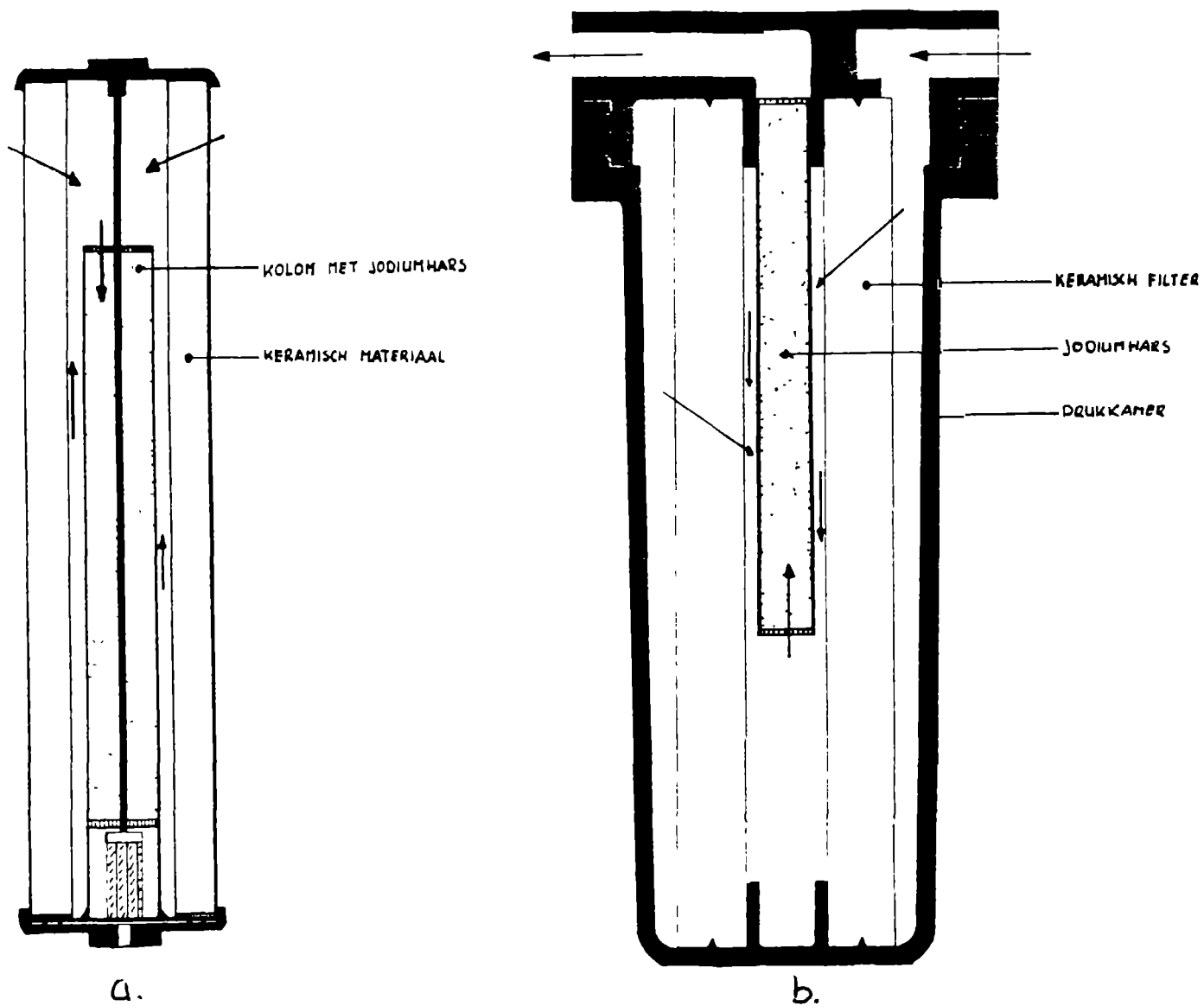
contacttijd (S)	jodiumgehalte in $\mu\text{m}/\text{l}$		opmerkingen
	hars 60	hars 61	
15	28	52	na 6600 bv
30	33	62	
60	35	65	
120	31	54	
15	39	64	na 11000 bv
30	41	67	
60	34	60	
120	32	51	
15	21	35	na 20000 bv
30	24	34	
60	21	37	
120	21	33	

RBri/LvN/C-1966/86b5



BIJLAGE 6.a - Toepassingsmogelijkheden

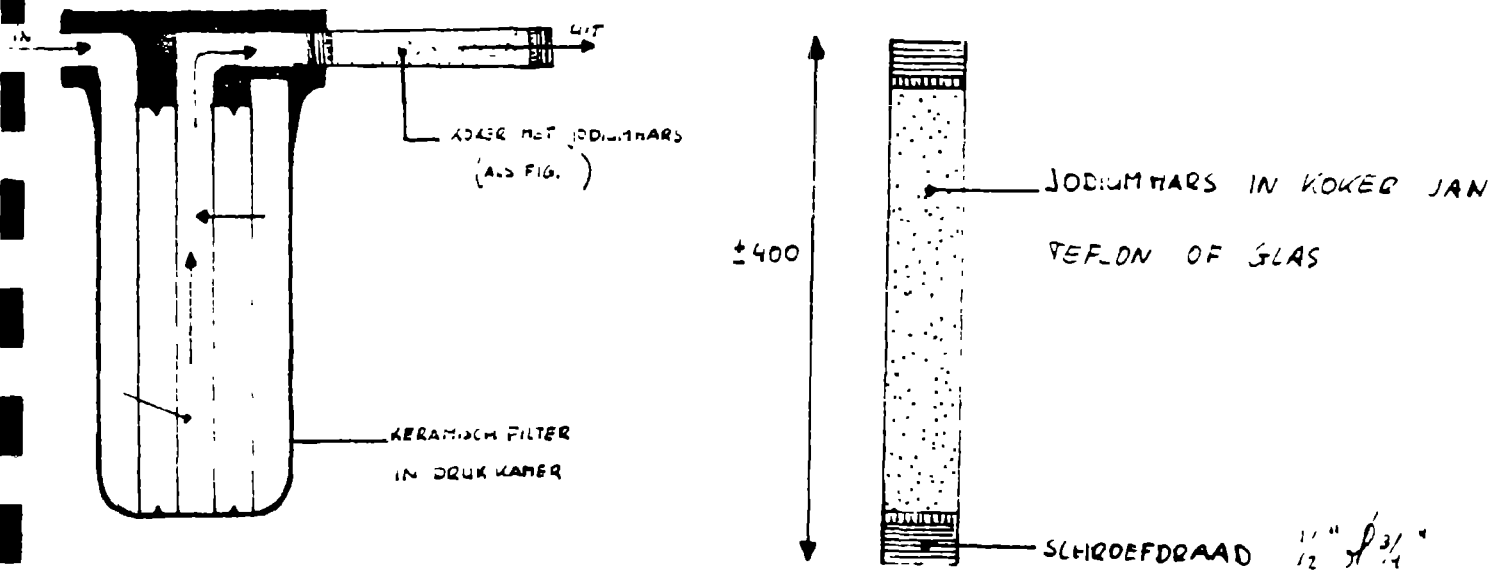
Combinatie voorfiltratie-jodiumhars in de praktijk



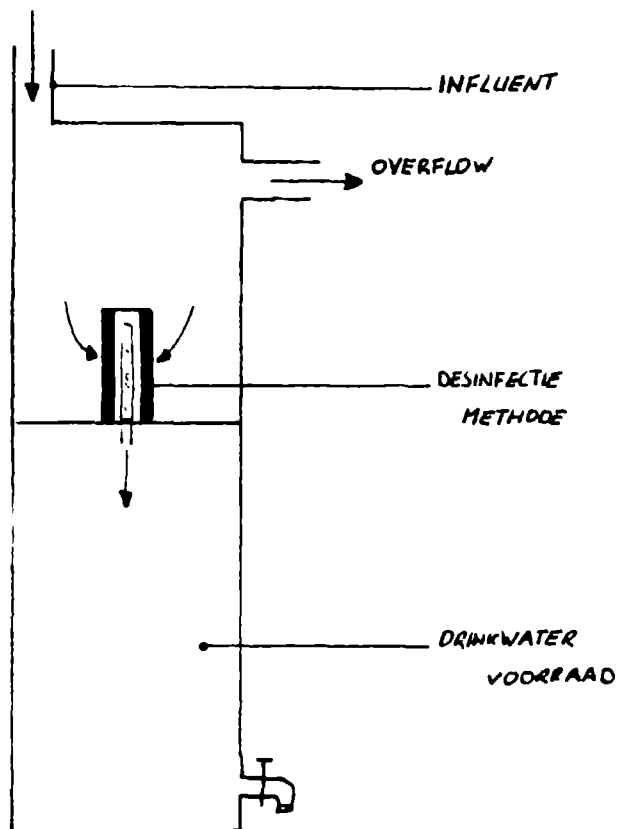
figuur 1 - Jodiumhars in een keramisch filter a. Katadyn, b. AMA





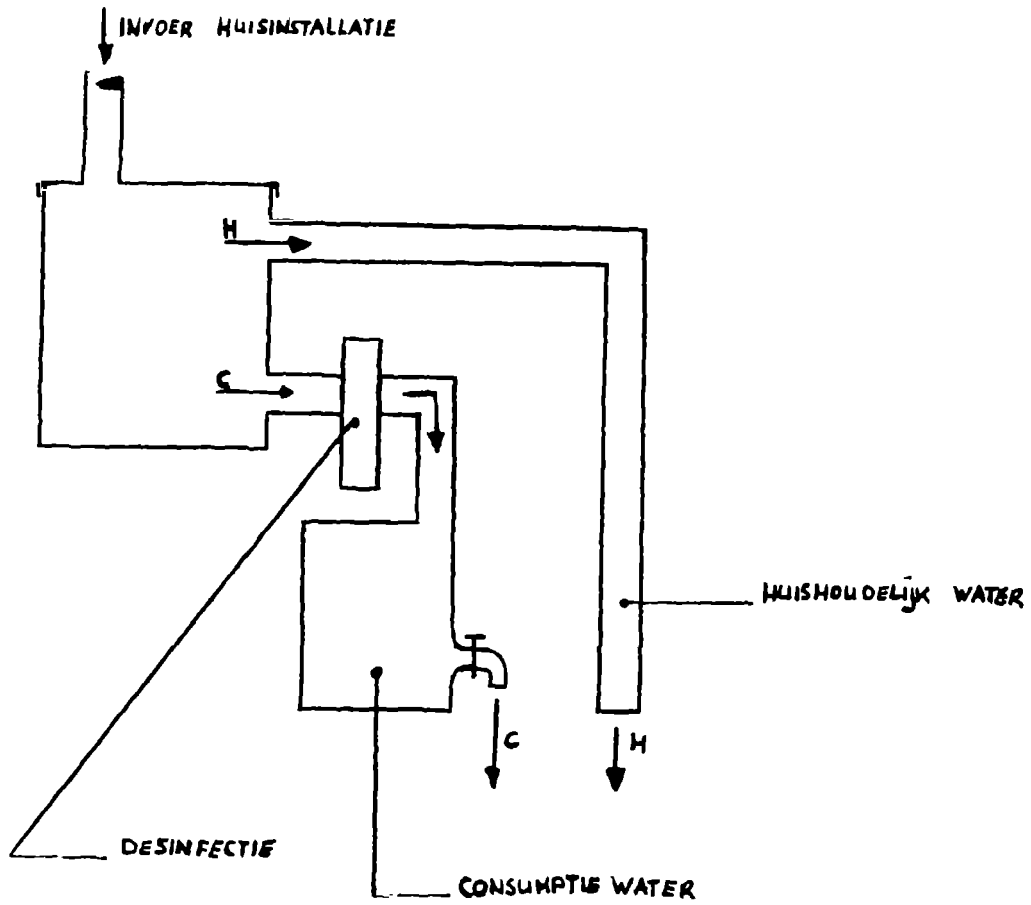


figuur 2 - Jodiumharsen achter het keramische filter

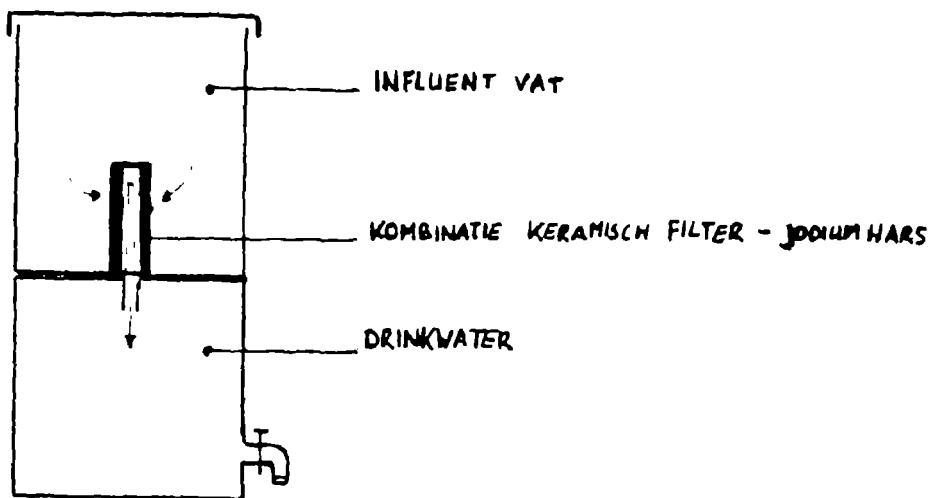


figuur 3 - Huisinstallatie zonder scheiding





figuur 4 - Huisinstallatie met scheiding



figuur 5 - Portable



## BIJLAGE 6.b - Toepassingsmogelijkheden

### Desinfectiemethode 1 - Chlorering

Een gemiddelde chlorering bedraagt  $\pm 5$  mg/l.

De kosten van 1 kg chloor zijn  $\pm f 7,--$ .

De desinfectie van 1 m<sup>3</sup> water kost:

$$5 \times 10^{-3} \times f 7,-- = f 0,035$$

### Desinfectiemethode 2 - Jodiumharsen

Jodiumafgifte hars 60	:	0,4 mg/l
Jodiumafgifte hars 61	:	0,6 mg/l
Belading	:	500 g/l, resp. 750 g/l
Kostprijs van de harsen	:	f 75,--/l
Gewenste levensduur	:	5 jaar
Ontlading van de hars	:	$\pm 80\%$

Te behandelen water per liter hars:

$$60: \frac{0,8 \times 500}{0,4 \times 10^{-3}} = 1000 \text{ m}^3$$

$$61: \frac{0,8 \times 750}{0,6 \times 10^{-3}} = 1000 \text{ m}^3$$

Voor beide harsen zijn de kosten per m<sup>3</sup> water f 0,075 bij een bedvolume van 1 l.

### Voorbeeld 1 - Urbane situatie

-----  
Stad:

10.000 inwoners

verbruik 65 l/p/d

verbruik in 5 jaar  $5 \times 365 \times 65 \times 10.000 = 1,2 \times 10^6 \text{ m}^3$

benodigd bedvolume:

$$\text{hars 60} \quad \frac{1,2 \times 10^6}{0,8 \times 500/0,0004} = 1,2 \text{ m}^3$$

$$\text{hars 61} \quad : \quad \frac{1,2 \times 10^6}{0,8 \times 750/0,0006} = 1,2 \text{ m}^3$$

Investeringskosten van de harsen 60 en 61 zijn f 90.000,--.

Per persoon per jaar zijn de kosten f 1,80.

De chloreringskosten per persoon per jaar bedragen

$$\frac{1,2 \times 10^6}{5} \times \frac{0,035}{10.000} = f 0,84$$



Voorbeeld 2 - Rurale situatie

-----

Dorp:

250 inwoners

verbruik 35 l/p/d

verbruik in 5 jaar  $5 \times 365 \times 35 \times 250 = 1,6 \times 10^4 \text{ m}^3$

benodigd bedvolume:

$$\text{hars 60} \quad \frac{1,6 \times 10^4}{0,8 \times 500/0,0004} = 0,016 \text{ m}^3$$

$$\text{hars 61} \quad \frac{1,6 \times 10^4}{0,8 \times 750/0,0006} = 0,016 \text{ m}^3$$

Investeringskosten hars en hars 61 zijn f 1200,--.

Kosten per persoon per jaar zijn f 0,96.

Chloreringskosten per persoon per jaar

$$\frac{1,6 \times 10^4}{5} \times \frac{0,035}{250} = f 0,45$$

Voorbeeld 3 - Privé situatie

-----

gezin van 10 personen

waterbehoefte  $\pm 15$  l/p/d

verbruik in 5 jaar  $15 \times 365 \times 15 \times 10 = 275 \text{ m}^3$

benodigd bedvolume:

$$\text{hars 60} \quad \frac{275.000}{0,8 \times 500/0,0004} = 0,275 \text{ l}$$

$$\text{hars 61} \quad \frac{275.000}{0,8 \times 750/0,0006} = 0,275 \text{ l}$$

Investeringskosten voor hars 60 en hars 61 zijn f 20,60.

Kosten per persoon per jaar f 0,41.

Chloreringskosten per persoon per jaar

$$\frac{275}{5} \times \frac{0,035}{10} = f 0,19$$





---

Voorbeeld 4 - Privé situatie met slechts desinfectie van consumptief verbruik

---

consumptief verbruik 1-3 l/p/d

gezinsgrootte 10 personen

verbruik in 5 jaar  $5 \times 365 \times 3 \times 10 = 55 \text{ m}^3$

bedvolume:

$$\text{hars 60} \quad \frac{55.000}{0,8 \times 500/0,0004} = 0,055 \text{ l}$$

$$\text{hars 61} \quad \frac{55.000}{0,8 \times 500/0,0006} = 0,055 \text{ l}$$

Investeringskosten voor hars 60 en hars 61 zijn f 4,13.

Kosten per persoon per jaar zijn f 0,08.

Chloreringskosten per persoon per jaar

$$\frac{55}{5} \times \frac{0,035}{10} = f 0,04$$

RBri/LvN/C-1966/86b7

