

Spoelen leidt tot verstopping!

Vervuiling en reiniging van ultrafiltratiemembranen

oktober 2003

S.A.S. Raktoe



Afdeling Watermanagement
Sectie Gezondheidstechniek

kiwa 
Partner for progress


TU Delft

Voorwoord

Voor u ligt de rapportage van mijn afstudeeronderzoek. Deze is tot stand gekomen in het kader van de afronding van de Masteropleiding Civil Engineering aan de Technische Universiteit Delft.

Het onderwerp van mijn afstudeeronderzoek was reiniging van ultrafiltratiemembranen. Het doel van het onderzoek was tweeledig:

1. Praktijkervaringen verzamelen omtrent ultrafiltratie in Nederland
2. Experimenteel onderzoek uitvoeren op labschaal om meer inzicht te krijgen in de effectiviteit van reinigingsprocedures voor dead-end bedreven capillaire ultrafiltratiemembranen.

De belangrijkste en interessantste resultaten van het experimenteel onderzoek vormen de kern van deze rapportage. De resultaten zijn in artikelvorm weergegeven. Het artikel is een concept en zal z.s.m. ter publicatie aangeboden worden aan het vakblad *Journal of Membrane Science*.

Praktijkervaringen omtrent ultrafiltratie in Nederland zijn verzameld door een survey uit te voeren bij zeven bedrijven in Nederland die ultrafiltratie gebruiken in hun zuiveringsproces. De resultaten van de survey vormen het laatste deel van deze rapportage.

De leden van mijn afstudeercommissie zou ik willen bedanken voor hun uitstekende persoonlijke en deskundige begeleiding:

prof. ir. J.C. van Dijk
dr. ir. S.G.J. Heijman
ir. J.Q.J.C. Verberk
prof. ir. E. van Beek

De volgende bedrijven zou ik willen bedanken voor de medewerking aan de survey:

Brabant Water
Delta Nutsbedrijven
Hydron Flevoland
Kisuma
Vitens Friesland
Waterlaboratorium Noord
Waterleidingmaatschappij Drenthe

Kiwa Water Research ben ik zeer erkentelijk voor de geboden mogelijkheden voor het uitvoeren van experimenteel onderzoek. Ik zou mijn waardering willen uitspreken over het feit dat zowel inhoudelijk als ondersteunend de medewerkers van de werkplaats, het laboratorium en de afdeling Waterbehandeling mij met kennis en kunde terzijde hebben gestaan.

Zonder mijn, zus en aanhang, familie, vrienden en medestudenten zou deze mijlpaal zeker z'n glans verliezen. Speciale dank gaat uit naar mijn ouders zonder wie in mijn beleving niks mogelijk is.

Montfoort, oktober 2003

Sawan Raktoc

Blocking of capillaries as fouling mechanism for dead-end operated capillary ultrafiltration membranes

S.A.S. Raktoe^a, S.G.J. Heijman^{a,b}, J.Q.J.C. Verberk^a, J.C. van Dijk^a

^aSection Sanitary Engineering, Faculty of Civil Engineering and Geo Sciences, Delft University of Technology, The Netherlands

^bKiwa Water Research, Groningehaven 7, 3430 BB Nieuwegein, The Netherlands

Abstract

In this paper a new dimension is given to the concept of membrane fouling. In the already known fouling mechanisms for dead-end operated ultrafiltration membranes fouling is considered a radial phenomenon. However, fouling also appears to have longitudinal effects. Experiments were performed with a lab-scale test installation under constant flux conditions with demiwater that contained ferric hydroxide flocs as fouling components. The experiments showed that during operation capillaries became blocked by fouling plugs resulting in capillaries that were filled completely with solids. The presence of blockages, especially at the concentrate side of the capillaries, could not be detected by measuring the clean water resistance. However such blockages did result in an increased forward flush pressure. A combination of the clean water resistance and the forward flush pressure is suitable for determining the fouling of a membrane and the effectiveness of a cleaning procedure.

1 Introduction

Ultrafiltration (UF) is used in a wide variety of applications, one of which is drinking water treatment. The main advantages of UF for drinking water treatment are low pressures (compared to other types of membranes) and excellent removal of colloidal substances, Giardia and viruses [1, 2]. Dead-end operation of UF membranes has proven to have 10 times lower energy costs than cross-flow operation [3].

Fouling is a major problem in the operation of every UF process. Under constant flux operation fouling results in higher transmembrane pressures (TMPs). Hydraulic cleaning methods, like backwash, forward flush and Airflush[®] [3,4] are used to remove fouling during operational cycles. Fouling remaining after a hydraulic cleaning is marked as 'irreversible'. However, the irreversible fouling might be removed during a chemical cleaning. Therefore the effectiveness of cleaning procedures (both hydraulic and chemical) plays an important role in the performance of membranes.

In order to apply an effective cleaning procedure the occurring fouling mechanisms should be known. A number of processes and mechanisms are responsible for fouling. In various papers all these processes are translated into four theoretical kinetic models [5]: complete blocking, intermediate blocking, standard filtration and cake filtration. These models assume evenly distributed fouling and as a consequence only look at a small part of the membrane. The definition of membrane fouling that Prádanos et al. [5] uses indicates the current general conception of fouling: 'the accumulation of some feed components on the membrane surface or within the membrane pores'. What stands out is that fouling is regarded only as a radial phenomenon and not as a longitudinal phenomenon. Recently Lerch et al. [6] found that on-going flocculation in membranes caused blockages in capillaries. However, membrane fouling is not yet fully understood and no model has been accepted as authoritative.

In literature only a limited amount of articles is found concerning experimental research on hydraulic cleaning methods, because the focus of research has been mainly on fouling mechanisms.

In the Netherlands UF technology has been used for some 10 years in water treatment. In order to get an impression of the cleaning procedures a survey was carried out at eight different UF plants in the Netherlands. It appears that there is no uniformity in cleaning procedures (both chemical and hydraulic) as far as flushing times, choice of chemicals, soaking times etc. are concerned.

In general, drinking water companies experienced more benefits from optimisation of the chemical cleaning than from optimisation of the hydraulic cleaning. However, the effects of optimisation of chemical cleaning can become apparent in the long run. For example, when at one plant the soaking time was extended the effects only became fully apparent over a period of several months. Another reason for the fact that the chemical cleaning gets more attention is that often the hydraulic cleaning is not fully under control. Instead of investing a lot of time and energy in optimising the hydraulic cleaning it is easier to improve the chemical cleaning by adjusting concentrations and soaking times.

In order to get more insight in the mechanisms of fouling and the effectiveness of the hydraulic and chemical cleaning methods, experiments were performed on a lab scale test installation under constant flux conditions.

2 Materials and methods

All UF plants are operated under constant flux conditions. However, until now most experiments on lab-scale were done under constant pressure conditions. Also, most experiments only run one filtration cycle, making the limiting fouling mechanism always cake filtration, pore blocking or a combination of these two mechanisms. Therefore it was not possible to translate experimental results directly into practical measures. So in order to gain results that are representative for practical purposes, an experimental unit was designed with which on lab-scale experiments could be performed under constant flux conditions, see figure 1. Furthermore, the experimental unit could automatically run a program of several operational cycles of filtration and hydraulic cleaning. The constant flux was obtained by a Verder VG 1000 Basic gear pump which was controlled by a flow meter. Flow, temperature and transmembrane pressure (TMP) were continuously logged. Flow and TMP were measured with Endress & Hauser equipment.

Hydrophilic polyethersulfone membrane modules (supplied by X-FLOW) with a MWCO of 150 – 200 kDa were used. Each module contained 120 capillaries. The internal diameter of the capillaries was 0.8 mm. The length of each capillary was 30 cm, however the capillaries were at each end glued into a potting of ca. 1.75 cm, making the effective filtration surface area 0.08 m².

In order to examine the capillaries from the inside, an endoscope with a diameter of 0.5 mm was used.

Demiwater with Fe(OH)₃ flocs was used as feed water. The demiwater, produced by RO, contained a TOC level of 0.2 mg/l. Fe(OH)₃ flocs were made with FeCl₃. A concentration Fe³⁺ of 60 mg/l was prepared. The pH was corrected to 8.2 – 8.5 to reach the isoelectric point of Fe(OH)₃ [7] using NaOH. It is known that polyethersulfone membranes have negative electric surface charges at these pH values [8, 9]. The turbidity of the feed water varied between 20 – 50 FTU and was continuously monitored, serving as a check on the feed water quality. Feed water was stored in a tank of 200 litres and was continuously stirred.

Experiments were carried out using a standard flow program in which the order of flow modes was constant: 1. filtration, 2. purging, 3. backwash, 4. forward flush. The combination of these four flow modes is called an operational run. The flow modes are presented in table 1. Filtration started with a with a clean new membrane at a TMP of approximately 300 mbar and increased during an operational run. Through one particular part of the installation both feed water and backwash water flowed, see figure 1. This part was flushed with clean water (permeate) during the purging before a backwash was performed. This prevented fouling of the outer membrane wall with feed water components. Both the backwash and the forward flush were performed with permeate. The flow during a forward flush had a low Reynold number: approx. 50, while a Reynold number of 2300 and higher means a turbulent flow regime. Therefore the forward flush only served to transport the foulants after a backwash.

The experiments were performed in the following order:

1. Determining clean water resistance (CWR)
2. Approximately 40 operational runs
3. Chemical cleaning
4. Determining CWR

The CWR was calculated from the temperature, flow and clean water pressure (CWP). The CWP is the TMP value after a chemical cleaning was performed, measured using clean water. The CWP was measured in filtration mode along with the temperature and the flow.

The resistance was used as a parameter for interpreting results in order to deal with variations in TMP, flow and temperature. The resistance was calculated according to:

$$R = \frac{TMP}{J \cdot v} \quad (1)$$

With:

R	Resistance	[m ⁻¹]
TMP	Transmembrane pressure	[Pa]
J	Flow	[m ³ /s]
v	Dynamic viscosity	[Pa·s/m ²]

Resistance values were determined at the beginning of an operational cycle in filtration mode (FBR) and at the end of a backwash (BWR).

The dynamic viscosity was calculated using the measured temperature. From the precision of the measurement equipment the accuracy of the resistance values was determined at ± 0.7%.

Two types of cleaning were applied: hydraulic and chemical. A hydraulic cleaning was performed after each operational run, for details see table 1. A chemical cleaning was performed after each experiment and was meant to remove all irreversible fouling. The chemical cleaning was performed with 5 – 7 litres of permeate,

brought to a of pH = 2 with HCl. 100 ml 31.5% H₂O₂ was added to improve dissolution of Fe(OH)₃ flocs. A chemical cleaning was started with a hydraulic cleaning. Subsequently, the chemicals were brought into the membrane module. The chemicals were left to soak into the capillaries for one hour. In total, the chemical cleaning took ca. 90 minutes.

Table 1
Flow program

Flow mode	Flux [l/m ² /h]	Velocity [m/s]	Time
1. Filtration	100		15 min
2. Purging		0.092	60 sec
3. Backwash	250		60 sec
4. Forward flush		0.092	60 sec

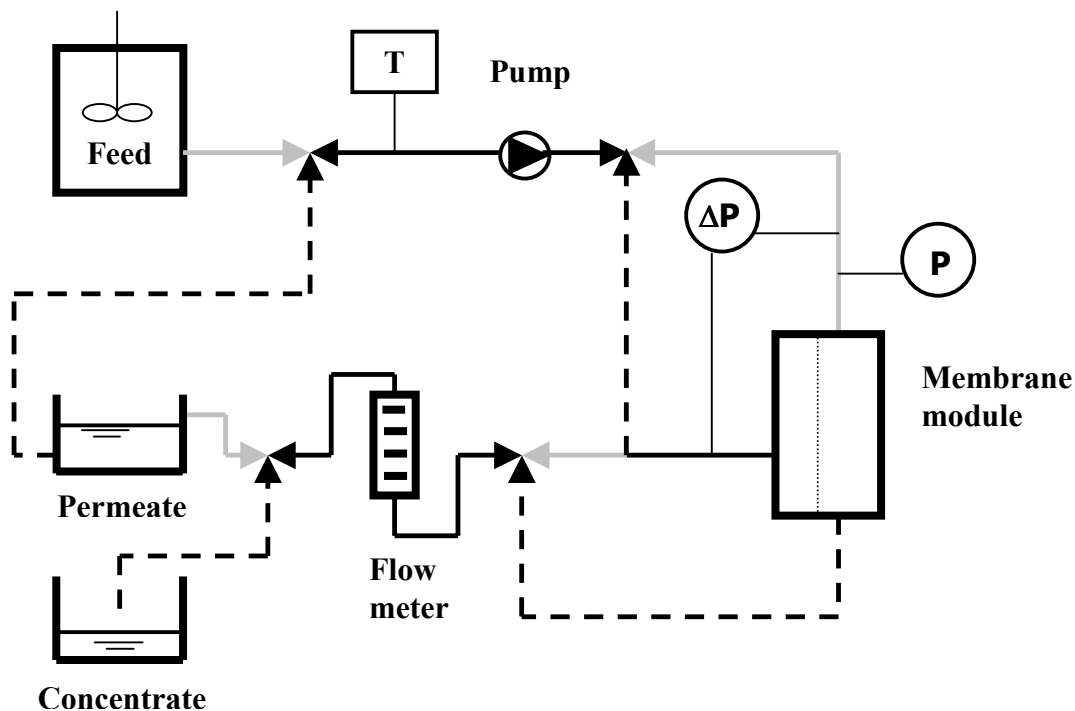


Fig. 1 Lay-out test installation
Thick black line = always in use; Grey line = Filtration mode; Dotted line = Backwash mode
Thin black line = measurement (no flow)

Fluid characteristics were determined using equations (2-4).

The pressure drop over a capillary is determined by:

$$\Delta p = \rho \cdot \lambda \frac{L}{2 \cdot D} v^2 \quad (2)$$

With:

Δp	pressure loss	[Pa]
ρ	density	[kg/m ³]
λ	friction coefficient	[-]
L	length of capillary	[m]
D	diameter of capillaries	[m]
v	flow velocity in capillary	[m/s]

The friction coefficient is determined by:

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} \quad (3)$$

With:

Re Reynold number [-]

Reynold number indicates to what extent turbulence occurs:

$$\text{Re} = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad (4)$$

With:

ν kinematic viscosity [m²/s]

3 Results

3.1 TMP and resistance under constant flux conditions

Figure 2 shows the flux and the TMP during filtration on a clean membrane. The figure shows that the experiments are indeed performed under constant flux conditions. During a filtration cycle the TMP increases, because capillaries foul increasingly. However, the TMP level of all filtration cycles did not increase over time. Therefore, it can be concluded that the hydraulic cleaning was capable of preventing irreversible fouling.

The reproducibility of the results was tested by performing two identical experiments. For each experiment a new membrane has been used. In figure 3 the results of these experiments are displayed. The graphs of both experiments are on the same level. This shows that the results of the experiments are reproducible. Small differences in resistance can be attributed to the fact that no two membranes are 100% similar.

An increased TMP indicates that a membrane is fouled, see figure 4. The TMP increases the first 5 operational runs before reaching a constant level. Apparently a certain amount of fouling occurred during these first 5 runs before an equilibrium is established. The hydraulic cleaning is now clearly not capable to prevent irreversible fouling. This experiment was started with a previously used membrane, which was cleaned chemically before use.

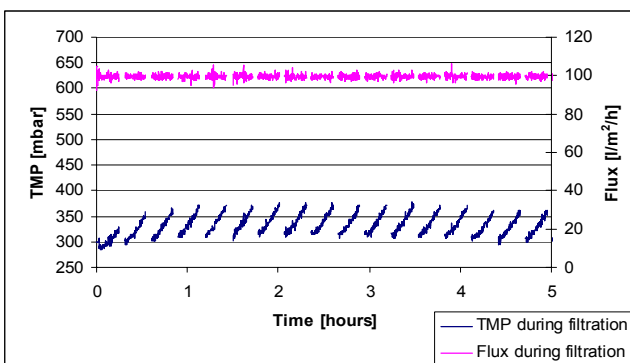


Fig. 2 TMP and flux during filtration. Experiment started with a previously unused membrane.

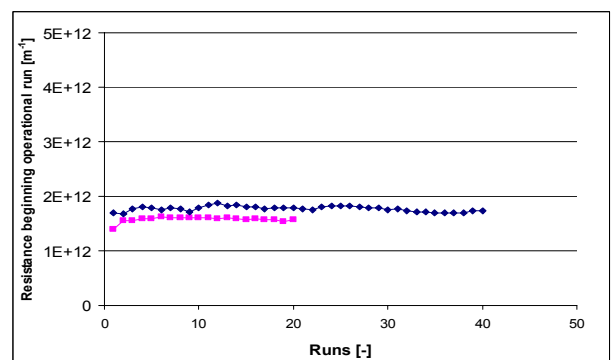


Fig. 3 FBR. Each experiment started with a previously unused membrane.

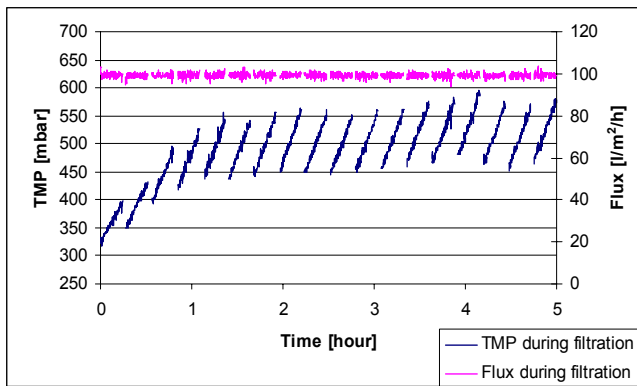


Fig. 4 TMP and flux during filtration. Experiment started with a previously used membrane.

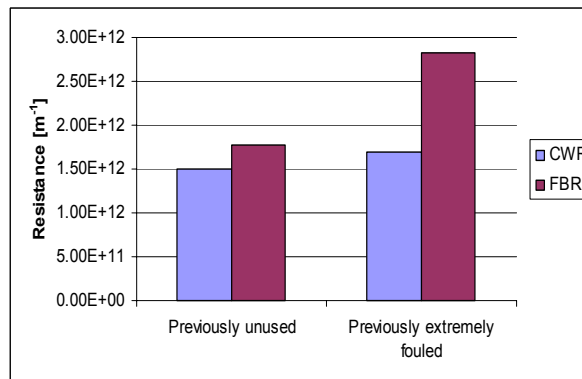


Fig. 5 FBR and CWR values for a previously unused and a previously extremely fouled membrane.

3.2 Clean water resistance

The parameter normally indicating the effectiveness of a chemical cleaning is the CWR. Membranes starting with CWR values similar to unused membranes were considered to be clean.

The results of two experiments are presented in figure 5. One of the experiments was started with a previously unused membrane. The other experiment was started with a membrane that was previously extremely fouled, but was chemically cleaned before use. Both membranes proved to have similar CWR values. What stands out is that the FBR value of the previously extremely fouled membrane is significantly higher. This seems to contradict the fact that both membranes had a similar CWR. This will be dealt with in the discussion section.

3.3 Forward flush pressure

During a forward flush water flows from the feed side of the capillaries to the concentrate side and does not pass the membrane wall. The forward flush pressure (FFP, measured at the feed side of the membrane module) can therefore give information about the longitudinal flow through the capillaries.

The FFP was measured for two membranes: a previously unused membrane and a previously used membrane. The previously used membrane was cleaned chemically before the FFP was measured. The results are displayed in figure 6. The FFP of the used membrane is 20% than the FFP of the previously unused membrane.

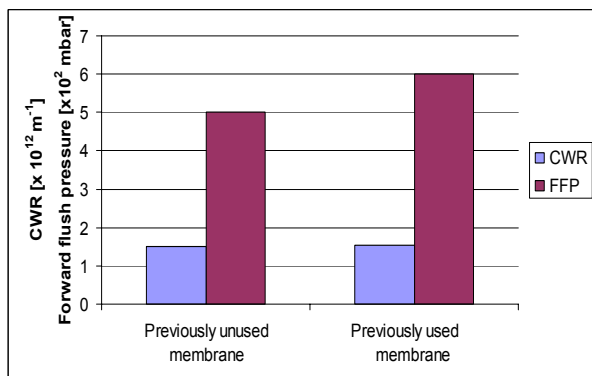


Fig 6 Forward flush pressure of a previously unused and used membrane.

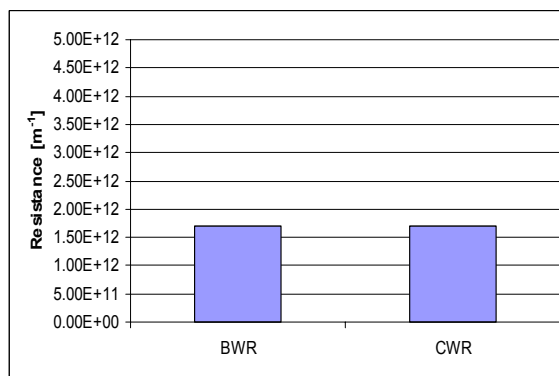


Fig. 7 BWR and CWR values of a membrane with fouled capillaries.

3.4 Backwash resistance

The BWR was measured on the same membrane on which the FFP was measured. The BWR was measured after a chemical cleaning was performed and the CWR indicated that the membrane was clean. The BWR was found to be approximately the same as the CWR, see figure 7.

3.5 Visual observations

Visual observations show that capillaries could still be fouled after both a hydraulic and a chemical cleaning were performed. Figures 8 – 10 show pictures of the feed side of the membrane module at three time

moments during an experiment: 1. Before use (new membrane), 2. After 40 operational runs, 3. After chemical cleaning. It should be noted that an experiment is ended after a hydraulic cleaning is performed. Figures 11 – 13 show the concentrate side at the same time moments.

The pictures show clearly that a new membrane has no fouled capillaries. After 40 runs approx. 5% of the capillaries at the feed side are fouled, while about half of the capillaries at the concentrate side are fouled. After chemical cleaning none of the capillaries are fouled at the feed side, while approx. 25% of the capillaries at the concentrate side are fouled.

Inspecting capillaries with an endoscope showed that after a chemical cleaning the majority of the fouling appeared at the concentrate side of the capillaries.

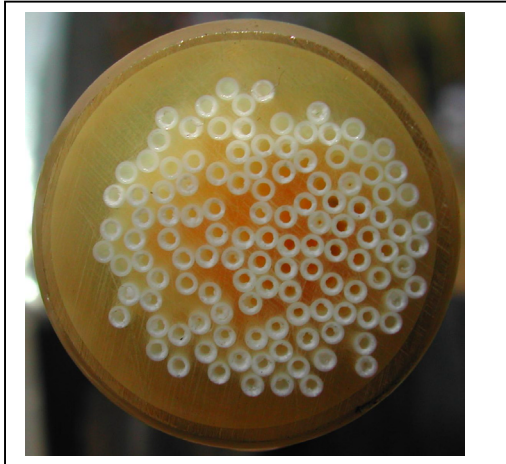


Fig. 8 Feed side before use

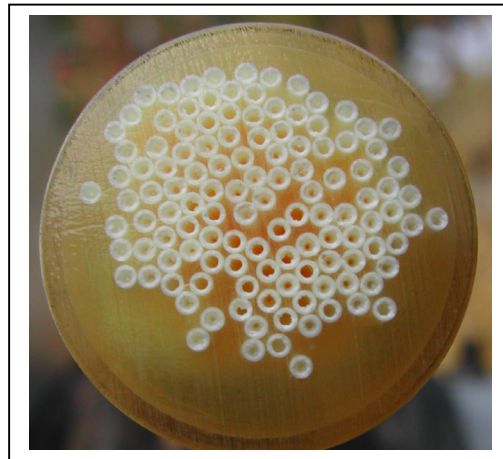


Fig. 11 Concentrate side before use

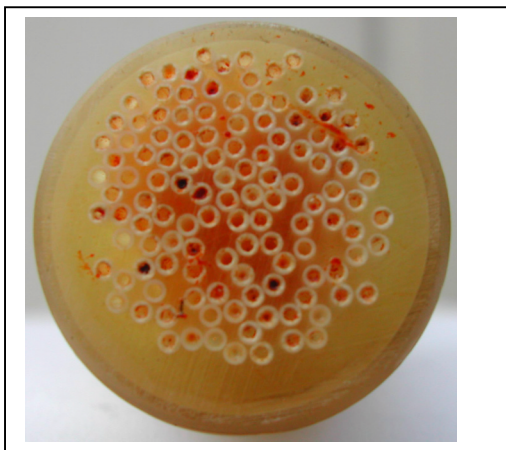


Fig. 9 Feed after 40 runs
(after hydraulic cleaning)



Fig. 12 Concentrate side after 40 runs
(after hydraulic cleaning)

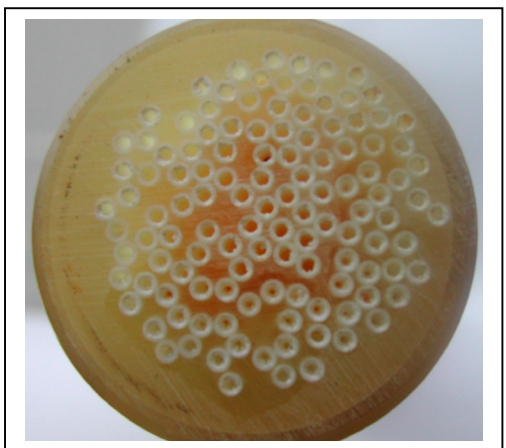


Fig. 10 Feed side after chemical cleaning

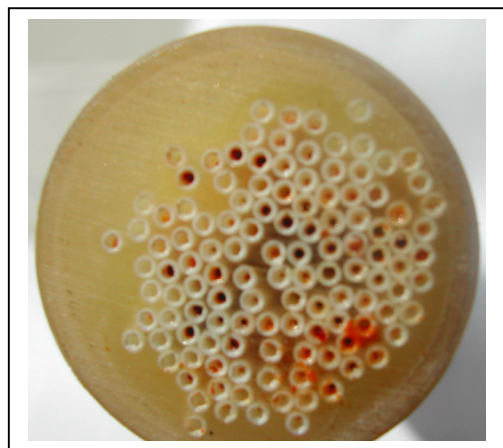


Fig. 13 Concentrate side after chemical cleaning

4 Discussion

Visual observations showed that after hydraulic and chemical cleaning capillaries were still fouled. The majority of the fouling occurred at the concentrate side of the capillaries, which was also shown by inspection of the interior of the capillaries with an endoscope. However, CWR and BWR values did not indicate that fouling occurred. Moreover, FFP and TMP values were higher for a previously used and chemically cleaned membrane than for a previously unused membrane, although both membranes had the same CWR values at the beginning of an experiment.

From the visual observations and the inspections with the endoscope it can be concluded that blockage of capillaries occurred, especially at the concentrate side of the capillaries in the potted area, see figure 14. This explains why this kind of fouling was not detected by judging CWR and BWR values: in these flow modes water is not obstructed by fouling plugs at the concentrate side of capillaries, see figures 15 and 16. However, during FFP measurements these fouling plugs do obstruct the water flow, thus causing higher FFP values, see figure 17. Figure 6 shows that the FFP of an used membrane is 20% higher. By using equations (2-4) it can be calculated that this corresponds to 17% blocked capillaries.

When capillaries are blocked at the concentrate side water and solids are not well transported out of the capillaries during a hydraulic cleaning. Over several cycles this can result in capillaries that are totally filled with solids. These filled capillaries do not participate anymore in the filtration process. With this fouling mechanism it can be explained why the TMP increases during the first 5 cycles in figure 4.

During a chemical cleaning the membrane wall and the volume of a capillary can be cleaned very well. However, the potting, where the ends of the capillaries are glued into, obstructs chemicals to soak into fouling plugs well. As a result it is possible that capillaries remain blocked. During following operational runs these blocked capillaries can become completely filled with solids again. It may take time before chemicals get to soak into the fouling plugs. The survey showed that at one plant the effect of extension of the soaking time of the chemical cleaning became apparent after several months.

As mentioned earlier, capillaries were observed to be especially blocked at the concentrate side of the membrane modules. This can be explained by the fact that at the feed side there is more movement of water than at the concentrate side so that possible fouling plugs at the feed side are more easily scoured out. Furthermore, during hydraulic cleaning whole fouling plugs are transported towards the concentrate side of the module. The slightest disturbance in this transport, for example a bottleneck effect caused by operational or manufacturing processes, can cause these plugs to remain stuck at the concentrate side. Extreme fouling can also result in blocked capillaries.

For practical purposes the FFP is a suitable parameter for determining if blocking of capillaries occurs. The CWR can be used to judge fouling of the membrane wall.

Further research could clear up more of the characteristics of the fouling mechanism of capillary blocking such as determining which capillaries are sensitive to blocking and the kinetics and limitations to the process. Furthermore, research could be focussed on developing cleaning procedures that are able to deal with capillary blocking. Promising features are the direction of flows during a hydraulic cleaning, intermittent flushing and a more powerful forward flush.

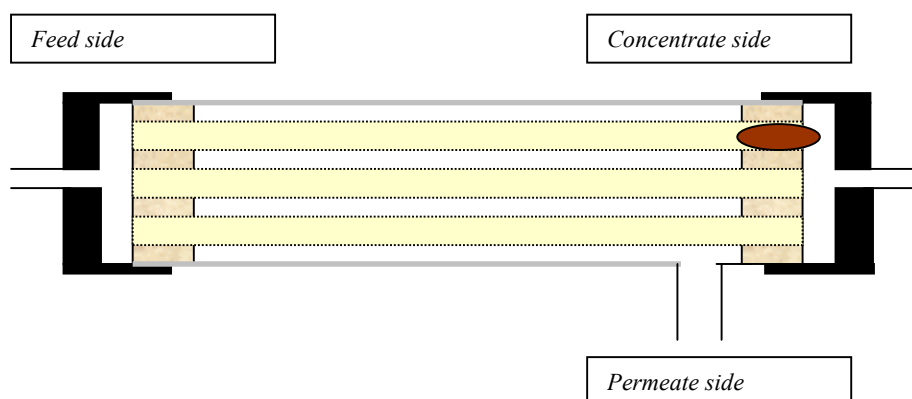


Fig. 14 Schematic drawing of a membrane module. After a hydraulic and chemical cleaning a capillary can be blocked, especially at the concentrate side of the capillary.

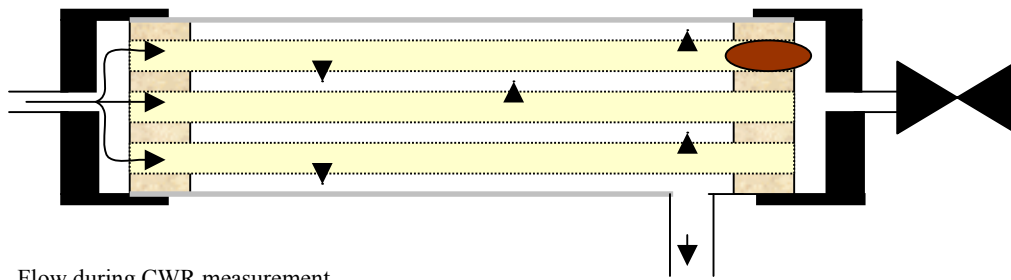


Fig. 15 Flow during CWR measurement

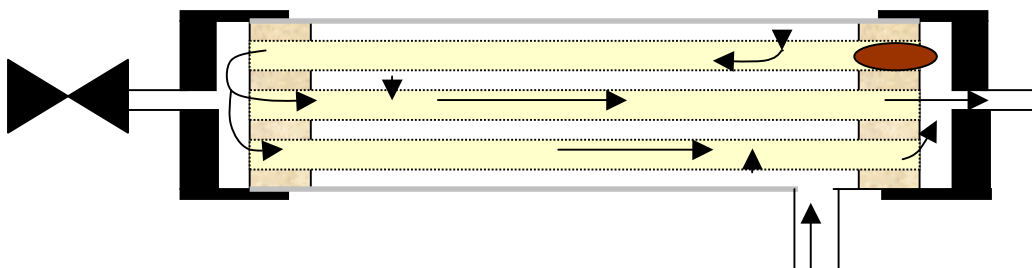


Fig. 16 Flow during BWR measurement

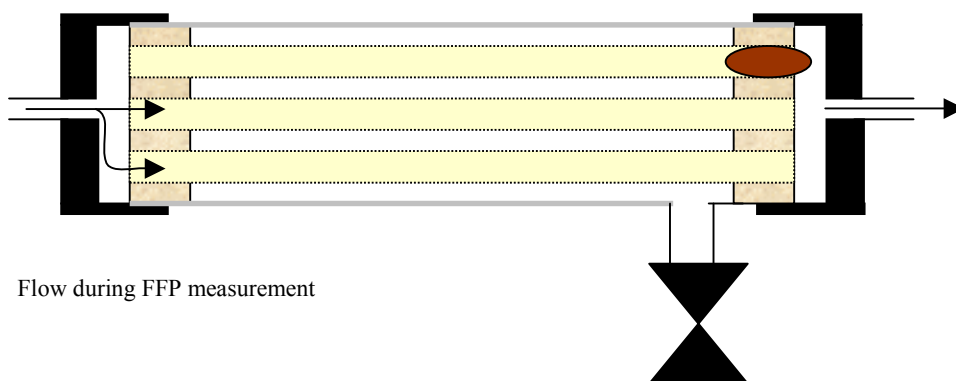


Fig. 17 Flow during FFP measurement

5 Conclusions

At full-scale plants, cleaning procedures for UF membranes, both hydraulic and chemical, are not uniform. Also, fouling mechanisms are not yet fully understood. In order to gain more insight into the fundamentals of membrane fouling and the effectiveness of cleaning procedures experiments were performed with capillary UF membranes under constant flux conditions. Demineralized water was used as feed water and $\text{Fe}(\text{OH})_3$ flocs as fouling components.

The results of resistance measurements were reproducible when each experiment was started with a previously unused membrane. The hydraulic cleaning was capable to prevent irreversible fouling then.

Visual and endoscopic inspections proved that used membranes had blocked capillaries even after hydraulic and chemical cleaning. Fouling plugs appeared especially at the concentrate side where capillaries are glued into a potting.

However, CWR and BWR values did not increase when fouling plugs blocked the concentrate side of capillaries. This can be explained by the fact that the CWR and BWR are measured when water doesn't flow through the concentrate side of the capillaries and is not obstructed by blockages. FFP values did increase when capillaries were blocked. Concluding it can be said that the CWR is suitable for detecting radial fouling while longitudinal can be detected by the FFP.

When capillaries were blocked water and fouling could not leave the capillaries during hydraulic cleaning. Over several cycles these capillaries became totally filled with solids and did not participate in the production process anymore. This resulted in higher resistance values.

During a chemical cleaning fouling was very well removed except where capillaries are glued into the potting. The potting hindered chemicals in soaking into the fouling plugs. This result corresponds to practical experiences of UF plants where the effect of extension of a chemical cleaning became apparent after several months.

Several factors influence the blocking of capillaries such as an extreme fouling situation, on-going flocculation in capillaries or a bottleneck effect at the end of capillaries caused by expansion of membrane material.

Further research could clarify more about the circumstances under which capillaries are sensitive to blockage. Furthermore, research could be focussed on improving cleaning methods and procedures. The direction of flows during a hydraulic cleaning, intermittent flushing and a more powerful forward flush are points of interest.

Concluding it can be said that although membrane fouling is often defined as a radial phenomenon it has longitudinal effects as well. The CWR is suitable for detecting radial fouling while longitudinal fouling can be detected by the FFP. Another definition of fouling for dead-end operated membranes seems to be appropriate: ‘The sum of all phenomena that cause an increased resistance over several operational runs.’

6 List of symbols and abbreviations

CWP	Clean Water Pressure
CWR	Clean Water Resistance
FBR	Resistance at the Beginning of an operational run in Filtration mode
FFP	Forward Flush Pressure
MWCO	Molecular Weight Cut-Off
RO	Reverse Osmosis
TMP	Transmembrane Pressure
UF	Ultrafiltration
A	surface area of cross-section of capillaries
D	diameter of capillaries
g	gravity
L	length of pipe
Q	Flow
Re	Reynold's number
v	Flow velocity in capillary
ΔH	Head loss
Δp	Pressure loss
λ	Friction coefficient
ν	Dynamic viscosity
ν	Kinematic viscosity

Acknowledgements

This research is a part of the joint research program of the Dutch drinking water companies.

References

- [1] J.-M. Laîné, D. Vial, P. Moulart, Status after 10 years of operation – overview of UF technology today, *Desalination* 131 (2000) 17.
- [2] K. Khatib, J. Rose, O. Barres, W. Stone, J-Y Bottero, C. Anselme, Physico-chemical study of fouling mechanisms of ultrafiltration membranes on Biwa lake (Japan), *J. Membr. Sci.* 130 (1997) 53.
- [3] M. Kennedy, S-M Kim, I. Mutenyo, L. Broens, J. Schippers, Intermittent crossflushing of hollow fiber ultrafiltration systems, *Desalination* 118 (1998) 175.
- [4] J.Q.J.C. Verberk, G.I.M. Worm, H. Futselaar, J.C. van Dijk, Combined air-water flush in dead-end ultrafiltration, *Water Science and Technology: Water Supply* 1 (2001) 393.
- [5] P. Prádanos, A. Hernández, J.J. Calvo, F. Tejerina, Mechanisms of protein fouling in cross flow UF through an asymmetric inorganic membrane, *J. Membr. Sci.* 114 (1996) 115.
- [6] A. Lerch, G. Hagemeyer, S. Panglisch, R. Gimbel, Trinkwasseraufbereitung von Oberflächengewässern mittels Flockung / Ultrafiltration, Begleitbuch zur 5. AACHER TAGUNG Siedlungswasserwirtschaft und Verfahrenstechnik 30 September – 1. Oktober 2003, Beitrag W13.
- [7] W. Stumm, J.J. Morgan, *Aquatic Chemistry, An Introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Waters* 2nd Ed., John Wiley & Sons, 1981.
- [8] M. Nyström, A. Pihlajamäki, N. Ehsani, Characterization of ultrafiltration membranes by simultaneous streaming potential and flux measurements, *J. Membr. Sci.* 87 (1994) 245.
- [9] I.H. Huisman, P. Prádanos, A. Hernández, Electrokinetic characterisation of ultrafiltration membranes by streaming potential, electroviscous effect, and salt retention, *J. Membr. Sci.* 178 (2000) 55.

Survey UF–installaties Nederland

1	Brabant Water, Aalsterweg/Eindhoven	3
2	Brabant Water, Macharen	7
3	Delta Nutsbedrijven, Ouddorp	15
4	Hydron Flevoland, Fledite	21
5	Vitens Friesland, Spannenburg	27
6	WMD, Gietwaterbedrijf Erica	35
7	WMD, Gietwaterbedrijf Klazienaveen	41
8	WLN, KISUMA/Veendam	45

Praktijkervaringen van acht UF-installaties zijn verzameld om meer inzicht te krijgen in de toegepaste reinigingsprocedures, zie onderstaande tabel.

Beheerder	Installatie
Brabant Water	Aalsterweg (Eindhoven)
Brabant Water	Macharen
Delta Nutsbedrijven	Ouddorp
Hydron Flevoland	Fledite
Vitens Friesland	Spannenburg
WMD	Gietwaterbedrijf Erica
WMD	Gietwaterbedrijf Klazienaveen
WLN ⁸	KISUMA (Veendam)

* WLN beheert namens het bedrijf KISUMA de UF-installatie

De rapportage van de verzamelde informatie zal geschieden middels een standaard-‘format’. Indien er omtrent een bepaald punt geen informatie is verzameld bij een installatie dan zal er bij de betreffende plek niks ingevuld worden. Zodoende kan er bij een eventueel vervolg direct gezien worden welke informatie nog vergaard dient te worden.

Het format van de rapportage is als volgt:

1. Algemene informatie over de installatie
2. Processchema
3. Procesontwerp
4. Procesvoering
5. Waterkwaliteit
6. Afvoer concentraat en reinigingsvloeistoffen
7. Reiniging
8. Problemen en ontwikkeling

1 Brabant Water, Aalsterweg/Eindhoven

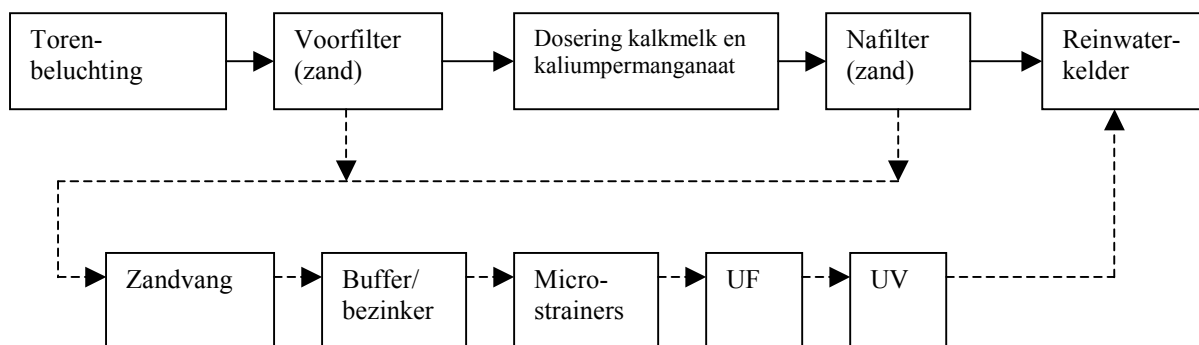
1.1 Algemene informatie

Contactpersoon: Dhr. S. van de Wetering

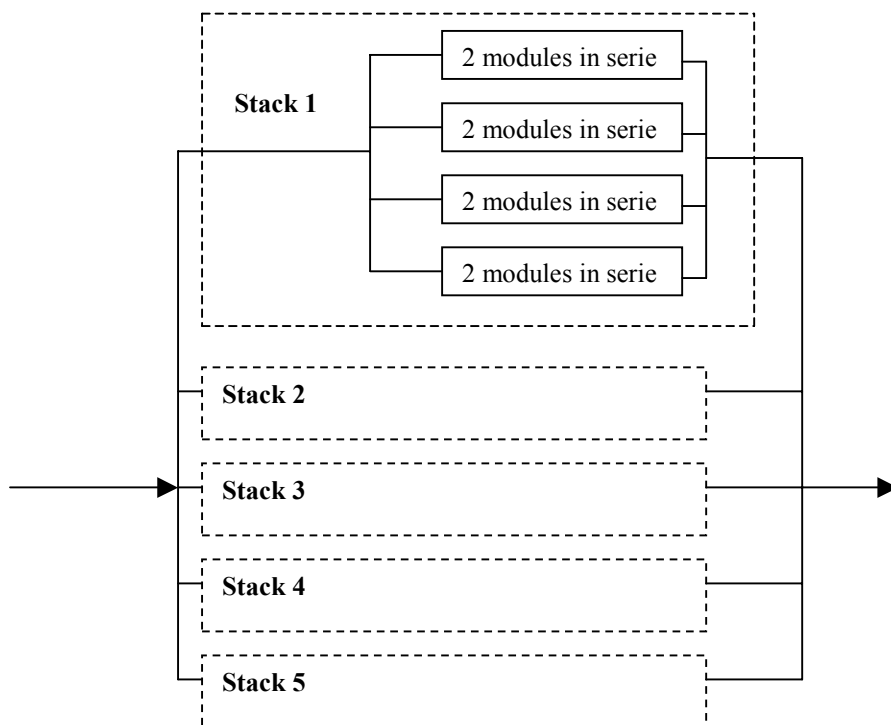
UF wordt op Aalsterweg toegepast bij behandeling van ijzerhoudend spoelwater. Men heeft gekozen voor UF, vanwege de goede waterkwaliteit van het permeaat.

De UF-installatie van Aalsterweg is in 1996 in bedrijf genomen.

1.2 Processchema



UF:



1.3 Procesontwerp

Onderwerp	Grootheid	Waarde
Algemeen informatie	Totaalmembraanoppervlak	900 m ²
	Ontwerpcapaciteit	
	Ontwerprecovery	
Stacks	Aantal stacks	5
	Aantal drukbuizen per stack	4
	Aantal modules per drukbuis	2
	Stack individueel aanstuurbaar?	Ja
Modules	Merk	X-flow UFC M5
	Diameter modules	8"
	Lengte modules	1,5 m
	Aantal capillairen per module	Ca. 3000
	Stand modules	Horizontaal
	Membraanoppervlak per module	20 m ²
Capillairen	Diameter capillairen	1,5 mm
	Poriegrootte	25 – 30 nm

1.4 Procesvoering

Grootheid	Eenheid	Waarde
Flux	l/m ² /h	11 – 111*
Recovery	%	93
Aantal stacks in bedrijf	[-]	5 van 5
Filtratietijd	min	120
Wijze van integriteitsbewaking		

* Flux afhankelijk van peil in spoelwaterbuffer

1.5 Waterkwaliteit

Voedingswater

Parameter	Eenheid	minimum	gemiddelde	maximum	Gestelde eis (door membraanleverancier)
Temperatuur	°C		14		
Zuurgraad	pH		7.65 – 8.0		
Troebelheid	FTU		1 – 5		
Zwevende stof	mg/l		320		
DOC	mg/l				
IJzer (totaal) Fe ³⁺	mg/l		30 – 50		
IJzer Fe ²⁺	mg/l				
Mangaan	Mg/l		0.5 – 1.0		
UV-absorptie	m ⁻¹				
ATP	mg/l				
Chlorofyl-a	µg/l				
Geleidbaarheid	µS/cm				
Zuurstof	Mg/l				

Dhr. Van de Wetering vermoedt dat het mangaan in het voedingswater een rol speelt in de (irreversibele) vervuiling.

Permeaat

Parameter	Eenheid	minimum	gemiddelde	maximum	Gestelde eis (door membraanleverancier)
Temperatuur	°C				
Zuurgraad	pH				
Troebelheid	FTU				
Zwevende stof	mg/l				
DOC	mg/l				
IJzer (totaal) Fe ³⁺	mg/l				
IJzer Fe ²⁺	mg/l				
Mangaan	Mg/l				
UV-absorptie	m ⁻¹				
ATP	mg/l				
Chlorofyl-a	µg/l				
Geleidbaarheid	µS/cm				
Zuurstof	Mg/l				

1.6 Afhandeling concentraat en reinigingsvloeistoffen

1.7 Reiniging

Alle reinigingen worden per stack uitgevoerd.

1.7.1 Hydraulische reiniging

Volgorde reiniging	Debiet [l/m ² /h]	Duur [sec]	Druk [bar]
Backflush (tweezijdige afvoer)	45*	70	2
Backflush (enkelzijdige afvoer)	45*	60	2

* Constante druk-spoeling = 2 bar

Het concentraat van de backflush wordt in eerste instantie afgevoerd naar twee kanten. Op een gegeven moment wordt er overgeschakeld op afvoer naar één kant. Uit ervaring is namelijk gebleken dat het sluiten van de afsluiter extra reiniging bewerkstelligt (vermoedelijk a.g.v. het optreden van drukgolven).

Er wordt ook visueel beoordeeld wanneer de hydraulische reiniging voldoende is.

De enkelzijdige afvoer van het concentraat vindt plaats naar de kant waar het ruwe water (tijdens filtratie) vandaan kwam.

1.7.2 Chemische reiniging

Soort chemische reiniging	Frequentie	Benodigdheden	Concentratie
EBW (Zure reiniging)	Om de 3 uur	HCl H ₂ O ₂	PH = 1 à 2 150 mg/l H ₂ O ₂

Soort reiniging	Procedure	Druk	Tijd
EBW (Zure reiniging)	<ol style="list-style-type: none"> Voorspoelen Doseren chemicaliën Inweken Naspoelen 	Max. 2,5 bar	<ol style="list-style-type: none"> 40 s (flux = 200 l/m²/h) 90 s (flux = 80 l/m²/h) 15 minuten 150 s (flux = 200 l/m²/h)

1.8 Problemen en ontwikkeling

Vervanging modules

Vanwege veelvuldige lekkage van een oud type (niet-ondersteunde) membranen zijn in 2000 de membranen verwisseld.

Oude reinigingsprogramma's

In eerste instantie werd er gedurende 30 s gebackflushd met tweezijdige afvoer. Dit bleek echter niet te voldoen. Visuele controle wees tevens uit dat er niet voldoende werd uitgespoeld (water bleef bruin).

Het programma voor de chemische reiniging bestond eerst uit 30 s voorspoelen, 30 s doseren en 30 s uitspoelen allemaal met een flux van 200 l/m²/h. De inweektijd was 5 minuten. De reiniging voldeed echter niet, omdat er bleek dat niet alle drukvaten voldoende chemicaliën hadden binnen deze 30 seconden. Bovendien was het uitspoelbeeld niet goed. Aanpassen van alle tijden leverde een enorme verbetering.

Rietjesbreuk

Op PS Eindhoven is rietjesbreuk (= scheuren in de capillairen) opgetreden. Vermoedelijk is dit ontstaan a.g.v. fluxverhoging. Deze fluxverhoging ontstond wanneer een stack uit bedrijf werd genomen, waardoor de overige stacks meer te verwerken kregen. In de huidige situatie vindt er geen fluxverhoging meer plaats wanneer een stack wordt gereinigd. Rietjesbreuk is nu geen probleem meer.

1.9 Conclusies en aandachtspunten

- Een langere chemische reiniging blijkt de grootste effecten te hebben bij het bestrijden van de irreversibele vervuiling. Optimaliseren van de hydraulische reiniging lijkt weinig tot geen effect te hebben.
- Rekening moet gehouden met het feit dat de effecten van een verandering/optimalisatie van een reinigingsprocedure geleidelijk aan zichtbaar worden. Een tijdschaal van maanden is niet uitzonderlijk.
- Volgens dhr. Van de Wetering zou het mangaan dat in het voedingswater aanwezig een rol spelen in de vervuiling.

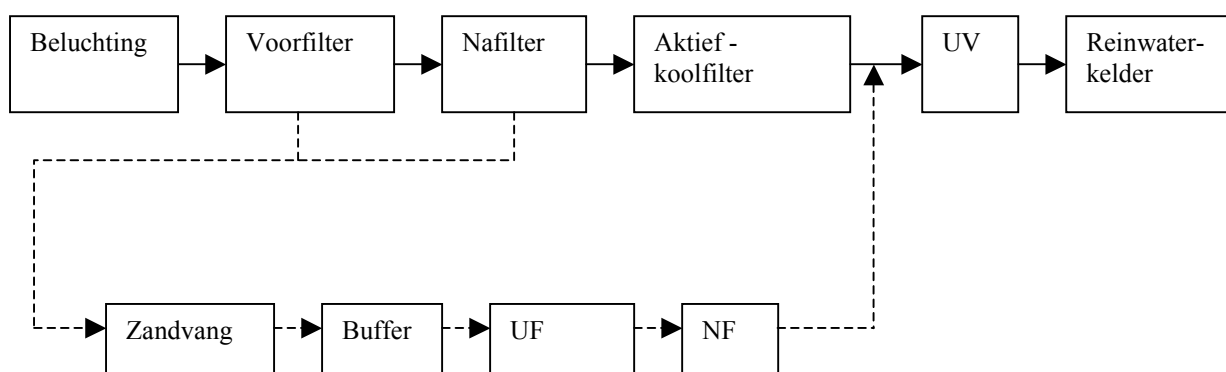
2 Brabant Water, Macharen

2.1 Algemene informatie

Contactpersoon: Dhr. S. Van de Wetering

Op PS Macharen staan er twee UF-proefinstallaties: een van het merk X-flow en een van Stork. De UF-installaties zijn in december 2000 in gebruik genomen.

2.2 Processchema



Installatie Stork



Installatie X-flow

2.3 Procesontwerp

Onderwerp	Grootheid	Waarde	
		X-flow	Stork
Algemeen informatie	Totaalmembraanoppervlak	540 m ²	
	Ontwerpcapaciteit	83 l/m ² /h	143 l/m ² /h
	Ontwerprecovery		
Stacks	Aantal stacks	1	1
	Aantal drukbuizen per stack	12	10
	Aantal modules per drukbuis	2	1
	Stacks individueel aanstuurbaar?	Ja	Ja
Modules	Merk	X-flow <i>Xiga</i>	Stork
	Diameter modules	8"	8 "
	Lengte modules	1.5 m	3 m
	Aantal capillairen per module	Ca. 9000	
	Stand modules	Horizontaal	Verticaal
	Membraanoppervlak per module	35 m ²	
Capillairen	Diameter capillairen	0.8 mm	5.2 mm
	Poriegrootte	25 – 30 nm	0.04 µm

* Totaal 10 modules

2.4 Procesvoering

Grootheid	Eenheid	Waarde	
		X-flow	Stork
Flux	l/m ² /h	50	62
Recovery	%	90	90
Aantal stacks in bedrijf	[-]	8 van de 12 drukbuizen in bedrijf	7 van de 10 drukbuizen in bedrijf
Filtratietijd	min	80	80
Wijze van integriteitsbewaking			

2.5 Waterkwaliteit

Voeding (2002)

Parameter	Eenheid	minimum	gemiddelde	maximum	Gestelde eis (door membraanleverancier)
Temperatuur	°C		11		
Zuurgraad	pH		7.03		
Troebelheid	FTU		0		
Zwevende stof	mg/l				
DOC	mg/l				
IJzer (totaal) Fe ³⁺	mg/l		15		
IJzer Fe ²⁺	mg/l				
Mangaan	Mg/l		1.5		
UV-absorptie	m ⁻¹				
ATP	mg/l				
Chlorofyl-a	µg/l				
Zuurstof	Mg/l				

Beide membraaninstallaties (Stork en X-flow) krijgen hetzelfde voedingswater. Voor een uitgebreidere tabel, zie 2.10

Permeaat X-flow

Parameter	Eenheid	minimum	gemiddelde	maximum	Gestelde eis (door membraanleverancier)
Temperatuur	°C		11 – 12		
Zuurgraad	pH				
Troebelheid	FTU		0.07 – 0.21		
Zwevende stof	mg/l				
DOC	mg/l				
IJzer (totaal) Fe ³⁺	mg/l		0		
IJzer Fe ²⁺	mg/l				
Mangaan	Mg/l		0.02 – 0.67		
UV-absorptie	m ⁻¹				
ATP	mg/l				
Chlorofyl-a	µg/l				
Zuurstof	Mg/l				

Permeaat Stork

Parameter	Eenheid	minimum	gemiddelde	maximum	Gestelde eis (door membraanleverancier)
¹⁾ Temperatuur	°C		11 - 12		
Zuurgraad	pH				
Troebelheid	FTU		0 – 0.28		
Zwevende stof	mg/l				
DOC	mg/l				
IJzer (totaal) Fe ³⁺	mg/l		0		
²⁾ IJzer Fe ²⁺	mg/l				
Mangaan	Mg/l		0.01 – 0.64		
UV-absorptie	m ⁻¹				
ATP	mg/l				
Chlorofyl-a	µg/l				

2.6 Afhandeling concentraat en reinigingsvloeistoffen

2.7 Reiniging

2.7.1 Hydraulische reiniging

X-flow

Volgorde reiniging	Debiet [l/m ² /h]	Duur [sec]
Backflush	200	120 s

Stork

Volgorde reiniging	Debiet [l/m ² /h]	Duur [sec]
FF + AF		60 (met 40 sec AF)
BF	200	120

Er wordt met een constante flux gereinigd. De maximale backflush-TMD is ca. 100 kPa.

2.7.2 Chemische reiniging

X-flow

Soort chemische reiniging	Frequentie	Benodigheden	Concentratie
EBW (Zure reiniging)	Na zes cycli	HCl H ₂ O ₂	HCl: pH = 2 H ₂ O ₂ : 300 ppm

Soort reiniging	Procedure	Tijdsduur
EBW (Zure reiniging)	1. Voorspoelen 2. Dosering 3. Inweken 4. Naspoelen	1. 120 sec 3. 30 min 4. 120 sec

Stork

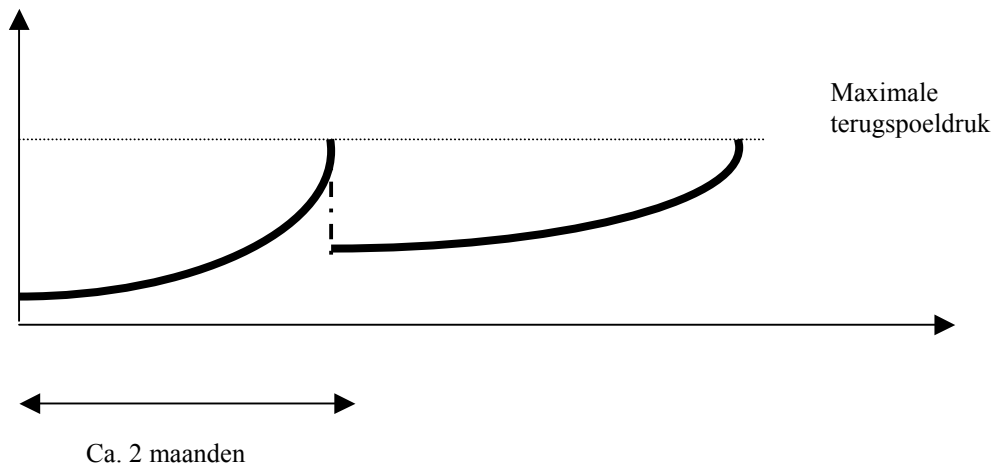
Soort chemische reiniging	Frequentie	Benodigheden	Concentratie
EBW (Zure reiniging)	Na zes cycli	HCl H ₂ O ₂	HCl: pH = 2 H ₂ O ₂ : 300 ppm

Soort reiniging	Procedure	Tijdsduur
EBW (Zure reiniging)	1. Voorspoelen 2. Dosering 3. Inweken 4. Naspoelen	1. 120 sec 3. 30 min 4. 120 sec

2.8 Problemen en ontwikkeling

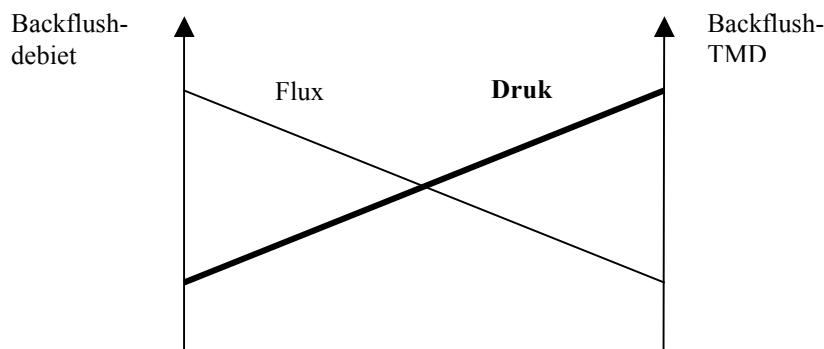
Irreversibele vervuiling

De Stork-membranen hebben een maximale terugspoeldruk van ca. 100 kPa. Bij de X-flow membranen ligt dit op ca. 250 kPa. Het verloop van de backflushdruk gedurende enkele maanden is hierna geschetst.



SCHETS VERLOOP TERUGSPOELDRUK IN DE TIJD

De backflushdruk steeg zeer snel naar de maximale backflushdruk. Dit is geprobeerd tegen te gaan door o.a. de frequentie van de hydraulische en chemische reiniging te verhogen en het middel Ferroquest te gebruiken. Dit alles hielp niet. Om het proces te vertragen heeft men het backflushdebiet verlaagd. Dit is echter 'het begin van het einde', zoals dhr. Van de Wetering het zo treffende uitdrukte, omdat er niet eeuwig kan worden doorgedaan met het verlagen van het backflushdebiet. Dit proces is hierna geschetst.

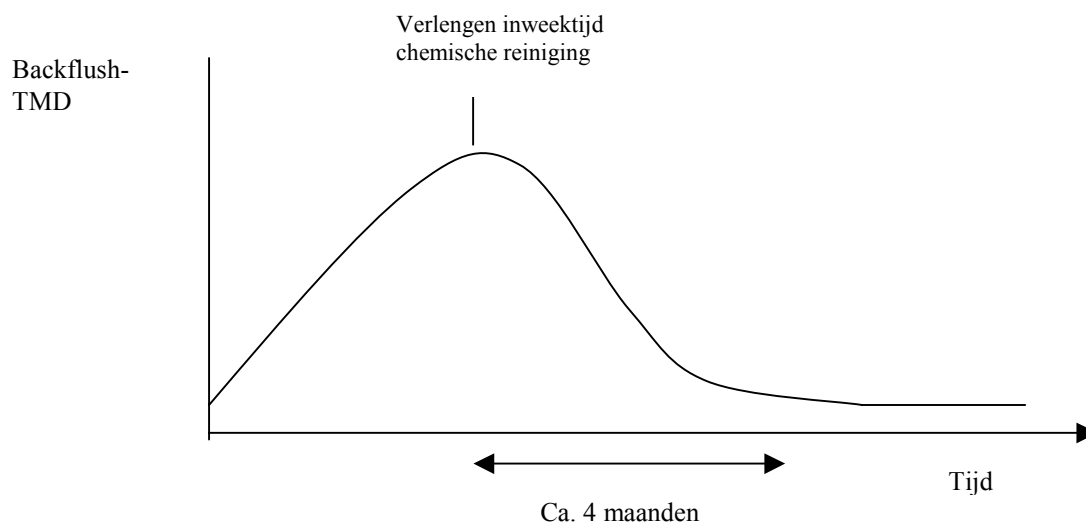


SCHETS VERLOOP BACKFLUSHDEBIET- EN DRUK

Volgens de membraanleverancier lag het probleem aan het feit dat er met drinkwater werd gebackflushd. Omdat drinkwater een hoger gehalte aan deeltjes heeft dan UF-permeaat zouden de aanwezigheid van deze deeltjes verstoppingen aan de schoonwaterzijde kunnen veroorzaken. Backflushen m.b.v. permeaat had echter geen positief effect tot gevolg. Vanuit de bedrijfsvoering gezien is het ook niet wenselijk om met permeaat te spoelen. Indien er een doorbraak van micro-organismen plaatsvindt in de membranen wordt het probleem alleen maar in stand gehouden door met permeaat te reinigen. Flushen met drinkwater heeft daarom de voorkeur.

Er is tijdens proefonderzoek autopsy verricht op een aantal capillairen. Uit de autopsy is gebleken dat de verdeling van water over de capillairen goed is. Aan de ijzerafzetting op de wanden van de capillairen kon opgemaakt worden dat er sprake was van porieverstopping. De vervuiling bestond voor 98% uit ijzer. De rest was mangaan en calcium.

Men heeft de inweektijd van de chemische reiniging verhoogt van ca. 5 minuten na ca. 30 minuten. Na enkele maanden kon men aan de hand van de optredende drukken zien dat de permeabiliteit van de membranen was toegenomen (zie figuur hierna). Hieruit bleek een langere inweektijd een maatregel te zijn, waarmee de irreversibele vervuiling gecontroleerd kon worden.



SCHETS VERLOOP BACKFLUSHDEBIET IN DE TIJD

De problemen en ontwikkelingen die zijn beschreven in het verslag van het bezoek aan PS Eindhoven zijn ook van toepassing op PS Aalsterweg. Ook hier resulteerde een verlenging van de inweektijd over enkele maanden gezien in een aanzienlijke reductie van de backflushdruk.

Bij de Stork-installatie is de Airflush (nog) niet geoptimaliseerd. Men is op dit moment tevreden met het feit dat men de irreversibele vervuiling onder controle heeft.

2.9 Conclusies en aandachtspunten

- UF levert uitstekende prestaties bij behandeling van spoelwater.
- Een langere inweektijd bij de chemische reiniging blijkt de grootste effecten te hebben bij het bestrijden van de irreversibele vervuiling. Optimaliseren van de hydraulische reiniging lijkt weinig tot geen effect te hebben.
- De effecten van een verandering/optimalisatie van een reinigingsprocedure kunnen pas goed zichtbaar zijn na enkele maanden.

2.10 Extra: Waterkwaliteitsgegevens Macharen

Kwaliteitsparameters PS Macharen

Parameter	Eenheid	Ruwwater	Reinwater	Spoelwater	Permeaat X-flow	Permeaat Stork
pH	[-]	7,03	7,58			
IJzer	mg/l	15	< 0,02	54 – 470	0	0
Mangaan	mg/l	1,5	< 0,01	4,1 59	0,02 – 0,67	0,01 – 0,64
Ammonium	mg/l	0,97	< 0,05		0 – 0,12	0 – 0,18
Nitriet	mg/l			0 – 0,1	0 – 0,08	0 – 0,08
Troebelheid	NTU	0	< 0,1	0 – 0,21	0,07 – 0,21	0 – 0,28
Kol 22	Kve/1 ml			26 – 560	0 – 99	0 – 110
Coli	[-]			0	0	0
Aeromonas	[-]			0 – 150	0	0
Temperatuur	°C	11	11	11 - 12	11 - 12	11 -12

De waterkwaliteit varieert nauwelijks gedurende het jaar. Eventuele variaties worden in de spoelwaterbuffers uitgevlakt (zie processchema).

3 Delta Nutsbedrijven, Ouddorp,

3.1 Algemene informatie

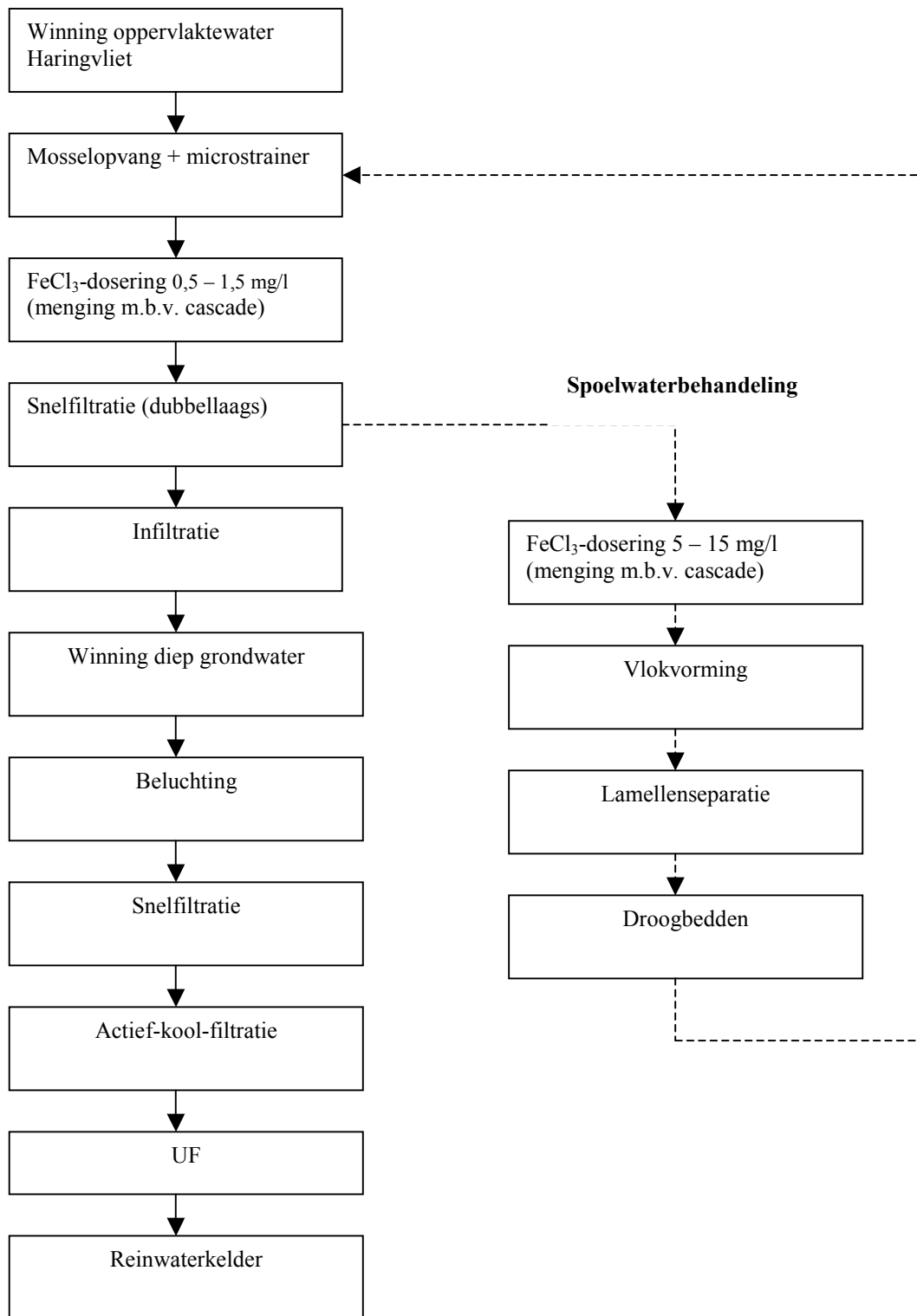
Contactpersoon: *Dhr. D. Jaksic*

De UF-installatie van PS Ouddorp staat aan het einde van het drinkwaterproductieproces om de bacteriologische betrouwbaarheid te waarborgen.

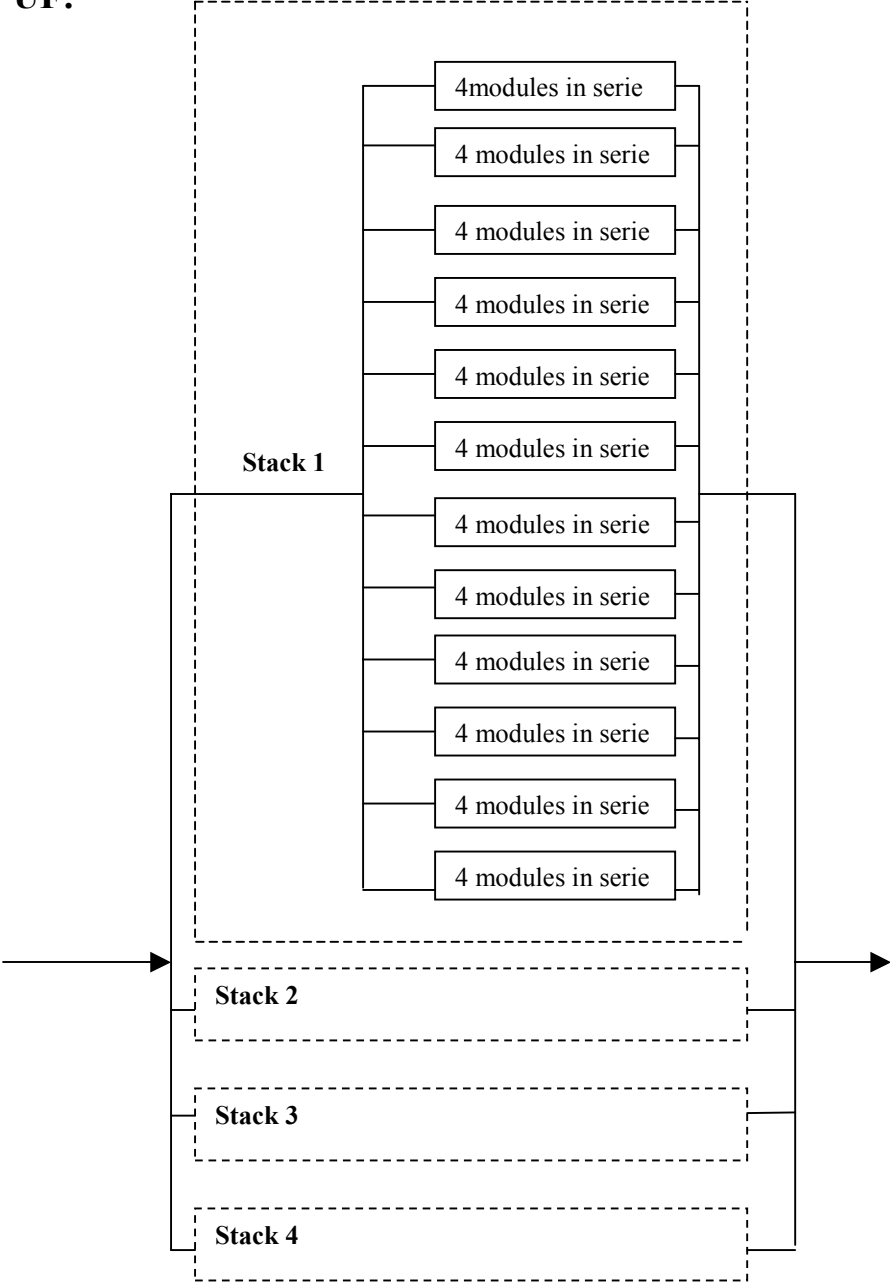
De UF-installatie is in gebruik sinds maart 2001.



3.2 Processchema



UF:



3.3 Procesontwerp

Onderwerp	Grootheid	Waarde
Algemeen informatie	Totaalmembraanoppervlak	6720
	Ontwerpcapaciteit	
	Ontwerprecovery	
Stacks	Aantal stacks	4
	Aantal drukbuizen per stack	12
	Aantal modules per drukbuis	4
	Stack individueel aanstuurbaar?	Ja
Modules	Merk	X-flow Xiga
	Diameter modules	8"
	Lengte modules	1.5 m
	Aantal capillairen per module	Ca. 9000
	Stand modules	Horizontaal
	Membraanoppervlak per module	35 m ²
Capillairen	Diameter capillairen	0.8 mm
	Poriegrootte	25 – 30 nm

3.4 Procesvoering

Grootheid	Eenheid	Waarde
Flux	l/m ² /h	Afhankelijk van seizoen. In zomerseizoen zijn er veel toeristen → productie hoger Maximaal 120 l/m ² /h
Recovery	%	Afhankelijk van flux
Aantal stacks in bedrijf	[-]	Ja
Filtratietijd	min	Stack 1 + 3: 120 minuten Stack 2 + 4: 90 minuten
Wijze van integriteitsbewaking		Deeltjester na elke stack

Bij lage productie blijven alle stacks in gebruik: het water wordt verdeeld over de stacks.

3.5 Waterkwaliteit

Voedingswater UF

Parameter	Eenheid	minimum	Gemiddelde	maximum	Gestelde eis (door membraanleverancier)
Temperatuur	°C		Ca. 10		
Zuurgraad	pH		7.03		
Troebelheid	FTU	0.18			
Zwevende stof	mg/l				
DOC	mg/l				
IJzer (totaal) Fe ³⁺	mg/l		15		
IJzer Fe ²⁺	mg/l				
Mangaan	Mg/l		1.5		
UV-absorptie	m ⁻¹				
ATP	mg/l				
Chlorofyl-a	µg/l				
Geleidbaarheid	µS/cm		8		
Zuurstof	Mg/l				

Permeaat UF

Parameter	Eenheid	minimum	gemiddelde	maximum	Gestelde eis (door membraanleverancier)
Temperatuur	°C		Ca. 10		
Zuurgraad	pH		8.56		
Troebelheid	FTU	0.27		0.34	
Zwevende stof	mg/l				
DOC	mg/l				
IJzer (totaal) Fe ³⁺	mg/l				
IJzer Fe ²⁺	mg/l				
Mangaan	Mg/l				
UV-absorptie	m ⁻¹				
ATP	mg/l				
Chlorofyl-a	µg/l				
Geleidbaarheid	µS/cm		552		
Zuurstof	Mg/l			0.8	

De waterkwaliteitsparameters variëren niet gedurende het jaar.

Wat opvalt is dat de troebelheid van het permeaat hoger is dan van het voedingswater. Het is niet achterhaald waarom dit zo is.

3.6 Afhandeling concentraat en reinigingsvloeistoffen

3.7 Reiniging

3.7.1 Hydraulische reiniging

Volgorde reiniging	Debiet [l/m ² /h]	Duur [sec]
Opregelen		10 s
Backflush (tweezijdige afvoer concentraat)	250 l/m ² /h	25 s
Backflush (enkelzijdige afvoer concentraat)	250 l/m ² /h	5 s (afwisselend)

Met de X-flow-modules (type Xiga) kan geen forward flush worden uitgevoerd. Dit wordt voor de bedrijfsvoering van de UF-installatie van Ouddorp niet als een ernstig gemis beschouwd.

3.7.2 Chemische reiniging

Soort chemische reiniging	Frequentie		Benodigdheden	Concentratie
	Stack 1 en 3	Stack 2 en 4		
EBW (Reguliere reiniging)	120 minuten <i>of</i> na 252 m ³ gefiltreerd voedingswater	90 minuten <i>of</i> na 900 m ³ gefiltreerd voedingswater	NaOCl (Hypochloriet)	NaOCl: 400PPM 12,5 % 3 liter per CIP

Soort reiniging	Procedure	Tijdsduur	Debiet
EBW (Reguliere reiniging)	1. Opregelen	1. 10 sec	
	2. BF (tweezijdige afvoer)	2. 30 sec	2. 250 l/m ² /h
	3. BF (enkelzijdige afvoer, afwisselend)	3.	3. 250 l/m ² /h
	4. Inspoelen NaOCl tijdens BF (enkelzijdige afvoer, afwisselend)	4. 60 sec	4. 125 l/m ² /h
	5. Inweken NaOCl	5. 300 sec	
	6. Opregelen	6. 10 sec	
	7. BF (tweezijdige afvoer)	7. 5 sec	7. 250 l/m ² /h
	8. BF (enkelzijdige afvoer, afwisselend)	8. 40 sec	8. 250 l/m ² /h
	9. afregelen	9. 10 sec	

3.8 Problemen en ontwikkeling

De installatie in Ouddorp draait vrijwel probleemloos. Per jaar is er wel ca. 150 keer rietjesbreuk. Dit treedt vooral op waar de membranen vast zitten aan de eindkappen.

3.9 Conclusies en aandachtspunten

- Door de vergaande voorzuivering draait de UF-installatie in Ouddorp vrijwel probleemloos, op de rietjesbreuk na.
- Het is opvallend dat de troebelheid van het permeaat hoger is dan van het voedingswater

4 Hydron Flevoland, Fledite

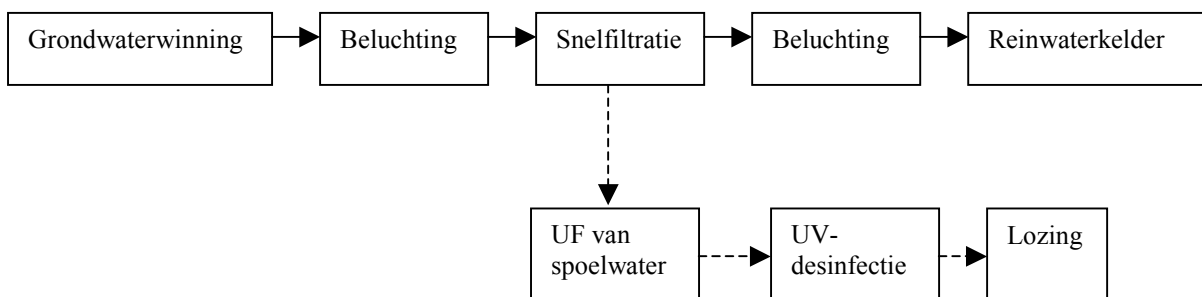
4.1 Algemene informatie

Contactpersonen: Dhr. W. de Vet (procestechnoloog Hydron)

UF wordt bij Fledite gebruikt voor de behandeling van ijzerhoudend spoelwater.
De UF-installatie is in 1998 gebouwd.

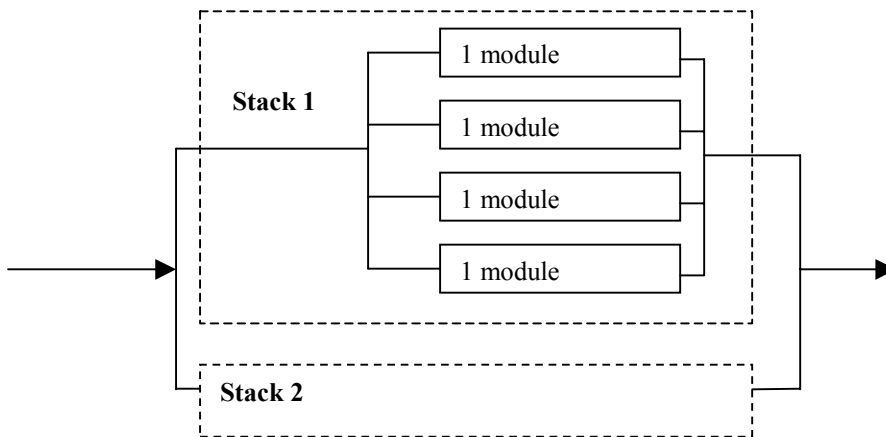


4.2 Processchema



In de toekomst wil men het permeaat naar de RWK voeren.

UF:



UV-desinfectie

4.3 Procesontwerp

Onderwerp	Grootheid	Waarde
Algemeen informatie	Totaalmembraanoppervlak	240 m ²
	Ontwerpcapaciteit	100 l/m ² /h
	Ontwerprecovery	
Stacks	Aantal stacks	2
	Aantal drukbuizen per stack	4
	Aantal modules per drukbuis	1
	Stack individueel aanstuurbaar?	Ja
Modules	Merk	Stork
	Diameter modules	8"
	Lengte modules	4 m
	Aantal capillairen per module	Ca. 650
	Stand modules	Verticaal
	Membranoppervlak per module	30 m ²
Capillairen	Diameter capillairen	5.2 mm
	Poriegrootte	0.04 μm

4.4 Procesvoering

Grootheid	Eenheid	Waarde
Flux	l/m ² /h	67
Recovery	%	Afhankelijk van berekeningswijze (wel/niet meerekenen circulatie concentraat) Ca. 70%
Aantal stacks in bedrijf	[-]	1 Stacks om en om gebruikt tussen twee chemische reinigingen de stilstaande stack staat in water.
Filtratietijd	min	21
Wijze van integriteitsbewaking		

Na elke run wordt de stromingsrichting van het voedingswater omgedraaid.

4.5 Waterkwaliteit

Voeding

Parameter	Eenheid	minimum	gemiddelde	maximum	Gestelde eis (door membraanleverancier)
Temperatuur	°C				
Zuurgraad	pH				
Troebelheid	FTU				
Zwevende stof	mg/l				
DOC	mg/l				
IJzer (totaal) Fe ³⁺	mg/l				
IJzer Fe ²⁺	mg/l				
Mangaan	Mg/l				
UV-absorptie	m ⁻¹				
ATP	mg/l				
Chlorofyl-a	µg/l				
Geleidbaarheid	µS/cm				
Zuurstof	Mg/l				

Permeaat

Parameter	Eenheid	minimum	gemiddelde	maximum	Gestelde eis (door membraanleverancier)
Temperatuur	°C				
Zuurgraad	pH				
Troebelheid	FTU				
Zwevende stof	mg/l				
DOC	mg/l				
IJzer (totaal) Fe ³⁺	mg/l				
IJzer Fe ²⁺	mg/l				
Mangaan	Mg/l				
UV-absorptie	m ⁻¹				
ATP	mg/l				
Chlorofyl-a	µg/l				
Geleidbaarheid	µS/cm				
Zuurstof	Mg/l				

4.6 Afhandeling concentraat en reinigingsvloeistoffen

4.7 Reiniging

4.7.1 Hydraulische reiniging

Volgorde reiniging	Debiet [l/m ² /h]	Duur [sec]
FF + BF + AF (tweezijdige afvoer concentraat)		35
FF + AF		15
BF		35

De backflush wordt uitgevoerd met permeaat. De forward flush wordt uitgevoerd met voedingswater.

Bij de Airflush is de verhouding ($Q_{\text{water}}:Q_{\text{lucht}}$) niet bekend; dhr. Oosterveld denkt (1:6). De lucht wordt in pulsen aangebracht. Direct na een puls ontstaat er een luchtbel in een eindkap. Verdeling van lucht en water over de capillairen verloopt dan beter dan wanneer er continu lucht ingeblazen zou worden.

Het valt op dat de backflush aan het eind van de hydraulische reiniging is geplaatst.

De TMD bij de backflush varieert. De TMD-waarden kunnen 0,7 – 1,4 bar bedragen. De TMD is echter begrensd op 0,9 bar.

Bij de backflush wordt het concentraat naar één zijde afgevoerd: van beneden naar boven ↑

4.7.2 Huidige chemische reiniging

Soort chemische reiniging	Doel	Frequentie	Benodigheden	Concentratie
CIP (Ferroquest)	Verwijderen ijzer	Elke 2 maanden	25-35 liter Ferroquest	

Soort reiniging	Procedure	Tijdsduur
CIP (Ferroquest)	Recirculatie Ferroquest	48 uur

4.8 Problemen en ontwikkeling

Stabiel proces

De installatie is de afgelopen anderhalf jaar vol belast. Vanaf eind februari 2003 draait de installatie stabiel. In de toekomst wil men het permeaat naar de RWK voeren.

Hydraulische reiniging

Aanvankelijk bestond de hydraulische reiniging slechts uit een backflush. In de loop der tijd zijn er verscheidene optimalisaties uitgevoerd met de backflush en de forward flush. Na verloop van tijd werd ook de Airflush geïntroduceerd.

Nu de installatie stabiel draait is men voorlopig niet van plan nog veel te veranderen aan de hydraulische reiniging.

Chemische reiniging

Aanvankelijk had men een (zure) chemische reiniging met HCl en H₂O₂. Deze werd 1 keer per dag uitgevoerd. Later verdween de H₂O₂ uit het programma. Een groot probleem was dat de TMD na een chemische reiniging sneller leek toe te nemen dan daarvoor en uiteindelijk een hogere waarde bereikte. Dit zou erop kunnen duiden

dat na de chemische reiniging een kleiner nuttig membraanoppervlak beschikbaar was, zodat er een hogere TMD nodig was om dezelfde flux te kunnen halen. Met deze chemische reiniging heeft men ook diverse optimalisaties proberen uit te voeren, maar niets leek te helpen.

In oktober 2001 is men begonnen met de reiniging m.b.v. Ferroquest. Deze reiniging bevalt goed. De membranen zijn na deze chemische reiniging 'zo goed als nieuw'. De inzet van Ferroquest is de grootste verbetering in het reinigingsproces gebleken.

De langetermijneffecten van de chemicaliën worden niet als punt van aandacht beschouwd, omdat de modules een afschrijftermijn van 5 jaar hebben.

4.9 Conclusie

- Op PS Fledite spaart men in feite de vervuiling van twee maanden op en vindt er dan een langdurige chemische reiniging plaats m.b.v. Ferroquest.
- Het feit dat de hydraulische reiniging nu eindigt met een backflush duidt erop dat de hydraulische reiniging nog niet optimaal is.

Men verwacht echter niet veel wonderen van een verdere verbetering van de hydraulische reiniging. De chemische reiniging m.b.v. Ferroquest is de grootste verbetering in het reinigingsproces gebleken.

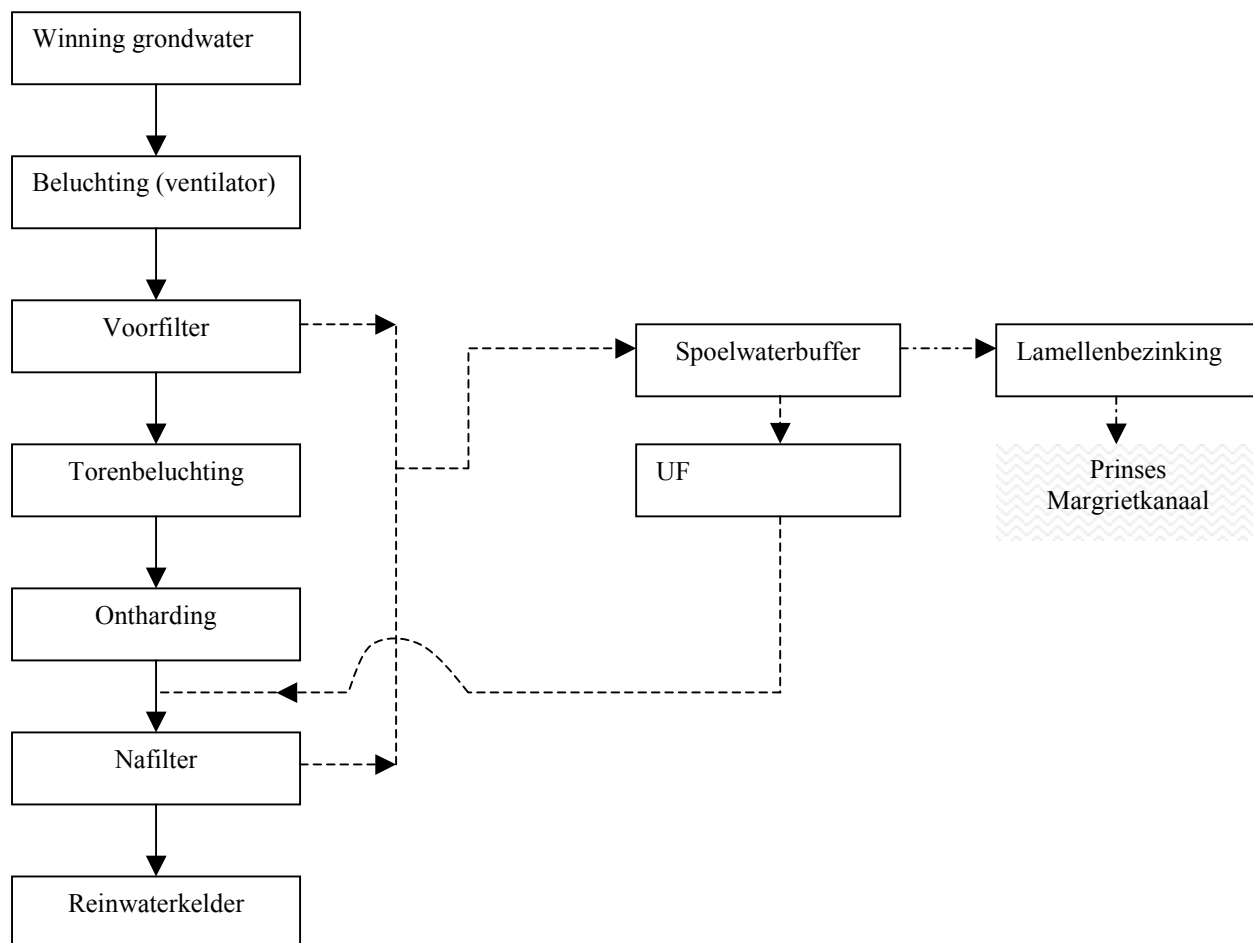
5 Vitens Friesland, Spannenburg,

5.1 Algemene informatie

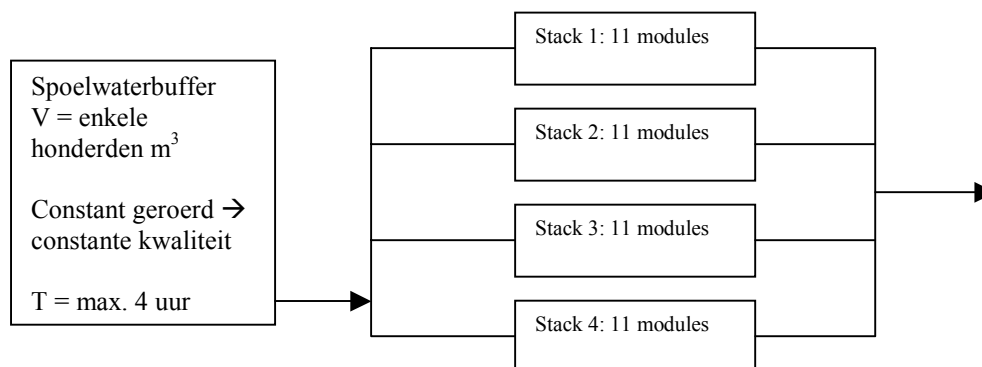
Contactpersoon: Dhr. P. Sjoerdsma

De UF-installatie van PS Spannenburg wordt gebruikt voor behandeling van ijzerhoudend spoelwater. De installatie is in gebruik sinds maart 2001.

5.2 Processchema



UF:



5.3 Procesontwerp

Onderwerp	Grootheid	Waarde
Algemeen informatie	Totaalmembraanoppervlak	1290 m ²
	Ontwerpcapaciteit	
	Ontwerprecovery	
Stacks	Aantal stacks	4
	Aantal drukbuizen per stack	11
	Aantal modules per drukbuis	1
	Stack individueel aanstuurbaar?	Ja
Modules	Merk	Stork
	Diameter modules	8"
	Lengte modules	3 m
	Aantal capillairen per module	Ca. 600
	Stand modules	Verticaal
	Membraanoppervlak per module	30 m ²
Capillairen	Diameter capillairen	5.2 mm
	Poriegrootte	0.04 μm

5.4 Procesvoering

Grootheid	Eenheid	Waarde
Flux	l/m ² /h	Ca. 80
Recovery	%	60 à 70
Aantal stacks in bedrijf	[-]	Alle 4
Filtratietijd	min	15
Wijze van integriteitsbewaking		Troebelheidsmeting in permeaatleiding Binnenkort deeltjester in permeaatleiding ter controle bacteriologische betrouwbaarheid

5.5 Waterkwaliteit

Voedingswater UF

Parameter	Eenheid	minimum	Gemiddelde	maximum	Gestelde eis (door membraanleverancier)
Temperatuur	°C		10 – 15		
Zuurgraad	pH				
Troebelheid	FTU		1100 – 1500		
Zwevende stof	mg/l				
DOC	mg/l				
IJzer (totaal) Fe ³⁺	mg/l				
IJzer Fe ²⁺	mg/l				
Mangaan	Mg/l				
UV-absorptie	m ⁻¹				
ATP	mg/l				
Chlorofyl-a	µg/l				
Geleidbaarheid	µS/cm				
Zuurstof	Mg/l				

Droge stof-bepaling wijst het volgende uit:

- 60% ijzer
- 30% organisch; voornamelijk **humuszuren**
- 10% calcium en mangaan

De waterkwaliteit varieert nauwelijks gedurende het jaar. Eventuele variaties worden in de spoelwaterbuffers uitgevlakt (zie processchema).

Permeaat UF

Parameter	Eenheid	minimum	gemiddelde	maximum	Gestelde eis (door membraanleverancier)
Temperatuur	°C				
Zuurgraad	pH				
Troebelheid	FTU				
Zwevende stof	mg/l				
DOC	mg/l				
IJzer (totaal) Fe ³⁺	mg/l				
IJzer Fe ²⁺	mg/l				
Mangaan	Mg/l				
UV-absorptie	m ⁻¹				
ATP	mg/l				
Chlorofyl-a	µg/l				
Geleidbaarheid	µS/cm				
Zuurstof	Mg/l			0.8	

De waterkwaliteitsparameters variëren niet gedurende het jaar.

Wat opvalt is dat de troebelheid van het permeaat hoger is dan van het voedingswater. Het is niet achterhaald waarom dit zo is.

5.6 Afhandeling concentraat en reinigingsvloeistoffen

5.7 Reiniging

5.7.1 Hydraulische reiniging

Volgorde reiniging	Debiet [l/m ² /h]	Duur [sec]

Het hydraulische spoelprogramma van Spannenburg is onduidelijk en daarom opengelaten. Wat opgegeven is kwam niet overeen met wat waargenomen is ter plekke. Er wordt i.i.g. gebruik gemaakt van BF, FF en AF.

Bij de Airflush is de verhouding ($Q_{\text{water}}:Q_{\text{lucht}}$) = ca. (2:1). De lucht wordt in pulsen aangebracht. Direct na een puls ontstaat er een luchtbel in een eindkap. Verdeling van lucht en water over de capillairen verloopt dan beter dan wanneer er continu lucht ingeblazen zou worden.

De backflush wordt uitgevoerd met drinkwater. Het concentraat wordt naar één zijde afgevoerd.

De forward flush wordt uitgevoerd met (ruw) voedingswater.

5.7.2 Chemische reiniging

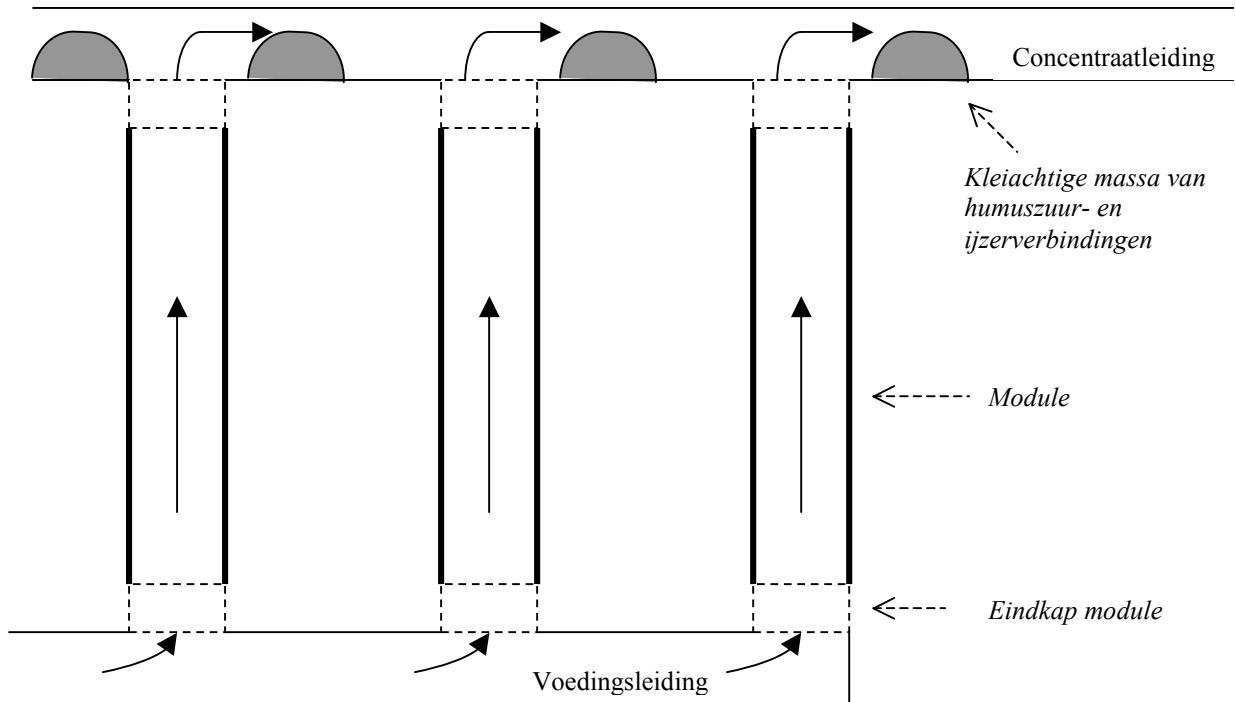
Soort chemische reiniging	Doel	Frequentie Stack 1 en 3	Benodigheden	Concentratie
EBW (Zure reiniging)	Oplossen ijzer	1 keer per dag	HCl H ₂ O ₂	30% → pH = 2 30%
EBW (NaClO-reiniging)	Verwijderen bacteriën en humuszuren	1 keer per 4 dagen (na drie zure reinigingen)	NaOCl (Hypochloriet)	150 g/l
CIP (Enzymatische reiniging)	Verwijderen hardnekkig organisch vuil	Naar eigen inzicht, meestal 1 keer per 4 á 5 weken	Ultrasil 60a Ultrasil 62	0.5 % 0.25%

Soort reiniging	Procedure	Tijdsduur	Debiet
EBW (Zure reiniging)	<ol style="list-style-type: none"> 1. BF 2. FF 3. BF + chemicaliën → weken 4. Weg laten lopen chemicaliën 		
EBW (NaClO-reiniging)			
CIP (Enzymatische reiniging)	Per stack worden de chemicaliën ultrasil 60a en ultrasil 62 gerecirculeerd.	+/- 20 uur	

5.8 Problemen en ontwikkeling

Flushrichting

Aanvankelijk was de (forward)flushrichting in de modules van beneden naar boven. Er ontstonden grote problemen met kleimassa's, omdat die in de bovenste eindkappen bleven zitten en daar de concentraatleidingen verstopte, zie de navolgende figuur.



FIGUUR 3 PROBLEMEN VERSTOPPINGEN

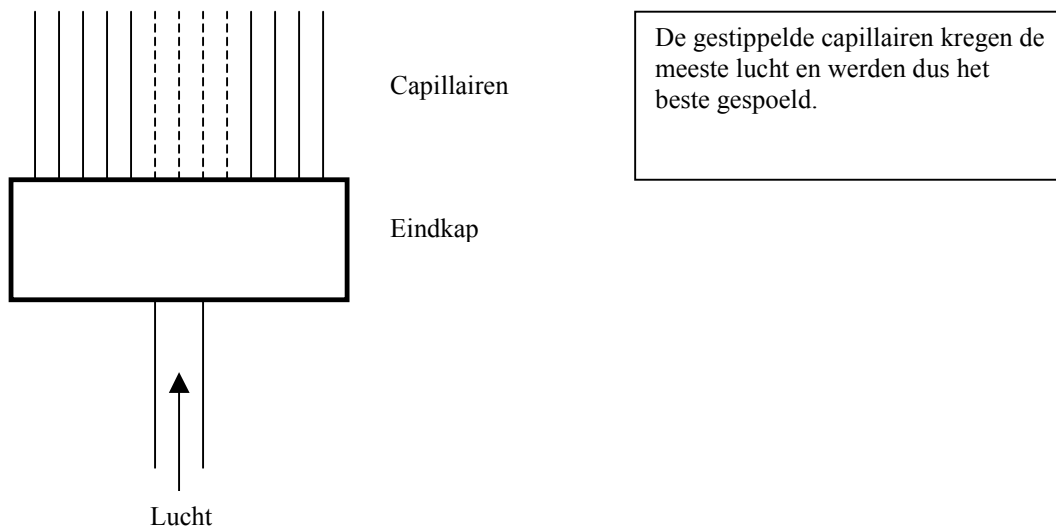
De problemen zijn opgelost door de filtratie richting om te draaien: het water stroomt van boven naar beneden door de module. Hierdoor werkt de zwaartekracht mee en wordt de kleiachtige massa beter weggespoeld. Het probleem lijkt nu te zijn opgelost.

Airflush

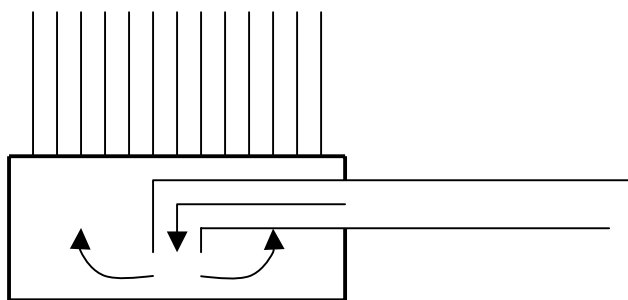
Opschaalproblemen ontstonden bij het vertalen van proefresultaten naar de praktijk. Proefonderzoek was uitgevoerd m.b.v. 1 module. De luchtverdeling over de verschillende modules was zeer slecht.

Aanvankelijk werd er gewerkt met een ventilator die lucht in de voedingsleiding voerde. Deze lucht bereikte echter niet alle modules, maar voornamelijk de modules die het dichtst bij de ventilator stonden. Dit probleem werd opgelost door de lucht via aparte leidingen op de modules aan te sluiten. Tevens werd de lucht nu via een compressor ingeblazen.

De verdeling van lucht en water binnen een module was ook een probleem. Het bleek dat de lucht voornamelijk terecht kwam in de capillairen boven het toevoerkanaal. Dit probleem is opgelost door een aanpassing van de luchtinlaat. Dit is verduidelijkt in de hiernavolgende figuren.



VERDELING LUCHT OVER MODULE



AANGEPAST ONTWERP LUCHTINVOER MODULES

Optimalisatie hydraulische reiniging

De hydraulische reiniging was bij ingebruikname van de UF-installatie niet, zoals die nu is. De procedure was toen:

1. BF + Airflush
2. Forward Flush

Men is echter niet in één keer tot de huidige spoelprocedure gekomen. Dit is een constant proces van trial-and-error geweest. Het is niet gelukt het 'waarom' achter de handelingen te achterhalen. De huidige hydraulische reiniging wordt echter als optimaal gezien. Er worden hierbij geen optimalisaties meer uitgevoerd.

Optimalisatie chemische reiniging

De hydraulische reiniging was bij ingebruikname van de UF-installatie niet, zoals die nu is. De chemische reiniging bestond toen alleen uit een zure reiniging.

Na verscheidene optimalisaties is men tot de huidige procedure gekomen. De optimalisatie van de chemische reiniging leverde bijna een verdubbeling van de flux op (van ca. 40 tot 80 l/m²/h). Dit was de grootste verbetering in de optimalisatie van de reiniging; meer dan optimalisatie van de hydraulische reiniging. De effecten van de chemische reinigingen, met name de ultrasilreiniging, waren direct zichtbaar. Een gemiddelde

verhoging van de permeabiliteit van 350 (l/ m²·h/bar werd waargenomen. Hoe de optimalisatie in z'n werk is gegaan is echter niet achterhaald

De langetermijneffecten van de chemicaliën worden niet als punt van aandacht beschouwd, omdat de modules een afschrijftermijn van 5 jaar hebben.

5.9 Conclusies en aanbevelingen

- Het optimaliseren van de chemische reiniging heeft het meeste effect gehad bij het verbeteren van de prestaties van de UF-installatie.
- De verdeling van lucht/water over de capillairen in een module bij de Airflush geschiedt het beste wanneer en gewerkt wordt met luchtpulsen.

6 WMD, Gietwaterbedrijf Erica

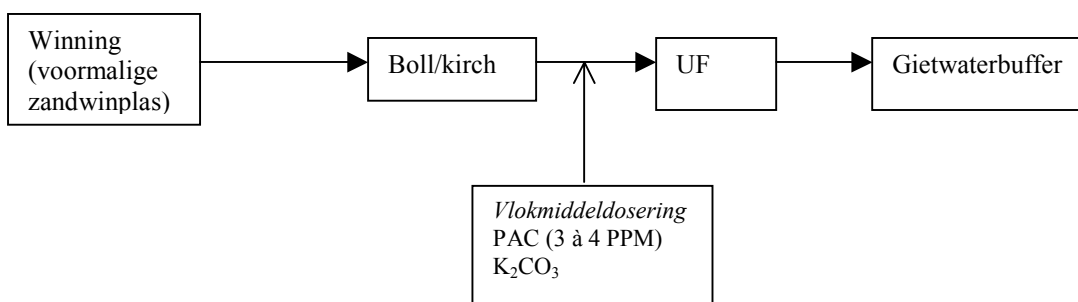
6.1 Algemene informatie

Contactpersoon: Dhr. Boorsma

UF wordt bij Gietwaterbedrijf Erica gebruikt voor de productie van gietwater voor de tuinders in de omgeving. Hierdoor is de productie van water afhankelijk van de seizoensgebonden vraag. Het water wordt gewonnen uit een voormalige zandwinplas.

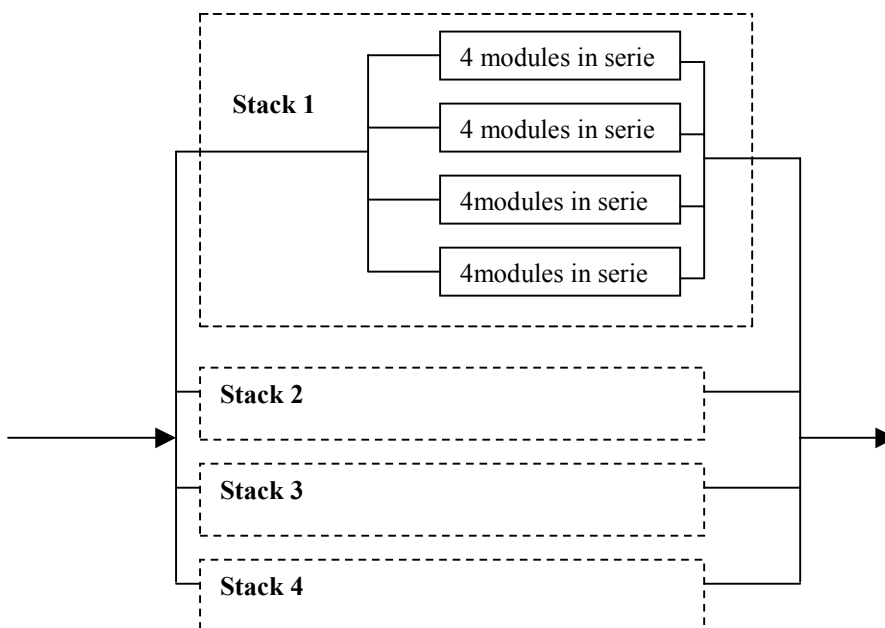
De installatie is in 1998 gebouwd.

6.2 Processchema



- Het PolyAluminiumChloride (PAC) is een vlokmiddel. Het K₂CO₃ dient ter verhoging van de pH en verhoging van het bufferend vermogen van het water.
- Een boll/kirch is een bolvormige machine, waarin bepaalde veren zitten. Aan deze veren blijven grove delen (takjes etc.) hangen.

UF:



6.3 Procesontwerp

Onderwerp	Grootheid	Waarde
Algemeen informatie	Totaalmembraanoppervlak	2240 m ²
	Ontwerpcapaciteit	
	Ontwerprecovery	
Stacks	Aantal stacks	4
	Aantal drukbuizen per stack	4
	Aantal modules per drukbuis	4
	Stack individueel aanstuurbaar?	Ja
Modules	Merk	X-flow (Xiga)
	Diameter modules	8"
	Lengte modules	1,5 m
	Aantal capillairen per module	Ca. 3000
	Stand modules	Horizontaal
	Membraanoppervlak per module	35 m ²
Capillairen	Diameter capillairen	1,5 mm
	Poriegrootte	150 - 200 kD

6.4 Procesvoering

Grootheid	Eenheid	Waarde
Flux	l/m ² /h	Afhankelijk van seizoensgebonden vraag
Recovery	%	Momenteel 86%
Aantal stacks in bedrijf	[-]	
Filtratietijd	Min	45 minuten
Wijze van integriteitsbewaking		

6.5 Waterkwaliteit

Voeding

Parameter	Eenheid	minimum	gemiddelde	maximum	Gestelde eis (door membraanleverancier)
¹⁾ Temperatuur	°C	2.4	11.6	22	> 10
Zuurgraad	pH	4.2	4.7	6.4	4-7
Troebelheid	FTU	0	17	50	< 30
Zwevende stof	mg/l	0.9	6.6	16.5	< 15
DOC	mg/l				< 12.5
IJzer (totaal) Fe ³⁺	mg/l	0.8	5.5	9.8	< 10
²⁾ IJzer Fe ²⁺	mg/l	0.00	0.01	0.02	< 0.25
Mangaan	Mg/l				< 0.08
UV-absorptie	m ⁻¹	2	34	88	
ATP	mg/l	14	178	592	
Chlorofyl-a	µg/l	4	20	83	<12.5
Geleidbaarheid	µS/cm				
Zuurstof	Mg/l				

¹⁾ Gemeten in het UF-permeaat

²⁾ Gemeten vanaf juli 2001

Omdat oppervlaktewater wordt gebruikt variëren de waarde van waterkwaliteitsparameters tijdens de verschillende seizoenen. Met name tijdens algenbloei pieken en bij destratificatie van de winplas loopt de toegepaste TMD sneller op. Er wordt dan vaker chemisch gereinigd.

De eisen die aan het voedingswater gesteld zijn, zijn opgesteld door de membraanleveranciers. Waarschijnlijk hebben deze eisen te maken met de geldigheid van de garantie.

Permeaat

Parameter	Eenheid	minimum	gemiddelde	maximum	Gestelde eis (door membraanleverancier)
¹⁾ Temperatuur	⁰ C	2.4	11.6	22	> 10
Zuurgraad	pH	4.2	4.7	6.4	4-7
Troebelheid	FTU	0	17	50	< 30
Zwevende stof	mg/l	0.9	6.6	16.5	< 15
DOC	mg/l				< 12.5
IJzer (totaal) Fe ³⁺	mg/l	0.8	5.5	9.8	< 10
²⁾ IJzer Fe ²⁺	mg/l	0.00	0.01	0.02	< 0.25
Mangaan	Mg/l				< 0.08
UV-absorptie	m ⁻¹	2	34	88	
ATP	mg/l	14	178	592	
Chlorofyl-a	µg/l	4	20	83	<12.5
Geleidbaarheid	µS/cm				
Zuurstof	Mg/l				

¹⁾ Gemeten in het UF-permeaat

²⁾ Gemeten vanaf juli 2001

6.6 Afhandeling concentraat en reinigingsvloeistoffen

6.7 Reiniging

6.7.1 Hydraulische reiniging

Volgorde reiniging	Debiet [l/m ² /h]	Duur [sec]
Backflush (tweezijdige afvoer concentraat)	140 m ³ /h	60
Backflush* (concentraatafvoer afwisselend naar één van beide kanten)	70 m ³ /h	30

* Dit gedeelte van de hydraulische reiniging wordt waarschijnlijk binnenkort het programma verwijderd, omdat het geen meerwaarde in reinigingsrendement heeft betekend.

6.7.2 Huidige chemische reiniging

Soort chemische reiniging	Doel	Frequentie	Benodigdheden	Concentratie
EBW (Zure reiniging)	Tegengaan scaling	Na 27 runs	Salpeterzuur Fosforzuur	pH = 2 – 2,5
(CIP) (Chloorreiniging gevolgd door zure reiniging)	Verwijderen (bio)fouling	Na vier zure reinigingen (na 4 x 27 runs)	Hypochloriet Fosfor-salpeterzuur	pH = 8 – 8,5

Soort reiniging	Procedure	Tijdsduur
EBW (Zure reiniging)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Backflush 2. Dosering chemicaliën 3. Chemicaliën laten inweken 4. Backflush 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ? 3. 15 minuten 4. 60 sec.
CIP (Chloorreiniging gevolgd door zure reiniging)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Backflush 2. Dosering chemicaliën 3. Chemicaliën laten inweken 4. Backflush 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ? 3. chloor: 60 minuten zuur: 15 minuten

6.8 Problemen en ontwikkeling

Coagulatie

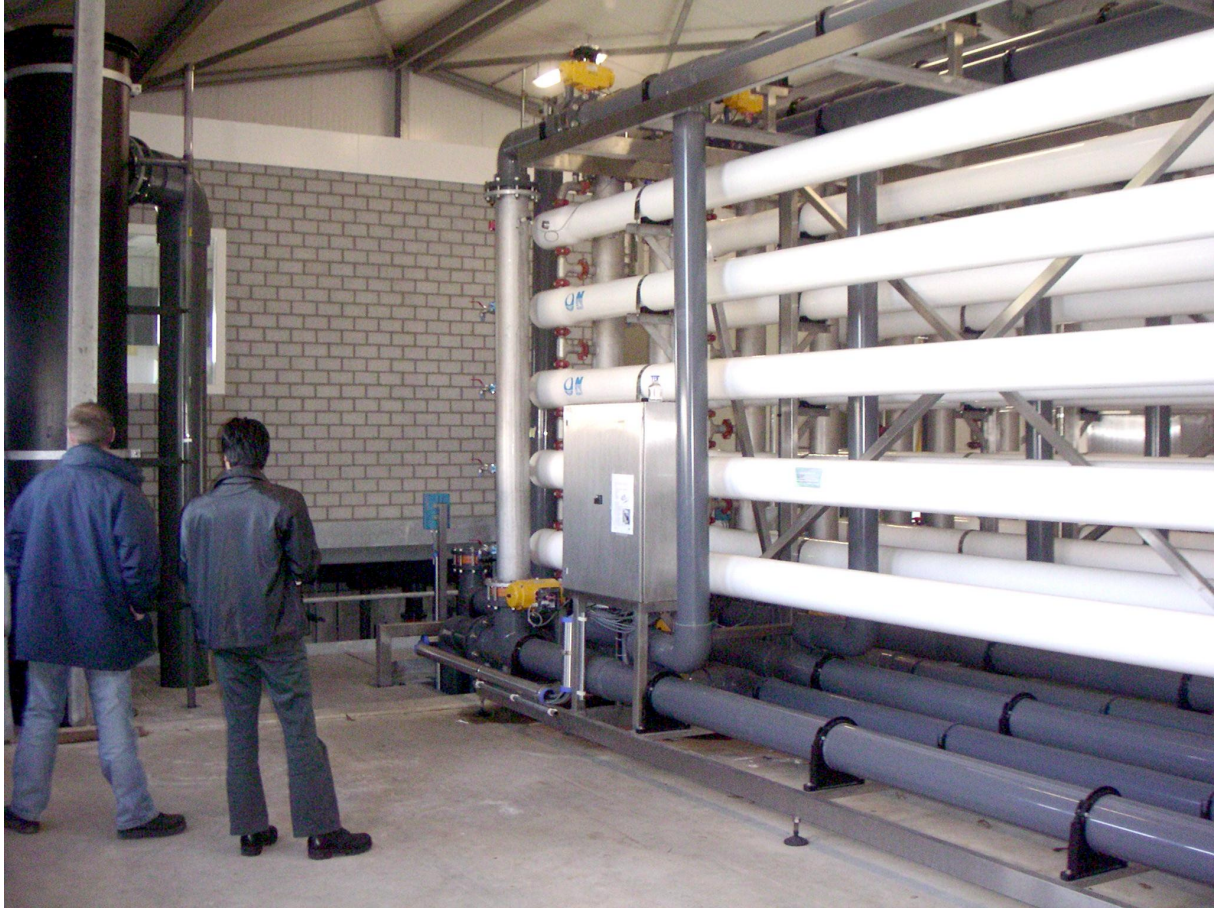
Oorspronkelijk werd er gefiltreerd zonder de coagulatie. De capillairen vervulde toen te snel. Toepassing van de coagulatie betekende een zeer grote verbetering van het filtratieproces.

Losweken fouling

Zoals eerder is aangegeven is de productie niet constant vanwege de seizoensgebonden vraag. Bij een lage vraag kan het voorkomen dat één of meerdere stacks uit bedrijf wordt genomen. Deze stacks worden dan in permeaat gezet. Een opmerkelijk ervaringsfeit is dat wanneer de capillairen gedurende 1,5 maand in permeaat staan de vervuiling pas echt goed los komt.

6.9 Conclusies en aandachtspunten

- Er kan gesteld worden dat de UF-installatie in Erica stabiel en zonder grote problemen draait.
- Voor het behandelen van het oppervlaktewater is coagulatie noodzakelijk.
- Het ontbreken van de mogelijkheid om een forward flush uit te voeren lijkt niet tot grote problemen te leiden.
- Wanneer een stack langdurig (1,5 maand) uit bedrijf is en in water staat komt hardnekkig vuil nog los.



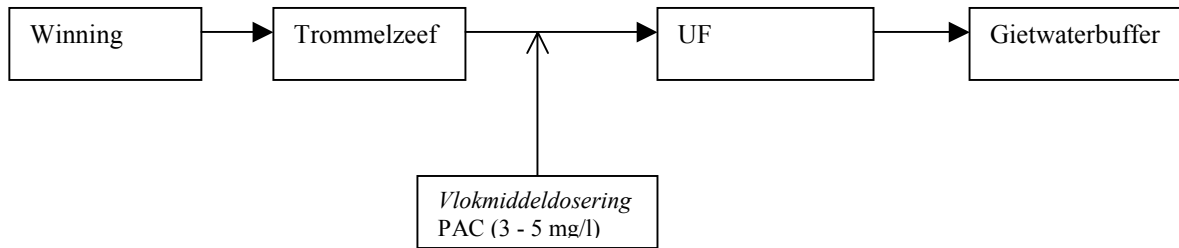
7 WMD, Gietwaterbedrijf Klazienaveen

7.1 Algemene informatie

Contactpersoon: Dhr. Boorsma (WLN)

Gietwaterbedrijf Klazienaveen gebruikt UF voor de productie van gietwater voor tuinders in de omgeving. De UF-installatie is in 2000 gebouwd.

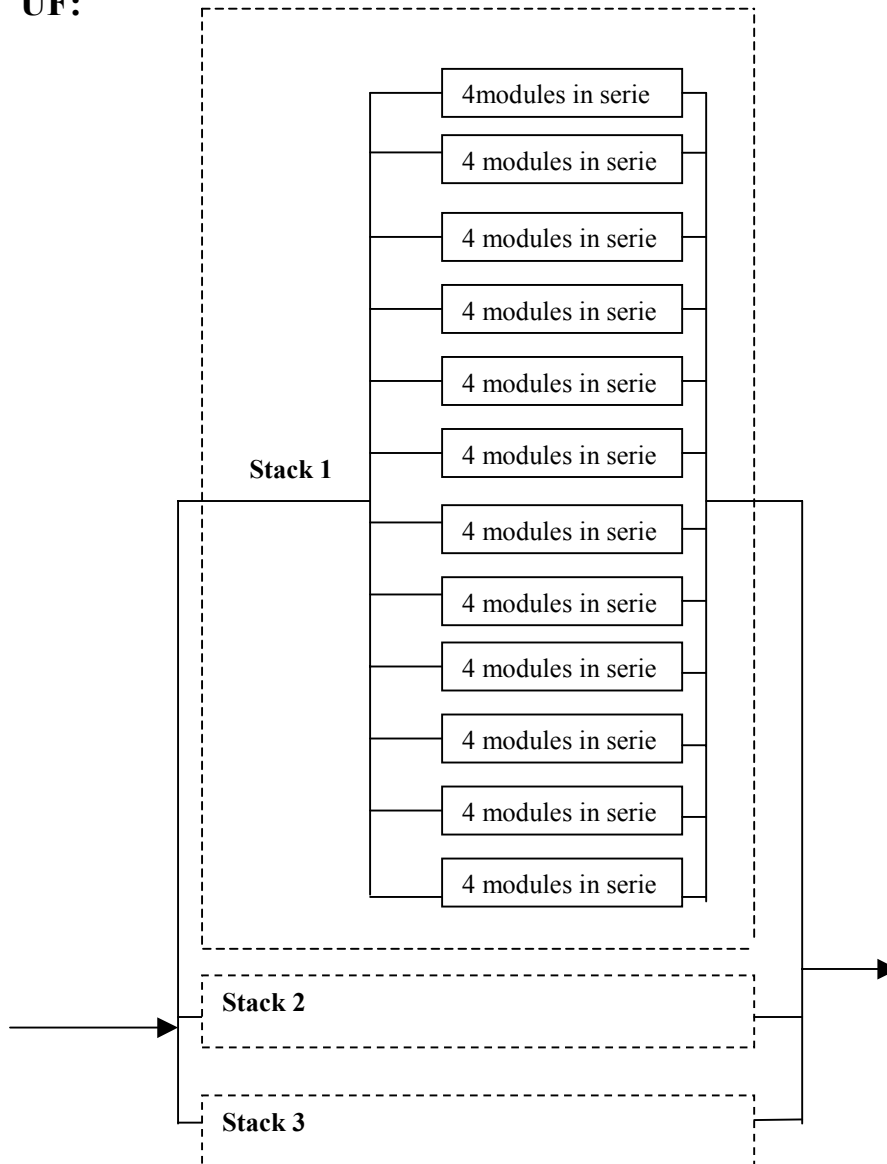
7.2 Processchema



- Het PolyAluminiumChloride (PAC) dient als vlokmiddel.
- De trommelzeef dient ter verwijdering van grove delen (takjes etc.).



UF:



7.3 Procesontwerp

Onderwerp	Grootheid	Waarde
Algemeen informatie	Totaalmembraanoppervlak	5040 m ²
	Ontwerpcapaciteit	
	Ontwerprecovery	
Stacks	Aantal stacks	3
	Aantal drukbuizen per stack	12
	Aantal modules per drukbuis	4
	Stack individueel aanstuurbaar?	Ja
Modules	Merk	X-flow Xiga
	Diameter modules	8"
	Lengte modules	1.5 m
	Aantal capillairen per module	Ca. 9000
	Stand modules	Horizontaal
	Membranoppervlak per module	35 m ²
Capillairen	Diameter capillairen	0.8 mm
	Poriegrootte	50 – 100 kDa

7.4 Procesvoering

Grootheid	Eenheid	Waarde
Flux	l/m ² /h	Afhankelijk van de vraag. De vraag is seizoensgebonden. De productie bedraagt momenteel: 65 l/m ² /h
Recovery	%	Momenteel 77%
Aantal stacks in bedrijf	[-]	4 van 4
Filtratietijd	min	30
Wijze van integriteitsbewaking		

7.5 Waterkwaliteit

Voeding (2002)

Parameter	Eenheid	minimum	gemiddelde	maximum	Gestelde eis (door membraanleverancier)
Temperatuur	°C	1.6	11.6	21.2	1 - 30
Zuurgraad	pH	7.1	7.6	8.1	6-8
Troebelheid	FTU	6.5	22.5	125.3	< 30
Zwevende stof	mg/l	5.6	8.7	11.1	< 15
DOC	mg/l				< 12.5
IJzer (totaal) Fe ³⁺	mg/l	0.7	1.8	4.0	< 7
IJzer Fe ²⁺	mg/l				< 0.05
Mangaan	Mg/l				< 0.08
UV-absorptie	m ⁻¹	20.5	25.1	34.9	
ATP	mg/l	5	70	193	
Chlorofyl-a	µg/l	16.34	40	75	<12.5
Geleidbaarheid	µS/cm				
Zuurstof	Mg/l				

Omdat oppervlaktewater wordt gebruikt variëren de waarde van waterkwaliteitsparameters vooral tijdens de verschillende seizoenen. Met name tijdens algenbloei pieken en bij destratificatie van de winplas loopt de toegepaste TMD sneller op. Er wordt dan vaker chemisch gereinigd.

De eisen die aan het voedingswater gesteld zijn, zijn opgesteld door de membraanleveranciers. Waarschijnlijk hebben deze eisen te maken met de geldigheid van de garantie.

Permeaat

Parameter	Eenheid	minimum	gemiddelde	maximum	Gestelde eis (door membraanleverancier)
Temperatuur	°C				1 - 30
Zuurgraad	pH				6-8
Troebelheid	FTU				< 30
Zwevende stof	mg/l				< 15
DOC	mg/l				< 12.5
IJzer (totaal) Fe ³⁺	mg/l				< 7
IJzer Fe ²⁺	mg/l	0.00	0.04	0.35	< 0.05
Mangaan	Mg/l				< 0.08
UV-absorptie	m ⁻¹				
ATP	mg/l				
Chlorofyl-a	µg/l				<12.5
Geleidbaarheid	µS/cm				
Zuurstof	Mg/l				

7.6 Afhandeling concentraat en reinigingsvloeistoffen

7.7 Reiniging

7.7.1 Hydraulische reiniging

Volgorde reiniging	Debiet [l/m ² /h]	Duur [sec]
Backflush	175	75

Normaliter wordt de backflush uitgevoerd met permeaat.

7.7.2 Chemische reiniging

Soort chemische reiniging	Frequentie	Benodigdheden	Concentratie
EBW (Loogreiniging + Zure reiniging)	Na 25 filtratieruns	Natronloog Fosfor-salpeterzuur	Loog: 400 ppm → pH = 11 Zuur: pH = 4
CIP (Chloorreiniging)	1 keer per week	Hypochloriet	pH = 4

Soort reiniging	Procedure	Tijdsduur
Zure reiniging	1.Backflush 2.Dosering chemicaliën 3.Chemicaliën laten inweken 4.Backflush	1 3. 15 minuten 4. 60 sec.
Chloorreiniging gevolgd door zure reiniging	1.Backflush 2.Dosering chemicaliën 3.Chemicaliën laten inweken 4.Backflush	3. chloor: 60 minuten zuur: 15 minuten

7.8 Problemen en ontwikkeling

Coagulatie

Oorspronkelijk werd er gefiltreerd zonder de coagulatie. De capillairen vervulde toen te snel. Toepassing van de coagulatie betekende een zeer grote verbetering van het filtratieproces.

Rietjesbreuk

In de loop der tijd is er rietjesbreuk geconstateerd in verschillende modules. De oorzaak hiervan was, naar verluidt, waterslag dat optrad a.g.v. het snel sluiten van kleppen. De UF-installatie draait nu nog niet stabiel. Dit wordt geweten aan (nauw)effecten' van de waterslag.

De poriën van de membranen in deze UF-installatie zijn kleiner dan die in Erica (50 – 100 kDa vs. 150 – 200 kDa). Hierdoor is de benodigde TMD hoger. De vervuiling verloopt echter ook sneller, waardoor de duur van de filtratieruns in Klazienaveen korter zijn dan die in Erica.

7.9 Conclusies en aandachtspunten

- Waterslag a.g.v. het te snel sluiten van kleppen zou waterslag kunnen veroorzaken, wat kan leiden tot rietjesbreuk.
- In Klazienaveen is coagulatie (net als in Erica) noodzakelijk.

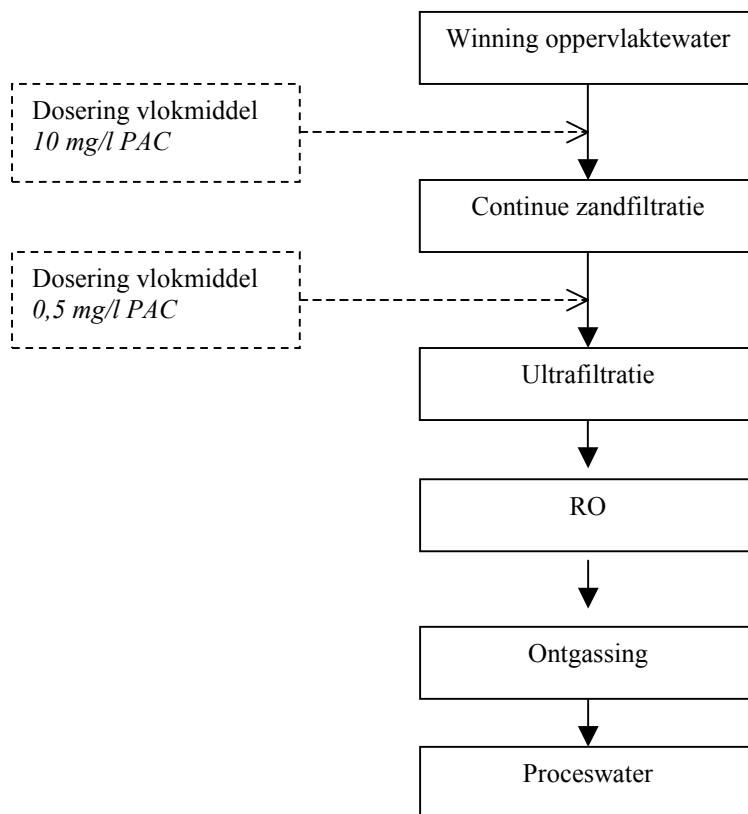
8 WLN, KISUMA/Veendam

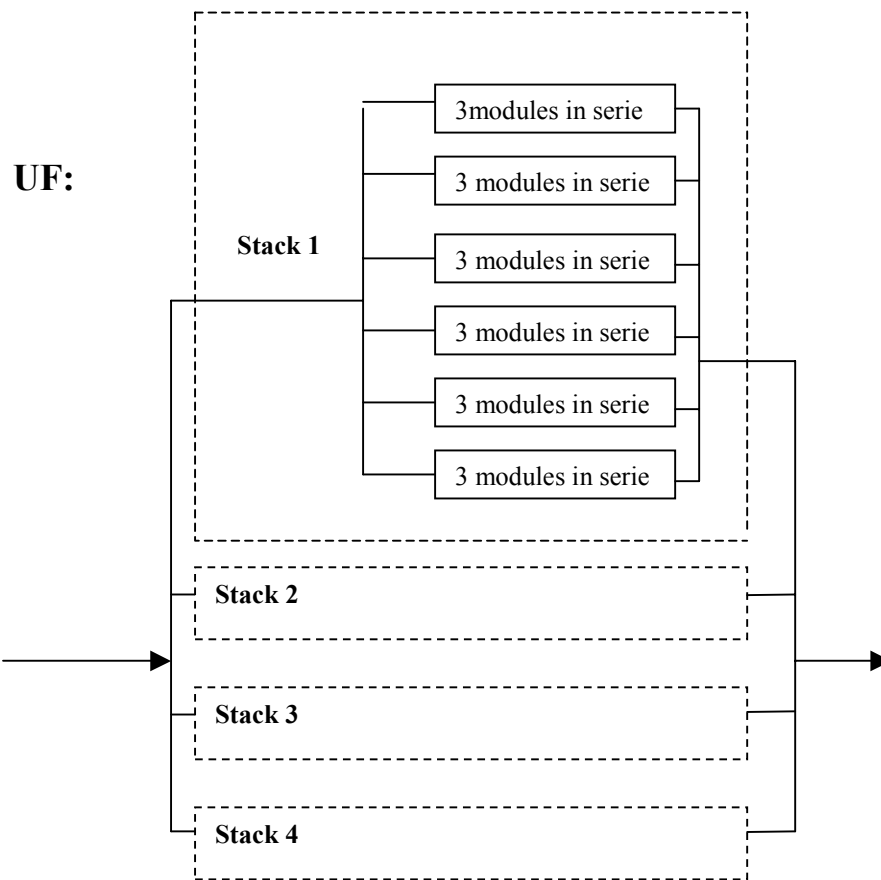
8.1 Algemene informatie

Contactpersonen: *Dhr. Bruins (WLN)*
Dhr. Venhuizen (Operator WbG)

Kisuma (Veendam) is bezocht vanwege de UF-installatie die door het bedrijf KISUMA wordt gebruikt voor de productie van proceswater. Het proceswater is nodig voor de productie van o.a brandvertragers. De installatie is in gebruik sinds maart 1999.

8.2 Processchema





8.3 Procesontwerp

Onderwerp	Grootheid	Waarde
Algemeen informatie	Totaalmembraanoppervlak	2520
	Ontwerpcapaciteit	
	Ontwerprecovery	
Stacks	Aantal stacks	4
	Aantal drukbuizen per stack	6
	Aantal modules per drukbuis	3
	Stack individueel aanstuurbaar?	Ja
Modules	Merk	X-flow Xiga
	Diameter modules	8"
	Lengte modules	1.5 m
	Aantal capillairen per module	Ca. 9000
	Stand modules	Horizontaal
	Membraanoppervlak per module	35 m ²
Capillairen	Diameter capillairen	0.8 mm
	Poriegrootte	25 – 30 nm

8.4 Procesvoering

Grootheid	Eenheid	Waarde
Flux	l/m ² /h	Afhankelijk van de vraag. De vraag is seizoensgebonden. De productie bedraagt momenteel: 65 l/m ² /h
Recovery	%	77
Aantal stacks in bedrijf	[-]	
Filtratietijd	min	30
Wijze van integriteitsbewaking		

8.5 Waterkwaliteit

*Voeding**

Parameter	Eenheid	minimum	gemiddelde	maximum	Gestelde eis (door membraanleverancier)
Temperatuur	°C	0,8	12,1	23,9	< 30
Zuurgraad	pH	6,6	7,4	8,5	6 – 8,5
Troebelheid	FTU	19	60	202	< 60
Zwevende stof	mg/l	11,1	38	143	< 30
DOC	mg/l				
IJzer (totaal) Fe ³⁺	mg/l	0,8	7,0	26,2	< 15
²⁾ IJzer Fe ²⁺	mg/l	0	0,01	0,08	< 0,05
Mangaan	Mg/l				
UV-absorptie	m ⁻¹				
ATP	mg/l				
Chlorofyl-a	µg/l	0		128	
Geleidbaarheid	µS/cm				
Zuurstof	Mg/l				

* Gegevens van 2002

De waterkwaliteitsparameters van het voedingswater variëren gedurende het jaar. 's Zomers wordt water aangevoerd naar Veendam en omstreken. 's Winters wordt er juist water afgevoerd vanuit de veenkoloniën. Dit water bevat veel humuszuren. Hierdoor is de pH van het water in de winter laag.

Permeaat

Parameter	Eenheid	minimum	gemiddelde	maximum	Gestelde eis (door membraanleverancier)
Temperatuur	°C				
Zuurgraad	pH				
Troebelheid	FTU				
Zwevende stof	mg/l				
DOC	mg/l				
IJzer (totaal) Fe ³⁺	mg/l				
IJzer Fe ²⁺	mg/l				
Mangaan	Mg/l				
UV-absorptie	m ⁻¹				
ATP	mg/l				
Chlorofyl-a	µg/l				
Geleidbaarheid	µS/cm				
Zuurstof	Mg/l				

8.6 Afhandeling concentraat en reinigingsvloeistoffen

8.7 Reiniging

8.7.1 Hydraulische reiniging

Volgorde reiniging	Debiet [l/m ² /h]	Duur [sec]
Backflush	240	45 s

Met de X-flow-modules (type Xiga) kan geen forward flush worden uitgevoerd. Dit wordt voor de bedrijfsvoering van de UF-installatie van Kisuma niet als een ernstig gemis beschouwd.

8.7.2 Chemische reiniging

De procedure rondom de uitvoering van de noodreiniging met oxaal- en ascorbinezuurreiniging, wordt per keer aangepast. De weergegeven noodreiniging is daarom slechts bedoeld om een idee te geven van de procedure. De chemische reinigingen worden per stack uitgevoerd.

Soort chemische reiniging	Frequentie	Benodigheden	Concentratie
EBW (Reguliere reiniging)	Elke 8 productie-uren	Hypochloriet (NaOCl) Ultrasil P3 (= salpeter- fosforzuur)	NaOCl: 400PPM 15% salpeter; 15% fosfor 300 ppm
CIP (Noodreiniging)	Indien nodig	Oxaalzuur Ascorbinezuur	Varieert, zie procedure

Soort reiniging	Procedure	Tijdsduur
EBW (Reguliere reiniging)	<ol style="list-style-type: none"> 1. BF (zie hydraulische reiniging) 2. Inspoelen NaOCl met 75 m³/h 3. Inspoelen met schoonwater om NaOCl in de stack te brengen. 4. Inweken NaOCl 5. Uitspoelen chemicaliën 6. Inspoelen ultrasil P3 met 75 m³/h 7. Inweken ultrasil 8. Uitspoelen chemicaliën 	45 sec 30 sec 10 minuten 30 sec 10 minuten
CIP (Noodreiniging, versie september 2002) <i>Voor meer details omtrent Reining A, B en C: zie 8.10</i>	Procedure wordt per keer aangepast! Onderstaande heeft slechts indicatieve waarde! <ol style="list-style-type: none"> 1. Leidingen schoonspoelen met schoon water 2. Bepaling Schoonwaterflux (SWF) + BF 3. Reiniging A: oxaalzuur, 3 nachten 4. Stack in productie (geen BF) met 30 m³/h (afvoer naar riool) 5. BF met 150 m³/h tot pH = 6,5 6. SWF + BF 7. Reiniging B: oxaalzuur 8. Stack in productie (geen BF) met 30 m³/h 9. BF met 150 m³/h tot pH = 6,5 10. SWF + BF 11. Reiniging C: ascorbinezuur 12. Stack in productie (geen BF) met 30 m³/h 13. BF met 150 m³/h tot pH = 6,5 14. In productie: eerste 3 productieruns draaien op een vast debiet van 50 m³/h 15. Reiniging herhalen met overige stacks 	2. ca. 60 sec. 3. 3 nachten inweken 4. 5 minuten 5. ? 6. ca. 60 sec 7. 1 nacht inweken 8. 5 min 9. 10. ca 60 sec. 11. 3 nachten inweken 12. 5 minuten 13. ? 14. Productierun = 22 minuten

Het basische hypochloriet heeft als doel de organische stoffen (humuscomponenten) op te lossen. Het fosfor-salpeterzuur (P3 ultrasil 75) wordt deels gebruikt om ook bepaalde humuscomponenten op te lossen en om de membranen te laten ‘herstellen’ na de NaOCl-reiniging. De membranen hebben namelijk de neiging om “dicht” te raken na de NaOCl-reiniging. Tijdens de NaOCl-reiniging is de pH hoog, zodat afzet van kalk (CaCO_3) optreedt. Daarnaast is de hypothese dat de polymeren van het membraanmateriaal “verweken”, waardoor de poriën tijdelijk kleiner worden.

Ascorbinezuur en oxaalzuur zijn beide reductoren, Oxaalzuur reduceert hierbij vooral ijzer (dit gaat redelijk snel), ascorbinezuur blijkt vooral mangaan te reduceren (dit verloopt volledig, maar minder snel). Door het reduceren, vindt een ont koppeling plaats van de Fe/Mn-humuszuurverbinding. Fe/Mn en humuszuren kunnen vervolgens eenvoudig worden uitgespoeld.

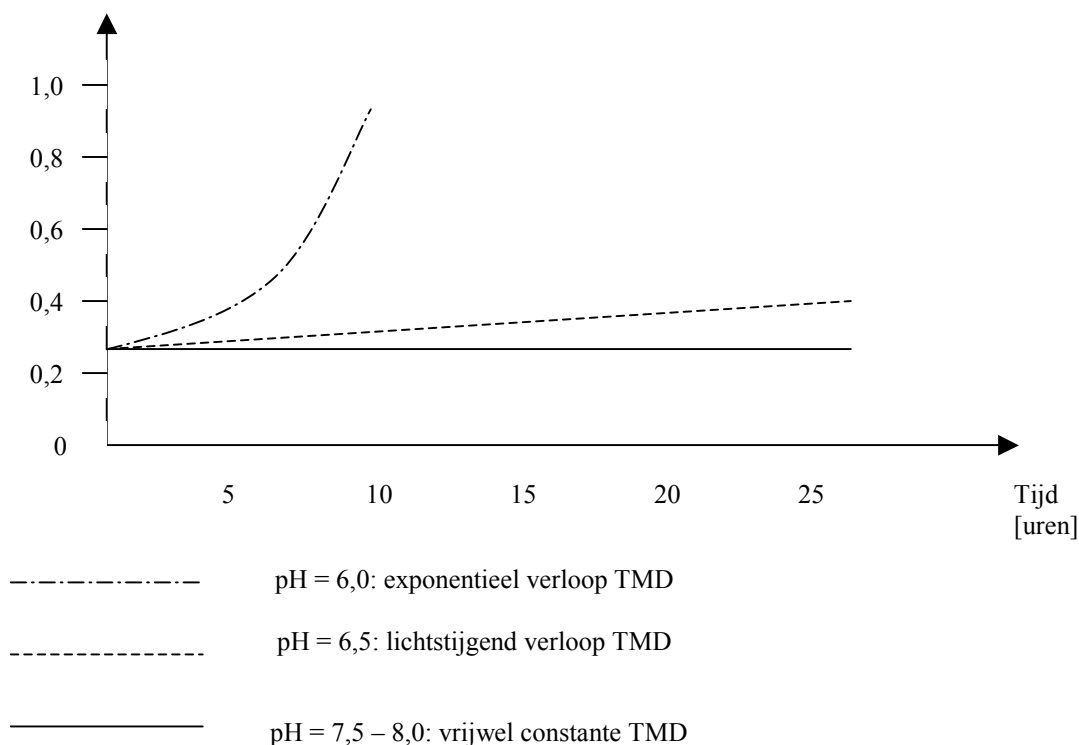
8.8 Problemen en ontwikkeling

Coagulatie

Het is gebleken dat coagulatie essentieel is voor het terugbrengen van de drukvallen bij behalen van de benodigde fluxen. Ervaringen wijzen uit dat bij incidenteel uitvallen van de vlokmiddeldosering de drukvallen fors toenemen.

Invloed pH op TMD

Het is gebleken dat het TMD-verloop, in combinatie met de aanwezigheid van humuscomponenten, afhankelijk is van de pH het voedingswater, zie hiernavolgende figuur.



[bron: Pederson S, T Lauritsen, Optimization of Ultrafiltration due to in line coagulation, Internal WLN – report, project 30001, june 2000]

Uit de figuur blijkt dat tussen pH = 6,0 en pH = 6,5 er een omslagpunt zit, waarbij het TMD overgaat van lichtstijgend naar exponentieel stijgend. Men vermoedt dat dit te maken heeft met een interactie tussen de lading van het membraanoppervlak en de (tegengestelde) lading van de humuszuren. Er is namelijk gebleken dat het membraanoppervlak licht negatief geladen is. Indien humuszuren positief geladen zijn, kunnen ze onder bepaalde omstandigheden, het membraan ‘dichtplakken’. De praktijk wijst uit dat de pH hierin van doorslaggevend belang kan zijn.

Het is niet precies bekend waar het omslagpunt ligt van licht stijgend naar een exponentieel TMD-verloop; dhr. Bruins vermoedt tussen pH = 6,3 en pH = 6,4.

Zoals eerder is aangegeven, is in de winter de pH lager dan in de rest van het jaar a.g.v. afvoer van water uit de veenkoloniën. Dit water bevat een hoog gehalte aan humuszuren en daardoor een lage pH. In de winter doet het probleem zich dan ook voor.

Oxaalzuur/ascorbinezuur reinigingen zijn nog niet ingezet n.a.v. problemen bij een lage pH, omdat dit “pH-fenomeen” bij nog te kort heeft geduurd (de keren dat het kort optrad, trad bij herstel van de pH-condities ook herstel van het drukverloop op). Reguliere reinigingen zijn echter niet in staat de druktoename te stoppen. Er wordt voor de komende winter een in-line NaOH-dosering aan het proces toegevoegd om de pH, indien nodig, te verhogen.

Rietjesbreuk

Er zijn twee oorzaken aan te wijzen voor het optreden van rietjesbreuk:

Aan/uit-schakelen installatie

Wanneer men (in bijzondere gevallen) de installatie vanuit uitgeschakelde modus ingeschakeld, kan rietjesbreuk optreden door het plotseling optredende drukverschil (vooral bij “verstoppingssituaties”).

Buitenste modules hogere druk

Van de drie modules die in een drukbuis zitten, hebben de buitenste twee het meest te maken met rietjesbreuk. De oorzaak hiervan is dat bij tweezijdig afstromen bij de BF de buitenste modules het grootste debiet en dus ook de grootste druk te verwerken krijgen. Aanvankelijk werd de BF uitgevoerd met enkelzijdige afvoer. Rietjesbreuk trad toen (nog) meer op.

Dode ruimtes in installatie

Men zou graag willen dat bij een volgend ontwerp van een membraaninstallatie het ontstaan van dode hoeken zo veel mogelijk worden vermeden. Hierdoor krijgt men meer zekerheid dat gebruikte chemicaliën worden weggespoeld na gebruik.

8.9 Conclusie

- Coagulatie is essentieel bij de UF-installatie van Kisuma bij het behandelen van oppervlaktewater.
- Wanneer het voedingswater een hoog gehalte aan humuszuren heeft en daardoor een lage pH (< 6,5), ontstaan problemen met humuscomponenten die ‘plakken’ aan het negatief geladen membraanoppervlak.
- Bij de chemische reiniging m.b.v. hypochloriet hebben de membraanporiën de neiging dicht te raken door het neerslaan van CaCO₃ en mogelijk door het verweken van het membraanmateriaal.

8.10 Extra: Specificaties chemische reiniging KISUMA

De gegevens in de hiernavolgende tabellen zijn algemeen toepasbaar, al zijn de inweektijden zeer arbitrair gekozen en waarschijnlijk aan de ruime kant.

Specificaties procedure chemische reiniging A

Reinigingsvoorraad (minimaal)	3000 liter, aangemaakt met RO-permeaat bij 35 ⁰ C
Benodigde hoeveelheid oxaalzuurdihydraat	50 kg
Stockoplossing oxaalzuurdihydraat	16,7 kg/m ³ (= 16,7 g/l)
Stockoplossing oxaalzuur	11,9 kg/m ³ (= 11,9 g/l)
Concentratie oxaalzuur op membranen	11,9 g/l (= 1,2%)
Inspoelvolumen	Ca. 750 liter
Inweektijd	15 minuten
Uitspoelen	Uitspoelen tot pH "begint op te lopen" (pH = 2)
Inspoelvolumen	Ca. 750 liter
Inweektijd	3 nachten

Specificaties procedure chemische reiniging B

Reinigingsvoorraad (minimaal)	3000 liter, aangemaakt met RO-permeaat bij 35 ⁰ C
Restant oxaalzuur in tank (reiniging A)	17,9 kg (11,9 g/l in 1500 liter)
Toevoeging oxaalzuurdihydraat	25 kg
Equivalent met oxaalzuur	17,9 kg
Totaal oxaalzuur in CIP-tank	35,8 kg
Stockoplossing oxaalzuur	11,9 kg/m ³ (= 11,9 g/l)
Concentratie oxaalzuur op de membranen	11,9 g/l (= 1,2%)
Inspoelvolumen	1500 liter
Inweektijd	1 nacht

Specificaties procedure chemische reiniging C

Reinigingsvoorraad (minimaal)	3000 liter, aangemaakt met RO-permeaat bij 35 ⁰ C
Toevoeging ascorbinezuur	50 kg
Stockoplossing ascorbinezuur	16,7 kg/m ³ (= 16,7 g/l)
Concentratie ascorbinezuur op de membranen	16,7 g/l (= 1,7 %)
Restant oxaalzuur in de tank	17,0 (= 1,5 x 11,9)
Stockoplossing oxaalzuur	6 kg/m ³ (= 6 g/l)
Concentratie oxaalzuur op de membranen	6 g/l (= 0,6 %)
Inspoelvolumen	Ca. 1000 liter
Inweektijd	20 minuten
Uitspoelen	Uitspoelen tot pH "begint op te lopen" (pH = 2)
Inspoelvolumen	1500 liter
Inweektijd	3 nachten

