

Zuivering van bloembollen- spoelwater met ultrafiltratie



LABORATORIUM VOOR
BLOEMBOLLENONDERZOEK
BULB RESEARCH CENTRE

OPDRACHTGEVER

Laboratorium voor bloembollen onderzoek

OPDRACHTNUMMER

30.1482.027

AUTEUR

Dr.ir. S.G.J. Heijman, ir. H.A. Oosterom, drs. E.J.A. Roebroek(LBO)

AFDELING

Behandeling en Distributie

Rapport Bloembollenonderzoek nr. 113
ISSN 1386-9442

Bestellen: f 17,50 overmaken op postgiro
33.67.73 ten name van
Laboratorium voor Bloembollenonderzoek
Postbus 85
2160 AB Lisse

Onderzoek en Advies
Groningenhaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein
Telefoon (030) 606 95 11
Telefax (030) 606 11 65

© 1997 Kiwa N.V.

Niets uit dit drukwerk mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Kiwa N.V., noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Nieuwegein, november 1997

kiwa

ISSN 947675

ISSN 947675

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING	2
1 INLEIDING	2
2 BEDRIJFSVOERING BLOEMBOLLENSPOELBEDRIJF	3
3 DOEL EN OPZET VAN DE EXPERIMENTEN	4
3.1 Ultrafiltratie-experimenten	4
3.2 Verwijdering van Fusarium met membraanfiltratie	4
3.3 Karakterisering bloembollenspoelwater	5
3.4 Bezinkexperimenten	5
4 RESULTATEN EN CONCLUSIES	6
4.1 Ultrafiltratie-experimenten	6
4.2 Verwijdering van sporen van Fusarium oxysporum uit spoelwater met behulp van ultrafiltratie	8
4.2.1 Inleiding	8
4.2.2 Materiaal en methoden	9
4.2.3 Resultaten	9
4.2.4 Conclusies	11
4.3 Karakterisering bloembollenspoelwater	11
4.4 Coagulatie/sedimentatie-experimenten	12
5 ONTWERP SPOELWATERBEHANDELINGSINSTALLATIE	14
5.1 Zuiveringsinstallatie gebaseerd op coagulatie/sedimentatie/ultrafiltratie/actieve-koolfiltratie	14
5.1.1 Coagulatie/buffer/bezinker	15
5.1.2 Ultrafiltratie	15
5.1.3 Actieve-koolfiltratie	16
5.2 Zuiveringsinstallatie gebaseerd op coagulatie/sedimentatie/snelfiltratie/actieve-koolfiltratie	17
5.2.1 Coagulatie/buffer/bezinker	17
5.2.2 Snelfiltratie	17
5.2.3 Actieve-koolfiltratie	18
5.3 Zuiveringsinstallatie gebaseerd op coagulatie/sedimentatie/ snelfiltratie/actieve-koolfiltratie waarbij tevens de besmettingskans wordt gereduceerd.	18
5.4 Zuiveringsinstallatie gebaseerd op coagulatie/sedimentatie/ultrafiltratie waarbij naar een nullozing wordt gestreefd.	18
6 KOSTENSCHATTING ZUIVERINGSINSTALLATIE	19
6.1 Coagulatie/sedimentatie/ultrafiltratie/AK-filtratie	19
6.2 Kosten coagulatie/sedimentatie/snelle-zandfiltratie/AK-filtratie ..	19
7 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	21

SAMENVATTING

In een onderzoek op proefinstallatieschaal zijn de mogelijkheden verkend van de toepassing van ultrafiltratie bij de behandeling van bloembollenspoelwater. De doelstelling van het onderzoek was het toetsen van de volgende aannamen:

- ultrafiltratie geeft in één stap vergelijkbare of betere resultaten dan de drie traditionele zuiveringsstappen (coagulatie/sedimentatie/snelfiltratie).
- ultrafiltratie vormt een uitstekende barrière voor Fusariumsporen.

Uit het onderzoek is gebleken dat door de wisselende spoelwaterkwaliteit een coagulatie/sedimentatiestap voor de ultrafiltratie onontbeerlijk is. Hiermee wordt dus één voordeel tenietgedaan.

Ultrafiltratie blijkt echter wel een uitstekende barrière te vormen voor Fusariumsporen. Een keuze voor een traditioneel zuiveringssysteem of een zuiveringssysteem gebaseerd op ultrafiltratie dient dan ook genomen te worden in het licht van de nieuwe ontwikkelingen van spoelinstallaties met een laag verbruik aan (laatste) spoelwater.

Voor de bestaande spoelinstallatie wordt op economische en bedrijfstechnische gronden een traditioneel zuiveringssysteem aanbevolen gebaseerd op coagulatie/sedimentatie/snelfiltratie en actieve-koolfiltratie.

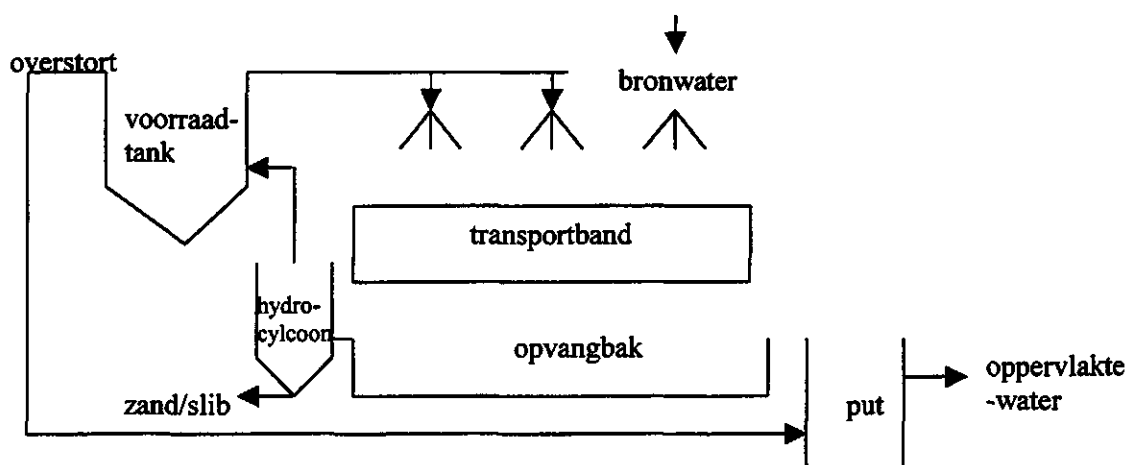
1 INLEIDING

Afvalwater dat vrijkomt bij het spoelen van bloembollen bevat wisselende concentraties carbendazim (tot maximaal 150 µg/l) met een gemiddelde van ongeveer 50 µg/l. Eerder onderzoek (KOA 96.091) heeft uitgewezen dat een zuivering met coagulatie/sedimentatie/snelfiltratie/actieve-koolfiltratie de concentratie van carbendazim zodanig kan terugbrengen dat voldaan kan worden aan de lozingseis. Ultrafiltratie zou praktisch gezien een aantrekkelijk alternatief kunnen zijn voor de coagulatie/sedimentatie/snelfiltratiestap in dit zuiveringssysteem. Bovendien kunnen sporen van de Fusariumschimmel zeer waarschijnlijk volledig worden weggevangen met ultrafiltratie, in tegenstelling tot een zuiveringssysteem gebaseerd op coagulatie/sedimentatie/snelfiltratie. Ultrafiltratie biedt dus mogelijkheden om het risico van besmetting van partijen bloembollen via vervuild spoelwater te verminderen. Een vervolgonderzoek moet aantonen dat één zuiveringsinstallatie in staat is om:

- Gedurende een werkdag het surplus aan spoelwater van de bloembollenspoelinstallatie te verwerken tot een kwaliteit die geloosd of hergebruikt kan worden.
- Gedurende de nacht Fusarium te verwijderen uit de watervoorraad van de spoelinstallatie zelf.

2 BEDRIJFSVOERING BLOEMBOLLENSPOELBEDRIJF

De spoelmachine bestaat uit een transportband voor de bloembollen, een hydrocycloon en een voorraadtank (figuur 1). Door spuitstukken worden de bloembollen op de transportband in fasen schoongespoeld met water. Voor het water van de eerste spoelingen wordt water uit de voorraadtank gebruikt. Voor de laatste spoeling wordt gebruik gemaakt van grondwater dat rechtstreeks door het bedrijf uit een bron wordt opgepompt. Deze laatste spoeling wordt niet uitgevoerd met water uit de voorraadtank, zoals bij de eerste en de tweede spoeling, om laatste slibdeeltjes te verwijderen en contaminatie van de te spoelen partij bloembollen met schimmels en andere stoffen te voorkomen.



Figuur 1: Een voorbeeld van een processchema van een bloembollenspoelinstallatie

Na deze laatste spoeling met bronwater zijn de bloembollen geschikt voor verpakking en transport. Al het spoelwater van komt terecht in een opvangbak onder de transportband van de spoelmachine. Het water uit deze opvangbak wordt via een hydrocycloon naar de voorraadtank teruggevoerd. Deze voorraadtank stort over op een afvoergoot en komt samen met het vloerwater in een put onder de installatie terecht. In deze put zal een deel van de vast stof bezinken. Periodiek zal de put dan ook moeten worden uitgebaggerd. De overloop van de put wordt momenteel zonder nabehandeling geloosd op het oppervlaktewater.

Bij vergelijkbare installaties bij andere bedrijven wordt het water van het naspoelgedeelte apart opgevangen. Dit water wordt gedeeltelijk gebruikt om het deficit van het voorraadwater aan te vullen. De rest wordt via een put geloosd. Bij een dergelijke constructie is het geloosde water schoner, maar bouwt zich in het voorraadwater een grotere vuillast op.

3 DOEL EN OPZET VAN DE EXPERIMENTEN

Eerder onderzoek heeft aangetoond dat carbendazim voldoende verwijderd kan worden met behulp van actieve-koolfiltratie. Voorwaarde is dat het water voor de actieve-koolfiltratie een laag zwevendestofgehalte heeft. Één mogelijkheid om voldoende zwevendestof uit het spoelwater te verwijderen is coagulatie/sedimentatie gevolgd door snelfiltratie. Verwijdering van *Fusarium* sporen bleek echter onvoldoende bij snelfiltratie. Een zuiveringsscenario dat waarschijnlijk aan beide doelstellingen kan voldoen is ultrafiltratie/actieve-koolfiltratie. Zowel licht vervuult als kunstmatig zwaar vervuult bloembollenspoelwater is behandeld in de proefinstallatie voor ultrafiltratie. Het spoelwater uit de bezinkbak onder de spoelmachine wordt met behulp van een pomp naar een buffertank van 3 m³ gebracht. Vanuit deze buffertank wordt de membraanfiltratieinstallatie gevoed. Om de membranen niet onnodig zwaar te belasten met de vervuiling van het bloembollenspoelwater en aldus langere looptijden van de membraanfiltratieinstallatie te realiseren kan een coagulatie en bezinking voor de membraaninstallatie worden geplaatst. Ook met een dergelijke zuivering zijn een aantal experimenten uitgevoerd. De experimenten zijn onderverdeeld in vier onderdelen, te weten:

- Ultrafiltratie-experimenten
- Verwijdering *Fusarium* met membraanfiltratie
- Karakterisering bloembollenspoelwater
- Coagulatie/sedimentatie-experimenten.

3.1 Ultrafiltratie-experimenten

Week 1:

Behandeling van tulpenspoelwater (licht vervuult).

Week 2:

Behandeling van kunstmatig zwaar vervuult spoelwater.

Behandeling van spoelwater van blauwe druifjes.

Week 3 en 4:

Behandeling van kunstmatig zwaar vervuult spoelwater met voorfilter (100 µm). Experimenten met kunstmatig zwaar vervuult en met FeCl₃ (ferrichloride) gecoaguleerd spoelwater zonder voorfilter. Zie verder het logboek van de ultrafiltratie-experimenten (bijlage 1)

3.2 Verwijdering van *Fusarium* met membraanfiltratie

Om te beoordelen of sporen van de *Fusarium*-schimmel kunnen worden verwijderd met membraanfiltratie zijn in week 1 en 2 *Fusarium*sporen gedoseerd aan het influent van de ultrafiltratie. Vervolgens zijn *fusarium*sporen concentraties gemeten in het permeaat van de drie membranen.

3.3 Karakterisering bloembollenspoelwater

Omdat de verwachting is dat kwaliteit van het bloembollenspoelwater sterk varieert met het soort bloembollen en de grondsoort waarop de bloembollen geteeld zijn, is het nuttig om een indicatie te hebben van de invloed van die spoelwaterkwaliteit op de ultrafiltratie. Voor een karakterisatie van het spoelwater van bloembollen zijn gedurende de experimenten een aantal analyses uitgevoerd van het bloembollenspoelwater op diverse tijdstippen en bij diverse spoelwatersamenstellingen.

Geanalyseerd zijn:

- troebelheid.
- zwevende stof.
- membraanfiltratie index (MFI).

3.4 Bezinkexperimenten

Een voorbehandeling voor de membraanfiltratie kan noodzakelijk zijn indien de vervuiling van de membranen onvoldoende in de hand te houden is.

Tevens wordt het influent van de membraanfiltratie door een voorbehandeling constanter van kwaliteit, hetgeen voordelen biedt voor de procesvoering. Daarom zijn op het ruwe bloembollen-spoelwater bezinkexperimenten uitgevoerd met en zonder dosering van FeCl_3 als vlokmiddel.

Bij het onderzoek is gebruik gemaakt van de gestandaardiseerde Kiwa-proefkolom. De kolomproef bestaat uit de volgende delen: een pomp, buffervat (700 l), impellerpomp, doseerpomp, statische menger en een kolom van 2 m hoogte met een doorsnede van 28 cm. Het monster is met een pomp genomen onder uit de put van de bloembollenspoel-installatie. Op 6 augustus is van uit het buffervat de kolom gevuld met spoelwater waarbij vlokmiddel gedoseerd werd. De G-waarde ten behoeve van de vlokvorming is trapsgewijs van 60, 40, 20 s^{-1} afgebouwd, iedere stap heeft 5 minuten geduurd (simulatie van zgn. getrapte vlokvorming). Het toegepaste vlokmiddel is FeCl_3 en is gedoseerd aan het spoelwater in hoeveelheid van 10 mg Fe^{3+} per liter. Op 7 augustus is van uit het voorraadvat de kolom gevuld met spoelwater **zonder** vlokmiddeldosering.

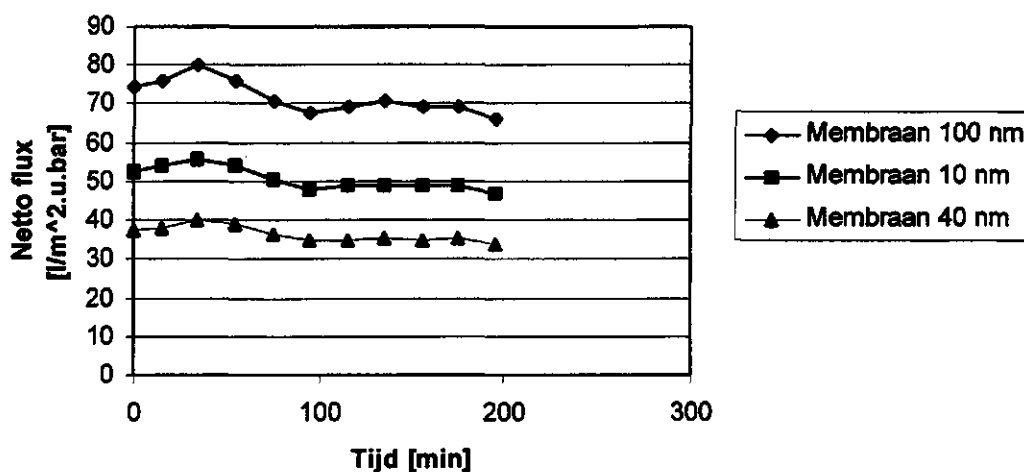
Het volgende monsterschema is voor beide kolomproeven toegepast:

- Na het vullen van de kolom en de vlokvorming is bij de start van bezinken ($t=0$) op 50 cm diepte vanaf de waterspiegel een monster genomen;
- Daarna zijn in de loop van de proef op de diepten 10, 25 en 50 cm monsters genomen. Een exact monsterschema is hiervoor niet gegeven, omdat elke monsterkraan bemonsterd is tijdens passage van het bezinkfront (visueel vastgesteld); De monsters over de hoogte zijn geanalyseerd op troebelheid.

4 RESULTATEN EN CONCLUSIES

4.1 Ultrafiltratie-experimenten

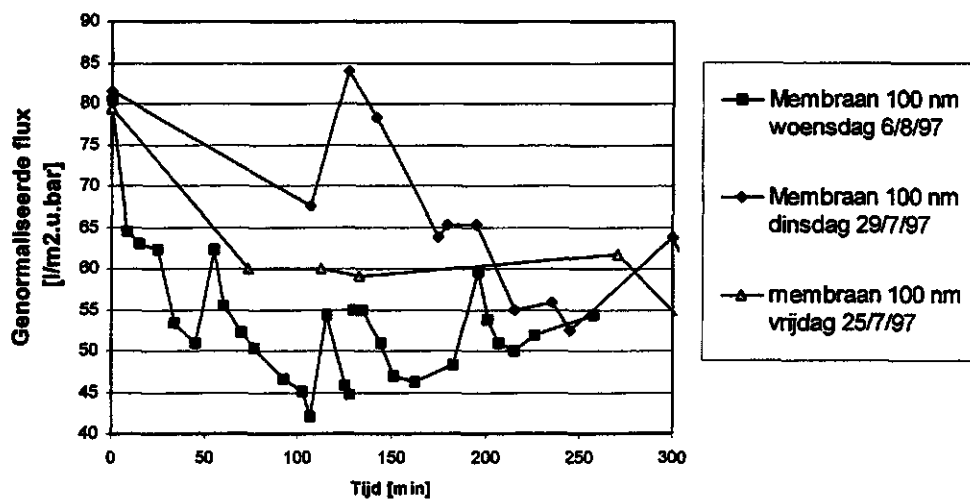
Een uitgebreide beschrijving van de experimenten is opgenomen als bijlage 2. De algemene indruk is dat ultrafiltratie zeker in staat is water te produceren dat aan de doelstellingen voldoet (vrij van fusariumsporen en vrij van zwevendestof). De nettofluxen verschillen per membraan (zie figuur 2). Met het 100 nm membraan kan met spoelwater van tulpen een vrijwel constante flux worden gehaald van tenminste 70 l/m².uur.bar.



Figuur 2: flux van de drie geteste membranen bij de behandeling van tulpenbollenspoelwater

Duidelijk is dat de flux niet alleen afhankelijk is van de poriegrootte maar ook van het membraantype: Membraan met een poriegrootte van 10 nm (leverancier: Pall) heeft een hogere flux dan het membraan met een poriegrootte van 40 nm (Leverancier: Stork) (zie tevens bijlage 2).

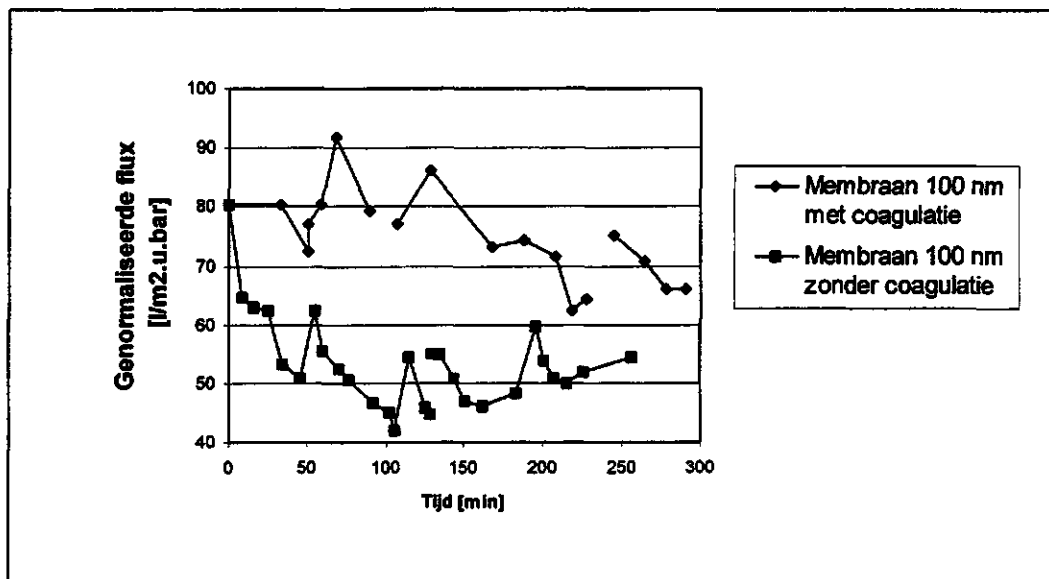
In figuur 3 is te zien dat andere spoelwatertypen een veel sterkere vervuiling van de membranen veroorzaken. De flux neemt dan af, maar kan door middel van een chemische reiniging weer geheel of gedeeltelijk hersteld worden.



Figuur 3: verloop van de flux bij verschillende typen spoelwater (zonder voorbehandeling)

De spoelwaterkwaliteit en daarmee de vervuiling van de membranen varieerde tijdens de proefperiode echter zodanig dat een eenvoudige bedrijfsvoering niet mogelijk is: steeds moet de procesomstandigheden en de chemische reiniging afgestemd worden op de mate van vervuiling.

Aanbevolen wordt daarom om vóór de ultrafiltratie een voorbehandeling te plaatsen in de vorm van een coagulatie en bezinkstap. In figuur 4 is te zien dat coagulatie inderdaad een positief effect heeft op de bedrijfsvoering: De flux is veel beter constant te houden ten opzichte van het experiment met spoelwater zonder voorbehandeling.



Figuur 4: invloed van een voorbehandeling van coagulatie-sedimentatie op de vervuiling van de ultrafiltratiemembranen.

4.2 Verwijdering van sporen van *Fusarium oxysporum* uit spoelwater met behulp van ultrafiltratie.

4.2.1 Inleiding

Door Kiwa werden op locatie experimenten uitgevoerd om de prestaties van drie verschillende membranen te testen bij de zuivering van water van een bloembollenspoelinstallatie. Omdat dergelijke mebraanfilters mogelijk ook perspectief bieden om spoelwater van ziektekiemen te ondoen, zodat het zonder extra ziekterisico's hergebruikt kan worden, werd de proefinstallatie van Kiwa tevens gebruikt om na te gaan in welke mate de membranen schimmelsporen verwijderen.

Als test-organisme werd gekozen voor *Fusarium oxysporum* f.sp. *tulipae* de verwekker van 'zuur' in tulpen. In de praktijk worden risico's op verspreiding van deze ziekte via spoelwater relatief hoog ingeschat. Ook ziekten in andere bolgewassen veroorzaakt door (andere *formae speciales* van) *Fusarium oxysporum*, zoals Fusarium-rot in gladiol zouden verspreid kunnen worden wanneer bollen/knollen gespoeld worden. De (kleinste) afmetingen van de sporen verschillen niet tussen de verschillende *formae speciales*, zodat de resultaten met *Fusarium oxysporum* f.sp. *tulipae* volledig overdraagbaar zijn op andere *formae speciales*.

4.2.2 Materiaal en methoden

Filters: De membraanfilters in de proefopstelling van Kiwa hadden een poriegrootte van 10 nm, 40 nm en 100nm.

Schimmelsporen: Isolaat LBO-Fot11 werd gekweekt op Potato Dextrose Agar (PDA; Oxoid) in het donker bij 27°C. Voor het eerste experiment werden cultures van één week oud gebruikt, voor het tweede experiment cultures van twee weken oud. Cultures werden overgoten met water en met een spatel werden de sporen in suspensie gebracht. De suspensie werd gefilterd (Ederol filter no. 261) om myceliumfragmenten te verwijderen. De sporendichtheid werd onder de microscoop geteld m.b.v. een haemocytometer. Er werd ca. 100 mL suspensie aangemaakt met ca. 2×10^7 sporen per mL.

Filtratie: Op de lokatie van de proefopstelling werd de sporensuspensie in een vat met ca. 200 L leidingwater gegoten en het geheel werd geroerd ($\rightarrow$ ca. 10^4 sporen/mL). De tweehonderd liter werd door de membraanfilters gevoerd.

Bemonstering: Aan het begin (T1), halverwege (T2) en aan het eind (T3) van het filtratieproces werden de voeding en de permeaten van de drie membranen bemonsterd (50 mL per monster). De monsters werd meegenomen naar het LBO en meteen uitgeplaat (50 μ L per 9cm Petrischaal) op PDA waaraan antibiotica zijn toegevoegd. Van de voeding werd ook een 1:10 verdunde suspensie uitgeplaat. Bij het tweede experiment werd ook 1 mL per schaal uitgeplaat door aan 1 mL monster nog niet gestolde PDA (ca. 50°C) toe te voegen en te mengen. Schalen werden geïncubeerd bij 27°C en na drie of vier dagen werd de schimmelgroei visueel beoordeeld en het aantal kolonies geteld.

Hierbij konden de kolonies van het isolaat LBO-Fot11 duidelijk herkend worden op basis van koloniemorfologie (met name de paarse pigmentatie).

Een derde experiment bestond uit het uitplaten (50 μ L per 9cm Petrischaal) en beoordelen van monsters die gedurende week 30 genomen werden tijdens het filtreren van het afvoerwater van de spoelinstallatie. Drie maal per dag gedurende vier dagen werden voeding en permeaten bemonsterd.

Van monsters van het niet gezuiverde spoelwater (voeding) werd ook een 1:10 verdunde suspensie uitgeplaat. Op basis van pigmentatie werd *Fusarium oxysporum* f.sp. *tulipae* (F.o.tulp) onderscheiden. Op basis van kolonie-morfologie en morfologische kenmerken onder de microscoop werden andere Fusaria onderscheiden en verder werden de resterende schimmelkolonies en gistkolonies geteld. Het gaat hierbij alleen om schimmels en gisten die goed groeien op PDA bij 27°C. Andere schimmels en gisten evenals bacteriën werden bij de gebruikte kweekmethode buiten beschouwing gelaten.

4.2.3 Resultaten

Bij het tellen van de sporen van LBO-Fot11 werden de dimensies van de sporen opgemeten: De suspensie bestond vrijwel volledig uit zogenaamde microconidiën. Deze zijn langwerpig ellipsvormig met een kleinste diameter van 3 tot 5 μ m en een lengte van 6-15 μ m.

De resultaten van de kolonietellingen van de monsters van het eerste experiment met LBO-Fot11 op 18 juli 1997 staan weergegeven in de tabel in de bijlage. In de voeding werden dichtheden van LBO-Fot11 gemeten variërend van

$0,8 \times 10^4$ tot $1,4 \times 10^4$ sporen per mL. In de permeaten van de drie membranen werden in géén enkel monster sporen van LBO-Fot11 aangetoond.

Gezien de hoeveelheid (50 μ L/schaal in duplo) die werd uitgeplaat, betekent dit dat de dichtheid lager was dan 10 sporen per mL.

Opvallend was dat in het permeaat van het 100nm membraan wel fusarium-kolonies werden gevonden, maar dat het zonder twijfel één (of twee) andere fusarium-stam(men) betrof die duidelijk te onderscheiden waren van LBO-Fot11. Op tijdstip T2 werd een dichtheid van 120 sporen per mL gemeten van deze fusarium-stam(men).

De resultaten van het tweede experiment (25 juli 1997) met LBO-Fot11 staan eveneens als tabel in de bijlage. Ook dit keer was de sporendichtheid in de voeding ongeveer de beoogde 10^4 per mL ($1,2 - 1,3 \times 10^4$ per mL). In het permeaat van de 10nm en 100nm filters werd géén enkele spore van LBO-Fot11 gevonden, ook niet wanneer 1 mL werd uitgeplaat. De sporendichtheid in het permeaat van deze twee filters was derhalve kleiner dan 0,5 per mL. Het permeaat van het 40nm membraan daarentegen bevatte zeer veel sporen van LBO-Fot11 (1 tot 2×10^3 sporen per mL). Het betreffende 40 nm filter bleek overigens al eerder, op basis van de troebelheidsmetingen van Kiwa, 'lek' te zijn. Het permeaat van het 100nm filter bevatte net als bij het experiment op 18 juli 1997 één of twee andere fusariumstammen die duidelijk afwijken van LBO-Fot11.

Van de tellingen van de uitplatingen van de monsters die gedurende week 30 werden genomen wordt het volledige overzicht in de bijlage gegeven.

In de voeding (afvoerwater uit de spoelmachine) werden regelmatig kolonies van *Fusarium oxysporum* uit tulp gevonden, zij het in relatief lage dichtheden, variërend van 50 tot 250 sporen per mL. In het permeaat van de membranen van 10nm en 100nm kwam deze schimmel niet voor (dichtheid < 10 sporen per mL). Het permeaat van het 40nm filter bevatte af en toe wel *Fusarium oxysporum* uit tulp (10-20 sporen per mL). In het permeaat van het 100nm filter werden ook in dit experiment andere Fusaria aangetroffen, die te onderscheiden waren van *Fusarium* uit tulp. Het gaat daarbij op het oog om dezelfde stam(men) als in de experimenten met LBO-Fot11 werd(en) gevonden in het permeaat van het 100nm membraan.

De totale vervuiling met schimmels en gisten in het voedingswater was gedurende de hele week vrij constant. De dichtheid aan schimmeldeeltjes was 4 tot 8 duizend per mL die van gistcellen bedroeg 2 tot 8 duizend per mL.

In het permeaat van het 10nm en 100nm filter werden géén gisten aangetroffen. Schimmeldeeltjes kwamen er wel in voor maar in veel lagere dichtheden (20 tot 200 deeltjes per mL) dan in het voedingswater. Overigens was op het oog de samenstelling van de schimmelsoorten die in beide permeaten voorkwamen anders dan die in het voedingswater.

Het permeaat van het 40 nm filter bevatte vanaf het tweede monster (dinsdag 22 juli, 15.15 uur) wel gisten en ook duidelijk meer schimmeldeeltjes (250 tot 1600 per mL) dan de beide andere permeaten. De samenstelling van schimmelsoorten leek ook veel meer op die van het voedingswater. Wellicht was het betreffende filter vanaf het genoemde moment gaan 'leken'.

4.2.4 Conclusies

Sporen van *Fusarium oxysporum* f.sp. *tulipae* worden door de drie membranen volledig (>99.99%) weggevangen. Gezien de afmetingen van de sporen (kleinste diameter > 3 µm) en de poriegrootte van de gebruikte membranen (10, 40 en 100 nm) is dat ook niet meer dan logisch.

Gezien de grootte van schimmelsporen en gistcellen in het algemeen (> 1 µm) mag men verwachten dat het permeaat van alle drie de filters volledig vrij is van deze micro-organismen. Toch werden er in de permeaten schimmeldeeltjes aangetroffen. Als deze deeltjes niet door het membraan heen zijn kunnen komen en de membranen niet 'lek' waren (zoals het 40 nm membraan vanaf 22 juli), dan moeten de bronnen van deze deeltjes zich achter het membraan bevonden hebben. Aangezien het om een niet-steriele opstelling ging, is dat goed mogelijk. Het gedeelte van de installatie achter de membranen kan voortdurend verontreinigd zijn met schimmeldeeltjes uit de lucht of met deeltjes die in het terugspoelwater aanwezig zijn. Zo bleken de slangen aan de aftappunten bijvoorbeeld (zwaar) gecontamineerd te zijn met schimmeldeeltjes (geen data in tabellen).

Het feit dat er in het permeaat van het 10nm en 100nm filter gedurende de hele week geen gistcellen meer werden aangetoond, maar wel schimmeldeeltjes, wijst er overigens ook op dat de schimmeldeeltjes contaminaties zijn die ná de filtratie optreden. De gistcellen die gekweekt werden waren vergelijkbaar in grootte met de sporen van de aangetroffen schimmels (gemiddeld waren de gistcellen zelfs iets kleiner). Wanneer de schimmelsporen door het membraan heen waren gegaan hadden er ook gistcellen door het membraan heen moeten gaan.

Het 40 nm filter was 'lek', wat overeenstemt met de troebelheidsmetingen aan het permeaat van het 40nm filter uitgevoerd door Kiwa.

4.3 Karakterisering bloembollenspoelwater

In totaal is in een veertigtal monsters troebelheid en zwevende stof gemeten. Om een indicatie te krijgen van de verstoppingspotentie is in een tweetal monsters de MFI (Membraan Filtratatie Index) gemeten.

Uit de resultaten blijkt dat het op grond van deze experimenten geen relatie gelegd kan worden tussen deze parameters en de vervuiling van de membranen. Een voorbeeld:

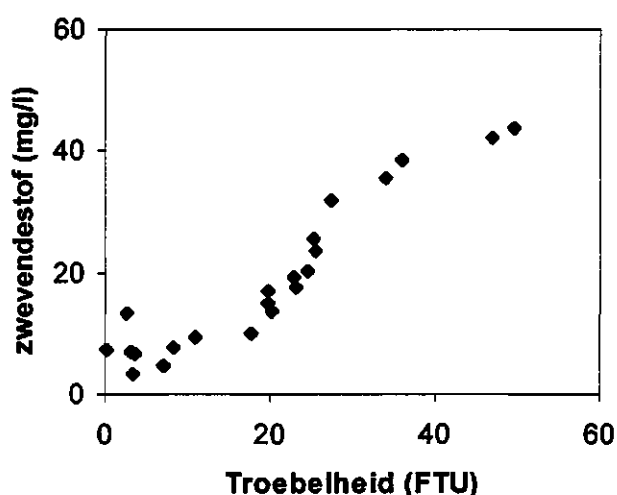
monster	MFI s/l ²	troebelheid FTU	zwevendestof mg/l
Tulpenbollen vrijdag 25/7	1495	28	32
Blauwedruifjes vrijdag 1/8	2573	7	5

Opvallend is dat in het spoelwater dat bij de ultrafiltratie de meeste problemen opleverde qua vervuiling en qua reiniging (blauwedruifjes) de laagste troebelheid en zwevendestof gemeten worden. MFI

(verstoppingsindex van een 0,45 μm filter) is waarschijnlijk nog de parameter die de grootste voorspellende waarde heeft. De MFI is duidelijk hoger bij het spoelwater afkomstig van blauwe druifjes dan van spoelwater afkomstig van tulpenbollen. MFI is echter een relatief dure en bewerkelijke meting.

Uit figuur 5 blijkt dat er vooral bij zwevendestofgehalten kleiner dan 60 mg/l een redelijk verband bestaat tussen troebelheid en zwevendestof. gezien de eenvoud en de lage kosten van de troebelheidsmeting kan in de toekomst volstaan worden met deze meting.

Troebelheidsmetingen zijn vooral zinvol om te bepalen of de membranen leklicht zijn. Eventueel kan ook het bezinkproces in de buffer/bezinkers gevolgd worden door middel van troebelheidsmetingen.



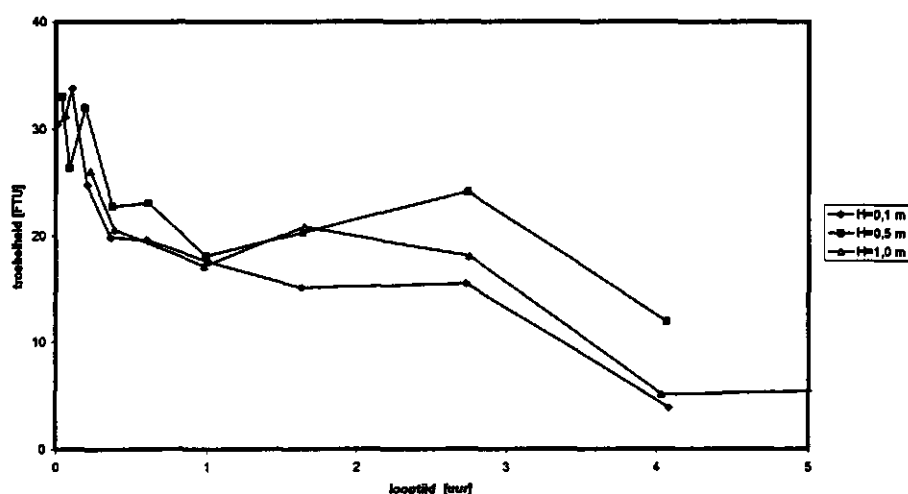
Figuur 5: Verband troebelheid en zwevendestof in bloembollenspoelwater

4.4 Coagulatie/sedimentatie-experimenten

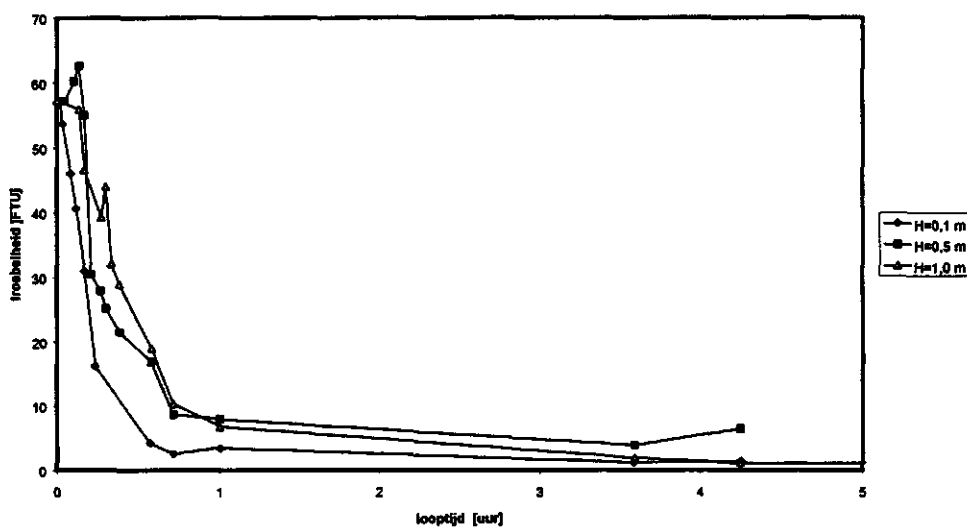
Uit figuur 6 blijkt dat bezinking zonder coagulant niet erg effectief is: na twee uur is slechts 30% van de troebelheid verwijderd.

Sedimentatie na het toevoegen van coagulant is wel effectief (figuur 7): na twee uur is globaal 90% van de troebelheid verwijderd. De bezinkhoogte heeft in dit geval geen grote invloed op de bezinkresultaten (geen flocculente bezinking). Dit betekent dat bij het ontwerp van een bezinkinrichting geen rekening gehouden hoeft te worden met de bezinkhoogte. Met andere woorden: een bezinkhoogte van 0,1 meter geeft bij vergelijkbare oppervlaktebelasting een vergelijkbaar resultaat als 1

meter bezinkhoogte. Gezien de grootte van de te ontwerpen installatie en de bedrijfsvoering op een bloembollenspoelbedrijf heeft een staande (of batch-bezinking) de voorkeur boven een continu proces. In theorie is het voldoende om twee alternerende bezinkbakken te plaatsen met ieder een capaciteit van de minimale bezinktijd (twee uur). In de praktijk zal er echter voor gekozen worden dat deze bakken groter worden uitgevoerd zodat daardoor de capaciteit van de ultrafiltratie optimaal benut kan worden doordat er bijvoorbeeld 23 uur per dag water gezuiverd kan worden. Ook moeten de buffer/bezinkbakken voldoende capaciteit hebben om het water uit de hydrocycloon en de spoelmachine in een keer te laten bezinken. Voor de spoelwaterinstallatie ($\pm 8 \text{ m}^3$ inhoud) van de firma Onderwater dient voor een optimale bedrijfsvoering gekozen te worden voor twee buffer/bezinkers van elk ten minste 5 m^3 .



Figuur 6: bezinkcurves van bloembollenspoelwater zonder coagulatie.



Figuur 7: bezinkcurves van bloembollenspoelwater na toevoegen van het coagulant ijzerchloride.

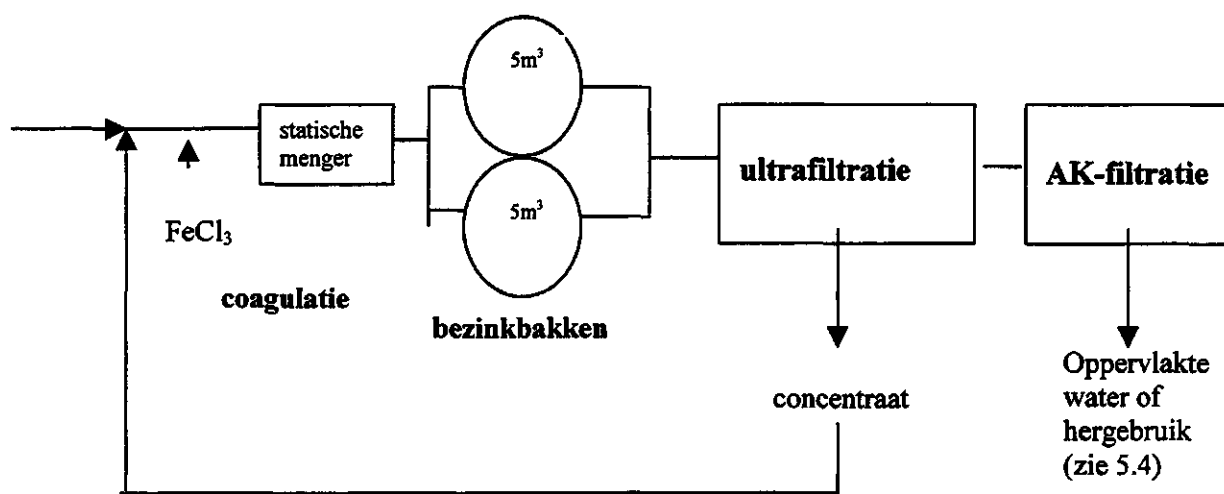
5 ONTWERP

SPOELWATERBEHANDELINGSINSTALLATIE

- **Coagulatie/sedimentatie/ultrafiltratie/actieve-koolfiltratie**
Een dergelijke installatie dient twee zuiveringsdoelstellingen: verwijdering van carbendazim met het doel het afvalwater te lozen (of te hergebruiken bij de laatste spoeling) én het verwijderen van Fusariumsporen uit het voorraadwater van de spoelinstallatie gedurende de nacht.
- **Coagulatie/sedimentatie/snelfiltratie/actieve-koolfiltratie**
Deze installatie is slechts gericht op het verwijderen van carbendazim uit het laatste spoelwater met het doel dit behandelde spoelwater te lozen.

5.1 Zuiveringsinstallatie gebaseerd op coagulatie/sedimentatie/ultrafiltratie/actieve-koolfiltratie

- Coagulatie/bezinking
- ultrafiltratie
- actieve-koolfiltratie



Figuur 8: processchema coagulatie/sedimentatie/ultrafiltratie/actieve-koolfiltratie

5.1.1 Coagulatie/buffer/bezinker

Deze eerste processtap heeft als doel om een zo constant mogelijk debiet en een zo constant mogelijke kwaliteit water te leveren voor de ultrafiltratie. Er dient ten minste 10 mg/l Fe in de vorm van ferrychloride te worden gedoseerd in een aanvoerleiding van de bezinkbakken. Vlak achter het doseerpunt dient een eenvoudige statische menger te worden geplaatst om een snelle en volledige menging van het te behandelen water en het vlokmiddel te waarborgen. Vervolgens kan zonder verdere agitatie in de buffer de flocculatie plaatsvinden. Aangezien een overdosering bij ijzerchloride niet kritisch is, een overdosering geeft vaak nog iets betere resultaten, kan er ook bijvoorbeeld 20 mg/l Fe gedoseerd worden (tot een maximum van 40 mg/l worden er geen problemen verwacht). Het gevolg van een grotere ijzerdosering is wel een iets grotere slibproductie: per mg gedoseerd ijzer wordt tijdens de coagulatie 2 mg vaste-stof gevormd in de vorm van ijzeroxide. Bij een zwevende-stofgehalte van 200 mg/l levert een ijzerdosering van 10 mg/l dus 10 gewichts% meer slib. Een dosering van 20 mg Fe/l geeft dan 20 gew% meer slib. Per dag wordt er ongeveer 5 kg slib gevormd, hetgeen als afvalstof moet worden afgevoerd. Bij het in bedrijf zijn van 200 dagen per jaar komt dit overeen met een slibproductie van één ton per jaar. Er dient een minimale bezinktijd van twee uur te worden gehanteerd. Dit betekent dat in theorie met twee bezinkbakken van ieder 2 m² kan worden volstaan. Bij de huidige spoelwaterinstallatie van de firma Onderwater moet echter ook gedurende de nacht de inhoud van de voorraadtank van de installatie zelf worden behandeld en opgeslagen. Opslag is nodig omdat dit water niet direct vanuit de ultrafiltratie weer terug kan naar de voorraadtank. Direct terugvoeren zou slechts een verdunning van fusariumsporen te weeg brengen. Opslag kan voor en na de ultrafiltratie (opslag van vuil dan wel schoon water). Gezien de functie van een buffer/bezinker is het voor de hand liggend om de bezinkbakken ook te laten fungeren als opslagvaten voor het water uit de voorraadtank van de spoelinstallatie. Gezien de totale inhoud van 8 m³ van de voorraadtank dienen de buffer/bezinkers ieder minimaal 4 m³ te worden. De bezinkbakken kunnen echter tegelijkertijd worden ingezet voor het verwerken van het concentraat van de ultrafiltratie. Geschat wordt dat 10 tot 20% van de in de ultrafiltratie behandelde stroom vrijkomt als concentraat. Bij het verwerken van maximaal 2 m³/uur wordt er dus maximaal 0,4 m³/uur aan concentraat geproduceerd. Geadviseerd wordt daarom om tenminste twee bezinkbakken te bouwen van ieder 5 m³. De bezinkbakken dient uitgevoerd te worden met een trechtervormige slibopvang met aflaatmogelijkheid.

5.1.2 Ultrafiltratie

Voor de ultrafiltratie is een capaciteit nodig van ten minste 1,5 m³ per uur om het gedurende de dag geproduceerde spoelwater te verwerken. Hierbij wordt uitgegaan van een maximale dagproductie van 15 m³ die gedurende 10 uur verwerkt wordt. Gedurende de nacht is er dan capaciteit genoeg om het voorraadwater uit de spoelinstallatie zelf (ongeveer 8 m³) te zuiveren.

Aanbevolen wordt om globaal de volgende bedrijfsvoering te volgen:

capaciteit ultrafiltratie:	1,5 m ³ /uur uit te breiden tot maximaal 3 m ³ /uur.
genormaliseerde flux:	60-80 l/u.m ² .bar
membraanoppervlak	50 m ²
werkdruk:	0,5 bar-1 bar
backflush:	elke 15 minuten
chemische reiniging:	als de druk boven de 1 bar uit komt

Een installatie kan bijvoorbeeld bestaan uit één drukbuis van zes meter waarin twee 8 inch ultrafiltratie elementen zitten met ieder een oppervlak van 30 m²

Het geproduceerde concentraat (ultrafiltratiespoelwater 10-20% van het influent) kan teruggevoerd worden via de ijzerzout-dosering naar de buffer/bezinker. Het gevaar dat op deze manier fusarium in een het systeem wordt opgehoopt is echter denkbaar: eerder onderzoek heeft aangetoond dat na coagulatie met ijzerchloride en sedimentatie de fusariumconcentratie afneemt met een factor 2 tot 3. De concentratiefactor van fusarium bij de microfiltratie is globaal 5 tot 10. Als er problemen optreden met een sterk toenemende fusariumconcentratie dan kan de fusariumverwijdering verbeterd worden door een verhoging van de vlokmiddeldosering.

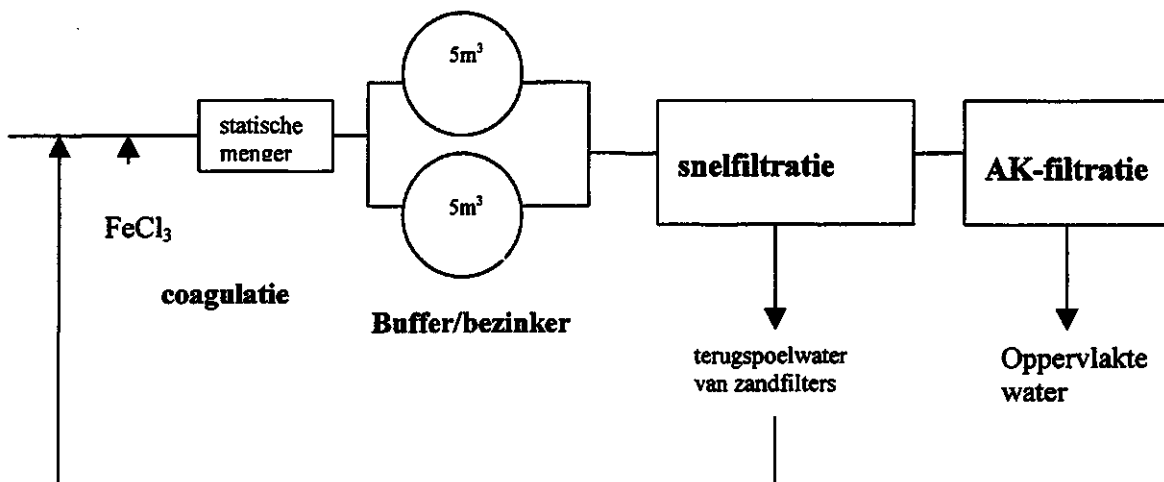
5.1.3 Actieve-koolfiltratie

In de huidige bedrijfsvoering wordt schoon water aan het systeem toegevoegd (als laatste spoelwater) waarvan maar een gedeelte als aanhangend water met de bollen wordt afgevoerd en een ander gedeelte met het slib uit de hydrocycloon en uit de roosters. Het overschot (15 m³/dag) moet op het oppervlaktewater worden geloosd. Om te kunnen voldoen aan de lozingseisen moet de concentratie van het bestrijdingsmiddel carbendazim tot beneden de 0,07 µg/l worden verwijderd. Uit eerder onderzoek is gebleken dat dit bestrijdingsmiddel ondanks de relatief hoge DOC-gehalten in het water goed verwijderd kan worden met actieve-koolfiltratie. De procesvoering is globaal:

kolomdiameter:	0,58 m
kolomlengte:	2,5m
maximaal debiet:	2 m ³ /uur
contacttijd:	20 minuten
oppervlaktebelasting:	7,6 m/h

5.2 Zuiveringsinstallatie gebaseerd op coagulatie/sedimentatie/snelfiltratie/actieve-koolfiltratie

- Coagulatie/buffer/bezinker
- snelfiltratie
- actieve-koolfiltratie



Figuur 9: processchema coagulatie/sedimentatie/snelfiltratie/actieve-koolfiltratie

5.2.1 Coagulatie/buffer/bezinker

Deze eerste processtap heeft als doel om een zo constant mogelijk volume en een zo constant mogelijke kwaliteit water te leveren voor de snelfiltratie en om het grootste deel van de vuillast af te vangen.

De ontwerpgrondslagen zijn globaal hetzelfde als bij het scenario met ultrafiltratie.

5.2.2 Snelfiltratie

Voor de snelfiltratie (zandfilter) is een capaciteit nodig van ten minste 1,5 m³ per uur om het gedurende de dag geproduceerde spoelwater te verwerken. Hierbij wordt uitgegaan van een maximale dagproductie van 15 m³ die gedurende 10 uur verwerkt dient te worden.

Aanbevolen wordt om globaal de volgende bedrijfsvoering te volgen:

debiet:	1,5 m ³ /uur
filtratiesnelheid:	10 m/uur
filteroppervlak:	0,15 m ²
terugspoelen:	op tijd of als de bovenwaterstand te hoog wordt.

Globaal is dit een ronde buis van 0,5 meter doorsnede en twee meter hoog. Er dient een terugspoelmogelijkheid op aangebracht te zijn.

5.2.3 Actieve-koolfiltratie

In de huidige bedrijfsvoering wordt schoon water aan het systeem toegevoegd (als laatste spoelwater) waarvan maar een gedeelte als aanhangend water met de bollen wordt afgevoerd en een ander gedeelte met het slib uit de hydrocycloon en uit de roosters. Het overschot (15 m^3 per dag) wordt geloosd. Globaal is het ontwerp en de procesvoering vergelijkbaar als in het scenario met ultrafiltratie. Omdat de afvang van zwevendestof met snelfiltratie niet zo efficiënt is als met ultrafiltratie wordt aanbevolen om in het ontwerp rekening te houden met een periodieke terugspoeling van het koolfilter.

5.3 Zuiveringsinstallatie gebaseerd op coagulatie/sedimentatie/snelfiltratie/actieve-koolfiltratie waarbij tevens de besmettingskans wordt gereduceerd.

In de installatie zoals beschreven in 5.2 is het ook goed mogelijk om het besmettingsgevaar voor *Fusarium* te verminderen zonder dat daar extra investeringen tegenover staan. De installatie is ontworpen om 15 m^3 spoelwater te verwerken gedurende 10 uur. Dit betekent dat gedurende de nacht als de spoelmachine niet in bedrijf is, het voorraadwater uit de spoelmachine behandeld kan worden in de zuiveringsinstallatie zoals beschreven in 5.2. Bij deze behandeling worden de *Fusarium*sporen niet volledig verwijderd, maar het behandelde water kan geloosd worden op het oppervlaktewater. Dit betekent dat de spoelinstallatie de volgende ochtend weer gevuld moet worden met bronwater. De kosten van het bronwater zijn echter minimaal. Ook is er slechts een marginale toename van de lozing met 8 m^3 per dag.

5.4 Zuiveringsinstallatie gebaseerd op coagulatie/sedimentatie/ultrafiltratie waarbij naar een nullozing wordt gestreefd.

Het gezuiverde water zoals geproduceerd door de installatie die beschreven is in paragraaf 5.1 is vrij van *Fusarium*sporen en waarschijnlijk schoon genoeg om hergebruikt te worden. De hoeveelheid opgepompt bronwater kan dan worden gereduceerd. Omdat de aanwezigheid van residuen carbendazim bij terugvoeren waarschijnlijk niet bezwaarlijk is, kan de actieve-koolfiltratie worden weggelaten. Door de ontwikkeling van een (na)spoeltechniek, waarbij veel minder schoon water ($< 1 \text{ m}^3$ per uur) nodig is ten opzichte van de huidige installaties, kan de hoeveelheid te zuiveren water sterk worden teruggebracht. Daarmee gaan de kosten voor het zuiveringssysteem ook omlaag.

6 KOSTENSCHATTING ZUIVERINGSINSTALLATIE

6.1 Coagulatie/sedimentatie/ultrafiltratie/AK-filtratie

De voordelen van een zuivering gebaseerd op ultrafiltratie/AK-filtratie is een veel compactere bouw van de installatie en een veel hogere verwijdering van Fusariumschimmels. Met deze installatie worden twee doelstellingen nagestreefd. Voor zuivering van 15 m³ spoelwater per dag en gedurende de nacht nog 8 m³ uit de spoelinstallatie zelf zijn globaal de volgende investeringen nodig:

vlokmiddeldosering/statische menger:	f 4.000,-
twee buffer/bezinkers van 10 m ³ :	f 12.000,-
microfiltratie 1,5 m ³ /uur	
(inclusief pompen,pijpen,procesbewaking):	f 80.000,-
actieve-koolfilter 1,5 m ³ /uur	
zonder terugspoelmogelijkheid:	f 10.000,-
TOTAAL:	f 102.000,-

Deze kostenschatting is gebaseerd op de aanname dat de hele installatie op maat gemaakt moet worden. De kostenschatting is zeer globaal ($\pm 40\%$) en moet op basis van offertes nader gepreciseerd worden. De operationele kosten zijn iets hoger ten opzichte van het scenario met snelfiltraat: de membraankosten zijn f 3000,- tot f 5000,- per jaar afhankelijk van de levensduur (3 tot 5 jaar) en waarschijnlijk zijn de personele kosten ook hoger omdat de installatie meer aandacht behoeft.

Er moet gerekend worden met jaarlijks ongeveer 2% van de investeringskosten voor onderhoud en enkele honderden guldens voor korrelkool zelfs als de korrelkool niet geregenereerd zou worden. Voor de verwerking en de afvoer van het geproduceerde slib moet jaarlijks op f 1000,- gerekend worden (geschatte productie: één ton drogestof per jaar).

6.2 Kosten coagulatie/sedimentatie/snelle-zandfiltratie/AK-filtratie

Een installatie voor de behandeling van spoelwater ziet er globaal als volgt uit: Twee alternerend bedreven bezinkbakken, die afwisselend worden gevuld. Het bezonken water wordt vervolgens continu aan de bak onttrokken die op dat moment niet gevuld wordt. Voor de snelle-zandfiltratie en de AK-filtratie is een continue bedrijfsvoering noodzakelijk.

Voor zuivering van 15 m³ spoelwater per dag zijn globaal de volgende investeringen nodig:

vlokmiddeldosering/statische menger:	f 4.000,-
twee vaten van 5 m ³ :	f 12.000,-
snelfilter 1,5 m ³ /uur met terugspoelmogelijkheid:	f 35.000,-
pompen, pijpen, procesbewaking:	f 15.000,-
AK-filter 1,5 m ³ /uur met terugspoelmogelijkheid	f 20.000,-
TOTAAL:	f 86.000,-

Deze kostenschatting is gebaseerd op de aanname dat de hele installatie op maat gemaakt moet worden. Een kant en klaar snelfilter met terugspoelmogelijkheid zoals gebruikelijk voor de zuivering van zwembadwater is aanzienlijk goedkoper dan f 35.000,-. De kostenschatting is zeer globaal ($\pm 40\%$) en moet op basis van offertes nader gepreciseerd worden. De operationele kosten zijn echter laag: Er moet gerekend worden met jaarlijks ongeveer 2% van de investeringskosten voor onderhoud en enkele honderden guldens voor korrelkool zelfs als de korrelkool niet geregenereerd zou worden. Voor de verwerking en de afvoer van het geproduceerde slib moet jaarlijks op f 1000,- gerekend worden (geschatte productie: één ton drogestof per jaar).

7 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Conclusies:

- Bloembollenspoelwater kan behandeld worden tot een waterkwaliteit die geloosd kan worden op oppervlaktewater
- Fusariumsporen worden met ultrafiltratie uitstekend verwijderd.
- Met één installatie is het mogelijk om gedurende werkuren de productie aan afvalwater uit de spoelinstallatie te verwerken en bovendien gedurende de nacht het voorraadwater uit de installatie te zuiveren van Fusariumsporen en daarmee de kans op Fusariumbesmetting van gezonde partijen bloembollen te verlagen.
- Een voorbehandeling in de vorm van coagulatie/sedimentatie is gezien de sterk wisselende spoelwaterkwaliteit toch wenselijk.
- De investeringskosten voor een installatie gebaseerd op coagulatie/sedimentatie/ultrafiltratie/actieve-koolfiltratie komen hoger uit dan voor een zuivering gebaseerd op coagulatie/sedimentatie/snelfiltratie/actieve-koolfiltratie. Bovendien zijn de operationele kosten van de laatste lager en kan waarschijnlijk nog verder bespaard worden op de investeringskosten door kant en klare systemen te kopen.

Aanbevelingen:

- Maak een keuze voor een van de vier scenario's, beschreven in 5.1 t/m 5.4
- Gezien de kosten, de eenvoudige bedrijfsvoering en de te verwachten prestaties is er een voorkeur voor een zuiveringsinstallatie gebaseerd op coagulatie/sedimentatie/snelfiltratie/actieve-koolfiltratie waarbij tevens de besmettingskans voor Fusarium wordt gereduceerd (zie paragraaf 5.3).
- Doe ervaring op met deze configuratie gedurende een jaar.
- Onderzoek tijdens de proefperiode de optimale bedrijfsvoering van de installatie.

BIJLAGE 1 :LOGBOEK

21-7-'97 Maandag: start productie om 15:17.
WK 1 problemen: veel lucht in de leidingen zeer zwakke stromen.

22-7-'97 Dinsdag: start productie om 8.20.
WK 1 Opstart installatie nog problemen met de aanzuig van water uit de voedingstank.
Dit wordt opgelost zodanig dat de membraanmodules niet in het systeem worden opgenomen.
BF $\Rightarrow$ freq. 12 uur.
BF incl. FF $\Rightarrow$ GF duurt 30 sec. freq 5 min.
FF duurt 20 sec.
cc $\Rightarrow$ HCL 1 x per 3 uur.
(H₂O₂ 1x / 1x NaOH).

Monstername	# 1.	voeding 22-7 13:30	KIWA
	# 2.	permeaat 22-7 13:30 100 μ m	LBO
	# 4.	permeaat 22-7 13:30 10 μ m	LBO
	# 4.	permeaat 22-7 13:30 40 μ m	LBO
	# 5.	voeding 22-7 15:15	KIWA
	# 6 t/m 8	permeaat 22-7 15:15	LBO
	# 9.	voeding 22-7 16:15	KIWA
	#10 t/m 12	permeaat 22-7 16:15	LBO
	#13	permeaat 100 μ m 10 liter	KIWA
	#14	permeaat 10 μ m 10 liter	KIWA
	#15	permeaat 40 μ m 10 liter	KIWA

23-7-'97 Woensdag: dingen getest en nog laten lopen installatie.
WK 1

Monstername:	# 16	voeding 23-7 9:15	KIWA
	# 17 t/m 19	permeaat 23-7 9:15	LBO
	# 20	voeding 23-7 12:45	KIWA
	# 21 t/m 23	permeaat 23-7 12:45	LBO
	# 24	voeding 23-7 15:30	KIWA
	# 25 t/m 27	permeaat 23-7 15:30	LBO

24-7-'97 Donderdag: na een intensieve H₂O₂ reiniging wordt er gedraaid met alleen de backflush (frea = 12 min./duur = 40 sec.) bij een flow van 300 l/h. De chemische reiniging staat uitgeschakeld.
WK 1 Doel: observeren druktoename zonder chemische reiniging.
2x troebelheid gemeten.

Grafiek: (x-as 0 - 500 min; y - as 0,35 - 1,4 bar) TMP.

Monstername:	# 28	voeding 24-7 9:30	KIWA
	# 29 t/m 31	permeaat 24-7 9:30	LBO
	# 32	voeding 24-7 13:00	KIWA
	# 33 t/m 35	permeaat 24-7 13:00	LBO
	# 36	voeding 24-7 15:30	KIWA
	# 37 t/m 39	permeaat 24-7 15:30	LBO

25-7-'97 Vrijdag: cc freq 1 uur H₂O₂ Grafiek
WK 1 BF frea 12 min duur.
Doel: doorvoeren druktoename met chemische reiniging bij verhoogde flow van 400 ltr.

Monstername:	# 40	voeding 25-7 9:30	KIWA
	# 41 t/m 43	permeaat 25-7 9:30	LBO
	# 44	mengmonster permeaat 10 liter 25-7 9:20	KIWA
	# 45	voeding 25-7 11:45	KIWA
	# 46 t/m 48	permeaat 25-7 11:45	LBO
	# 49	voeding 25-7 14:30	KIWA
	# 50 t/m 52	permeaat 25-7 14:30	LBO
MA ⇒	# 53	bloembollen influent na bezinking 13:35 MA	KIWA

28-7-'97 Maandag: 6x 10 liter jerrycans monstername.
 WK 2 Verzameling cc om de 2 uur met een wachttijd van 6 minuten
 monstername alleen nog zwevende stof # 54 11:48.
 Troebelheidsmetingen: ⇒ de 40 µm is lek.

Monstername: # 54 voeding 28-7 11:45.

29-7-'97 Dinsdag: drukverloop bij zuivering van zeer vuil.
 WK 2 Het 40 mm membraammodule uitgeschakeld.
 BF flow verandert ⇒ 2 x productiefow ⇒ 800 ltr. Grafiek
 Troebelheidsmeting.

Monstername:	# 55	voeding 29-7 11:45	KIWA
	# 56	voeding 29-7 13:20	KIWA
	# 57	voeding 29-7 14:45	KIWA
	# 58	permeaat 29-7 10 µm zwaar vuil	KIWA
	# 59	permeaat 29-7 100 µm zwaar vuil	KIWA

30-7-'97 Woensdag: 's middag spoelen met Muscari Armeniacum.
 WK 2 Dit heeft een schuimlaag op het water tot gevolg. Dit spoelwater wordt
 opgevangen twee dagen bewaard voor zuivering op vrijdag 1/8. Installatie
 nog geheel gereinigd.

Zuivering en regeling van de spoeltank/hydrocycloon is 's nachts mislukt.
 De installatie heeft lucht aangezogen door het monsternameapparaat
 welke het merendeel van het water uit de cycloon zuigt en dit stroomde via
 het apparaat weer weg.

Monstername:	# 60	voeding 30-7 zwaar vuil	KIWA
	# 61	voeding 30-7 12:35 zwaar vuil	KIWA
	# 61	hydrocycloon water na bezinking totaal van 2 dagen	KIWA

31-7-'97 Donderdag: geen productie, reiniging van de membranen.

WK 2

1-8-'97 Vrijdag: vandaag de zuivering van het Muscari spoelwater.
 WK 2 Binnen het uur was bij een flow van 400 ltr een TMP van 2 bar bereikt. Het
 100 micron voorfilter heeft geen invloed. Met een flow van 300 ltr is binnen
 20 minuten een TMP van 1,98 bar bereikt.

Monstername:	# 63	voor filter 100 mes 1-8	KIWA
	# 64	na filter 100 mes 1-8	KIWA
MFI ⇒	# 65	voeding na 100 mes voorfilter 2 dagen bezonken NFI	KIWA

Blauwe druifjes? Mogelijk de oorzaak van de schuimvorming.

4-8-'97 Maandag: de membranen zijn gezuiverd ook tijdens het weekeinde.
WK 3 De installatie vandaag dus verder gereinigd en uitgespoeld.

5-8-'97 Dinsdag: wederom gereinigd zowel de installatie als ook de
WK 3 membranen.
Bezinkproef aangesloten.

6-8-'97 Woensdag: behandeling kunstmatig vervuild water door 100 µm
voorfilter. Op het oog samenstelling water gelijk aan de
proef van vorige week.

Grafiek

Bezinkproef met FeCl₃

Monstername: # 66	voeding voor voorfilter 100 µ 6-8 15:35	KIWA
# 67	voeding na voorfilter 100 µ 6-8 15:35	KIWA
# 68	permeaat 100 mm 6-8 15:35	KIWA
# 69	permeaat 10 mm 6-8 15:35	KIWA

7-8-'97 Donderdag: (start 2^e bezinkproef)
WK 3 De installatie met dezelfde flow 300 ltr, gelopen

8-8-'97 Vrijdag: de membranen zijn gereinigd.
WK 3 Vandaag ook kunstmatig vervuild spoelwater aangemaakt.

Monstername: # 71	voeding na 100 µ filter niet aanwezig 7-8 14:05	?
# 72	voeding batch 1 kunstmatig spoelwater 8-8	KIWA
# 73	voeding batch 2 kunstmatig spoelwater 8-8	KIWA
# 74	voeding batch 3 kunstmatig spoelwater 8-8	KIWA
# 75 t/m 76	-	
# 78	voedingmonster kunstmatig spoelwater voor coagulatie	KIWA

12-8-'97 Dinsdag: membraaninstallatie uitspoelen met schoon water.
WK 4

Monstername: # 136	voeding na 100 µ filter 12-8 9:50	KIWA
# 137	voeding na 100 µ filter 12-8 16:05	KIWA

Grafiek

Zwaar vervuild spoelwater behandeld wat de vrijdag ervoor zie 8-8 is aangemaakt en hieraan is coagulatiemiddel in de vorm van FeCl₃ toegevoegd. Het hele weekend heeft dit voedingswater met alle onopgeloste stoffen de tijd gehad om te bezinken.

BIJLAGE 2 UITVOERIGE BESCHRIJVING ULTRAFILTRATIE

Membraanfiltratie (micro- en ultrafiltratie) is een aantrekkelijk innovatief alternatief voor conventionele technieken (coagulatie, sedimentatie en snelfiltratie) voor de behandeling van waterstromen waar vast, zwevend en colloïdaal materiaal verwijderd moet worden. Naar verwachting zal dit ook gelden voor de behandeling van het spoelwater van bloembollen. Met ultrafiltratie kan zwevend en colloïdaal materiaal in een processtap worden verwijderd. Een voordeel ten opzichte van conventionele technieken is de modulaire en compacte bouw van membraaninstallaties. Bovendien kan een betere waterkwaliteit worden gehaald. Eerder onderzoek met zandfiltratie voor de verwijdering van schimmelsporen *Fusarium* heeft geresulteerd in een verwijdering van ten hoogste 30%. Met membraanfiltratie kan in principe een veel hoger verwijderingsrendement worden gehaald. De effluentkwaliteit is ook minder gevoelig voor fluctuaties in het voedingswater. Onduidelijk bij een nieuwe is toepassing in hoeverre vervuiling van de membranen zal optreden en hoe de vervuiling zich zal ontwikkelen in de tijd (i.e. leveren de membranen voldoende productie, zijn de membranen goed te reinigen met chemicalien en is de levensduur voldoende lang).

Om te oriënterend beoordelen of de behandeling van bloembollenspoelwater met membraanfiltratie (ultrafiltratie) mogelijk is en of sporen van de schimmel *Fusarium* voldoende kunnen worden verwijderd, zijn gedurende 3 weken experimenten uitgevoerd met een proefinstallatie van Kiwa op verschillende soorten water. In de Kiwa testinstallatie zijn drie verschillende ultrafiltratiemembranen geplaatst met respectievelijk een poriegrootte van 10, 40 en 100nm. De verschillende behandelde watertypes zijn:

- Licht vervuild tulpenbollen spoelwater.
- Spoelwater van blauwe druifjes.
- Kunstmatig zwaar vervuild tulpenbollen spoelwater na voorfiltratie bij 100 micron.
- Kunstmatig zwaar vervuild en met FeCl_3 gecoaguleerd tulpenbollen spoelwater zonder voorfiltratie.

De experimenten zijn beoordeeld op de verwijdering van *Fusarium* en de verschillen in membraanprestaties bij de behandeling van de verschillende watertypes.

Materialen en methode

Met de Kiwa testinstallatie kunnen drie verschillende membranen tegelijkertijd onder gelijke bedrijfscondities op dezelfde kwaliteit voedingswater worden uitgetest. Van de (verschillende) membranen kan worden bepaald:

- de kwaliteit van het produkt,
- de vervuilingssnelheid,
- de mate van blijvende vervuiling.

Verder kan op basis van de membraanresultaten met deze installatie een indicatie worden verkregen over:

- de technische haalbaarheid van dit type membraanfiltratie voor dit voedingswater,
- de produktopbrengst,
- het drukverschil over het membraan en de flux van het membraan,
- een globale raming van de kosten voor deze filtratiestap.

De Kiwa testinstallatie is (HxBxD) 190 x 220 x 120 cm groot en heeft voor het wisselen van de membraanmodulen 150 cm open ruimte aan een zijkant van de installatie nodig. De permeaatbuffertank heeft een volume van 300 l en beslaat een ruimte van (HxBxD) 100 x 130 x 70 cm. De installatie heeft plaats voor maximaal drie membraanmodulen met een maximale lengte van 80 inch (circa 2m) en een maximale breedte van 4 inch (circa 11 cm).

Globale werking van de installatie

Het water afkomstig van de spoelmachine voor de bloembollen wordt richting het 3m³ voedingsbuffervat verpompt door middel van een pomp. Het water stroomt vervolgens vanuit het voedingsvat naar de voedingspomp P01 (zie bijlage 1 voor het processtroomschema). De strainers in de testinstallatie verwijderen het door de pomp meegevoerde grove vuil en hogere organismen. Voedingspomp P01 leidt het water onder druk naar de membranen. Met behulp van de afsluiters tussen de voedingspomp en de membranen wordt de permeaatstroom en het benodigde drukverschil ingesteld. Het voedingswater wordt via beide zijden langs het membraan geleid in een zogenaamde 'dead-end' filtratie. Door het drukverschil over de membranen wordt permeaat geproduceerd. Het permeaat wordt afgevoerd naar een permeaatbuffertank T01. Het permeaat wordt gebruikt om de membranen periodiek terug te spoelen, te desinfecteren of chemisch te reinigen. Het concentraat wat geproduceerd wordt tijdens een terugspoeling, desinfectie of chemische reiniging wordt via beide zijden van het membraan afgevoerd via de kleppen XCV02 en XCV07. De permeaatbuffertank wordt tevens gebruikt voor recirculatie met een reinigingsmiddel.

Tijdens de meting worden de permeaatstromen, de temperatuur van het voedingswater en de drukverschillen over de membranen handmatig gemeten.

De membranen

De gebruikte membranen zijn allen holle vezel of buisvormige ultrafiltratiemembranen en zijn afkomstig van twee verschillende fabrikanten. De gebruikte membranen waren bij Kiwa voorradig en zijn eerder gebruikt gevolgd door reiniging zodat de membranen voor opstart van deze proef schoon waren. De kenmerken van de membranen zoals door de fabrikant opgegeven staan in onderstaande tabel weergegeven.

Membraantype [nr.]	Fabrikant [-]	Oppervlak [m2]	Poriegrootte [nm]	Materiaal [-]
Membraan 1	Stork	1.6	100	PVDF*
Membraan 2	Pall	3.1	10	PAN*
Membraan 3	Stork	1.6	40	PVDF

* PAN = polyacrylonitrile, PVDF = polyvinylidenedifluoride

Membraanprestaties

Om te beoordelen hoe de membranen op een bepaald watertype reageren worden de membraanprestaties uitgewerkt naar:

- het drukverschil over het membraan (transmembraandruk of TMP),
- de bruto/netto flux (produktiecapaciteit) per membraan,
- de genormaliseerde flux en
- het spoelwaterverlies.

Het drukverschil over het membraan geeft aan hoeveel druk de voedingspomp moet kunnen leveren om productie te kunnen leveren. De bruto productiecapaciteit is de hoeveelheid voedingswater die aan de installatie wordt toegevoegd. De netto productie-capaciteit is de hoeveelheid water die netto door de membranen wordt geproduceerd. Dit is de bruto productiecapaciteit gecompenseerd voor stilstand- en terugspoelverliezen. De genormaliseerde flux is een maat voor de transportcoëfficiënt van het membraan. Hiermee kan een uitspraak worden gedaan hoe snel vervuiling van het membraan optreedt, of het membraan schoon is bij start van de experimenten en hoe vervuild het membraan is na afloop van een experiment.

Resultaten en conclusies

In de onderstaande tabel staat weergegeven welke experimenten met de Kiwa membraaninstallatie zijn uitgevoerd. Bij elke run is 4 tot 6 maal per uur een terugspoeling met het geproduceerde permeaat uitgevoerd. Hierbij wordt een hoger debiet (factor 2 tot 3) gehanteerd dan tijdens filtratie om de membranen voldoende schoon te krijgen. In de eerste run is geen chemische reiniging van de membranen uitgevoerd. In de tweede en daaropvolgende runs is elk uur met waterstofperoxide gespoeld en ingeweekt. De stilstandverliezen voor de terugspoeling zijn ca. 3 minuten per uur. De stilstandverliezen voor reinigen zijn ca. 6 minuten per uur. In die tijd wordt geen voedingswater aan de installatie toegevoerd. Het voedingsdebiet (de bruto capaciteit) wordt in de berekeningen gecorrigeerd voor de stilstandverliezen. De chemische reiniging is uitgevoerd met waterstofperoxide en Ultrasil-91 (een commercieel alkalisch reinigingsmiddel voor membranen) voor de organische vervuiling, zuur voor de anorganische vervuiling en chloorbleekloog voor de desinfectie van de membranen. Met een combiantie van spoelen met deze middelen is een volledige reiniging van de membranen uit te voeren. Na de tweede to en met laatste run is een chemische reiniging uitgevoerd. Na de eerste run is geen chemische reiniging uitgevoerd omdat de membranen niet waren vervuild. De activiteiten die achtereenvolgens zijn uitgevoerd zijn weergegeven in de samenvatting van het logboek in bijlage 2.

Gegevens van de verschillende uitgevoerde runs.

	Wat	Datum	Tij d Opmerkingen
Run 1	licht vervuild tulpenbollen spoelwater	24 juli	Wee k 1 geen membraan- reiniging.
Run 2	idem	25 juli	geen membraan- reiniging, 40 nm membraan lek.
Run 3	kunstmatig zwaar vervuild tulpenbollen spoelwater	29 en 30 juli	Wee k 2 snellere vervuiling.
Run 4	spoelwater van blauwe druifjes bloembollen	1 aug.	schuim, zeer snelle vervuiling.
Run 5	kunstmatig zwaar vervuild tulpenbollen spoelwater	6 en 7 aug.	Wee k 3 + 4 na voorfiltratie bij 100 micron.
Run 6	kunstmatig zwaar vervuild gecoaguleerd tulpenbollen spoelwater zonder voorfiltratie	12 aug.	na coagultie met FeCl ₃ .

Algemene aspecten bij de behandeling van bloembollenspoelwater met membraanfiltratie (ultrafiltratie) zijn hieronder gegeven:

- De productie van spoelwater van bloembollen door de spoelmachine is een batchgewijs proces.
- De kwaliteit van het bloembollen spoelwater vertoont grote fluctuaties afhankelijk van onder meer het type bloembol.
- De productie van het spoelwater sterk afhankelijk is van het type bloembol dat wordt gespoeld en ook afhankelijk is van de tijd van het jaar en de weers-omstandigheden.
- De verwijdering van sporen van de schimmel Fusarium is hoog (mits het membraan niet lek is). Besmetting van de permeaatzijde van het membraan door niet hygienisch werken is overigens wel een risico.
- De troebelheid van het effluent is zeer goed (<0.1 FTE). Dit is een zeer zuivere waterkwaliteit. De troebelheid van het effluent van de membranen is onderling niet erg verschillend. Een lekkage van het 40 nm membraan is opgetreden aan het einde van de eerste week. Sporen van Fusarium werden niet tegengehouden door dit membranen en de troebelheid was hoog (>2 FTE). Dit membraan is voor de verdere proefnemingen afgesloten.

De resultaten van de membraanprestaties voor TMP, de netto productie, de genormaliseerde flux en het spoelwaterverlies zijn weergegeven in bijlage 3.

Uit de resultaten van de membraanexperimenten bij de verschillende soorten spoelwater is het volgende gebleken:

- Bij de behandeling van spoelwater van tulpenbollen (licht vervuild spoelwater) treedt een beperkte membraanvervuiling op. Zonder een chemische reiniging (run 1) is een beperkte stijging van de TMP opgetreden van 0.35 tot 0.45 bij een constante flow van 300 l/h in een periode van 200 minuten. Na introductie van de chemische reiniging (elk uur met peroxide) bij run 2 is de stijging van de TMP eveneens beperkt (stijging van 0.5 tot 0.75 bar) bij een hogere flow van 400 l/h en een tijd van ca. 300 minuten. Op basis van deze resultaten wordt verwacht dat een looptijd van enkele dagen tot een week haalbaar is voor een chemische reiniging bij licht vervuild spoelwater.
- Bij de behandeling van kunstmatig zwaar vervuild spoelwater vervuilen de membranen aanzienlijk sneller dan bij het licht vervuilde tulpenbollenspoelwater (zie run 3). De TMP neemt toe van 0.75 bar tot ca. 1.4 bar bij een flow van 400 l/h in een periode van 400 minuten. De looptijd van de membranen voor een chemische reiniging lijkt terug te gaan van enkele dagen naar ca. 1 dag. Dit is de reden dat naar mogelijkheden gekeken is om een gedeelte van de zware vuillast op de membranen weg te nemen door een voorbehandeling. Opties voor deze voorbehandeling zijn een voorfiltratie en coagulatie/bezinking.
- Bepaalde typen bloembollen (zoals blauwe druifjes in run 4) kunnen een snelle membraanvervuiling tot gevolg hebben. Van deze run zijn geen grafieken gemaakt. Deze run is met een voorfilter van de firma Akerboom uitgevoerd. De troebelheid voor en na het voorfilter (100 micron) is niet veranderd.
- Bij de behandeling van kunstmatig zwaar vervuild spoelwater na voorfiltratie (run 5) worden geen betere membraanprestaties vertoond dan zonder voorfiltratie (run 3). Dit onderschrijft de metingen van de troebelheid van het voorfilter dat door het voorfilter geen vuillast voor de membranen wordt weggenomen. Een voorfiltratie van ca. 100 micron lijkt weinig effect te hebben.
- Bij de behandeling van kunstmatig zwaar vervuild gecoaguleerd spoelwater zonder voorfiltratie (run 6) worden betere membraanprestaties vertoond dan zonder coagulatie (run 3men 5). Dit is te zien in de grafieken van de genormaliseerde flux die minder snel daalt bij de behandeling van gecoaguleerd water. Coagulatie en bezinking als voor behandeling om de een gedeelte van de vuillast voor de membranen weg te nemen lijkt effectief te zijn.

- De netto flux kan worden gebruikt om de benodigde membraanoppervlakte te bepalen. In deze experimenten is afhankelijk van de poriegrootte van het membraan een minimale netto flux gehaald van 15 tot 20 lm-1h-1 (10 nm en 40 nm membraan) en een maximale netto flux van 60 lm-2h-1 (100 nm membraan). Bij deze experimenten geldt dat een membraan met een grotere poriegrootte een hogere flux heeft. Omdat de effluentkwaliteiten van de membranen onderling weinig verschil vertonen lijkt het toepassen van een membraan met een grotere poriegrootte aantrekkelijk. Dit kan alleen gesteld worden als de vervuiling van het membraan met de grotere poriegrootte niet hoger is geweest dan bij het membraan met de kleinere poriegrootte. In deze experimenten is dat het geval geweest. Een bruto flux van maximaal 60 lm-2h-1 geldt dan als een maximale bruto ontwerpflux. Omdat de bruto flux relatief laag is, heeft een terugspoeling een groot effect op de produktie aan het schone water. Het spoelwaterverlies bij deze membraalexperimenten is ca. 50% geweest. Optimalisaties zijn nog niet doorgevoerd. Naar verwachting kan hiermee een beperkte verhoging van het spoelwaterverlies worden gehaald.

BIJLAGE 3

Experiment 1. Verwijdering van sporen van Fusarium-isolaat LBO-Fot11 dd 18-7-97

Aantal kolonies van LBO-Fot11 per Petrischaal

monster		1 mL onverdund		50 µl onverdund		50 µl 1:10 verd	
voeding	T1	-	-	nt	nt	41	40
voeding	T2	-	-	nt	nt	82	65
voeding	T3	-	-	nt	nt	72	70
100 nm	T1	-	-	-	-	-	-
100 nm	T2	-	-	0	0	-	-
100 nm	T3	-	-	0	0	-	-
40 nm	T1	-	-	0	0	-	-
40 nm	T2	-	-	0	0	-	-
40 nm	T3	-	-	0	0	-	-
10 nm	T1	-	-	0	0	-	-
10 nm	T2	-	-	0	0	-	-
10 nm	T3	-	-	0	0	-	-

- = niet uitgevoerd . nt = niet telbaar (te veel)

Experiment 2. Verwijdering van sporen van Fusarium-isolaat LBO-Fot11 dd 25-7-97

Aantal kolonies van LBO-Fot11 per Petrischaal

monster		1 mL onverdund		50 µl onverdund		50 µl 1:10 verd	
voeding	T1	-	-	-	-	61	65
voeding	T2	-	-	-	-	65	52
voeding	T3	-	-	-	-	62	71
100 nm	T1	0	0	0	0	-	-
100 nm	T2	0	0	0	0	-	-
100 nm	T3	0	0	0	0	-	-
40 nm	T1	nt	nt	149	125	-	-
40 nm	T2	nt	nt	198	191	-	-
40 nm	T3	nt	nt	130	159	-	-
10 nm	T1	0	0	0	0	-	-
10 nm	T2	0	0	0	0	-	-
10 nm	T3	0	0	0	0	-	-

- = niet uitgevoerd. nt = niet telbaar (te veel)

Experiment 3. Microbiële verontreiniging van spoelwater en permeaten gedurende week
30. Aantal kolonies geteld op PDA-schalen (50 µl uitgeplaat).

nr.	datum	tijd	type water	verd	F.o. tulp		andere Fusaria		andere schimmels		gisten	
1	22-7	13.30	voeding	onv	4	5						
1			voeding	1:10	0	0	0	0	22	16	50	32
2			100nm	onv	0	0	0	0	1	0	0	0
4			40nm	onv	0	0	0	0	0	0	0	0
3			10nm	onv	0	0	0	0	0	0	0	0
5		15.15	voeding	onv	9	6						
5			voeding	1:10	1	1	0	0	29	24	38	35
6			100nm	onv	0	0	0	0	0	0	0	0
8			40nm	onv	1	0	0	0	11	14	3	3
7			10nm	onv	0	0	0	0	0	0	0	0
9		16.15	voeding	onv	4	6						
9			voeding	1:10	0	0	0	0	34	31	24	38
10			100nm	onv	0	0	1	1	1	0	0	0
12			40nm	onv	1	0	0	0	22	14	5	11
11			10nm	onv	0	0	0	0	4	1	0	0
16	23-7	9.15	voeding	onv	3	4						
16			voeding	1:10	0	0	0	0	25	20	26	28
17			100nm	onv	0	0	11	6	4	2	0	0
19			40nm	onv	0	0	0	0	20	9	0	0
18			10nm	onv	0	0	0	0	8	11	0	0
20		12.45	voeding	onv	8	5						
20			voeding	1:10	0	1	0	1	19	15	17	15
22			100nm	onv	0	0	2	4	1	1	0	0
23			40nm	onv	0	0	0	0	14	14	2	2
21			10nm	onv	0	0	0	0	1	0	0	0
24		15.30	voeding	onv	10	16						
24			voeding	1:10	2	2	0	0	26	19	11	11
25			100nm	onv	0	0	1	0	0	0	0	0
27			40nm	onv	0	0	0	0	25	14	5	2
26			10nm	onv	0	0	0	0	2	0	0	0
28	24-7	9.30	voeding	onv	15	7						
28			voeding	1:10	1	0	2	0	20	17	12	12
29			100nm	onv	0	0	2	4	1	4	0	0
31			40nm	onv	1	0	0	0	61	109	1	6
30			10nm	onv	0	0	0	0	10	3	0	0
32		13.00	voeding	onv	5	4						
32			voeding	1:10	1	1	0	0	23	17	12	16
33			100nm	onv	0	0	1	0	2	3	0	0
35			40nm	onv	1	0	0	0	34	27	20	16
34			10nm	onv	0	0	0	0	1	4	0	0
36		15.30	voeding	onv	5	7						
36			voeding	1:10	1	1	0	0	29	39	8	9
37			100nm	onv	0	0	3	1	2	0	0	0
39			40nm	onv	0	1	0	0	33	15	6	4
38			10nm	onv	0	0	0	0	9	7	0	0
40	25-7	9.30	voeding	onv	3	4						
40			voeding	1:10	0	0	0	0	29	25	17	14
41			100nm	onv	0	0	3	3	2	4	0	0
43			40nm	onv	2	0	0	0	47	56	29	14
42			10nm	onv	0	0	0	0	9	7	0	0
45		11.45	voeding	onv	2	3						
45			voeding	1:10	2	0	0	0	33	40	26	23
46			100nm	onv	0	0	0	0	1	0	0	0
48			40nm	onv	0	0	0	0	53	77	33	46
47			10nm	onv	0	0	0	0	0	3	0	0
48*		14.30	voeding	onv	7	2						
48*			voeding	1:10	0	0	0	0	39	44	26	27
49			100nm	onv	0	0	2	2	1	0	0	0
51			40nm	onv	1	0	0	0	41	35	35	30
50			10nm	onv	0	0	0	0	2	3	0	0

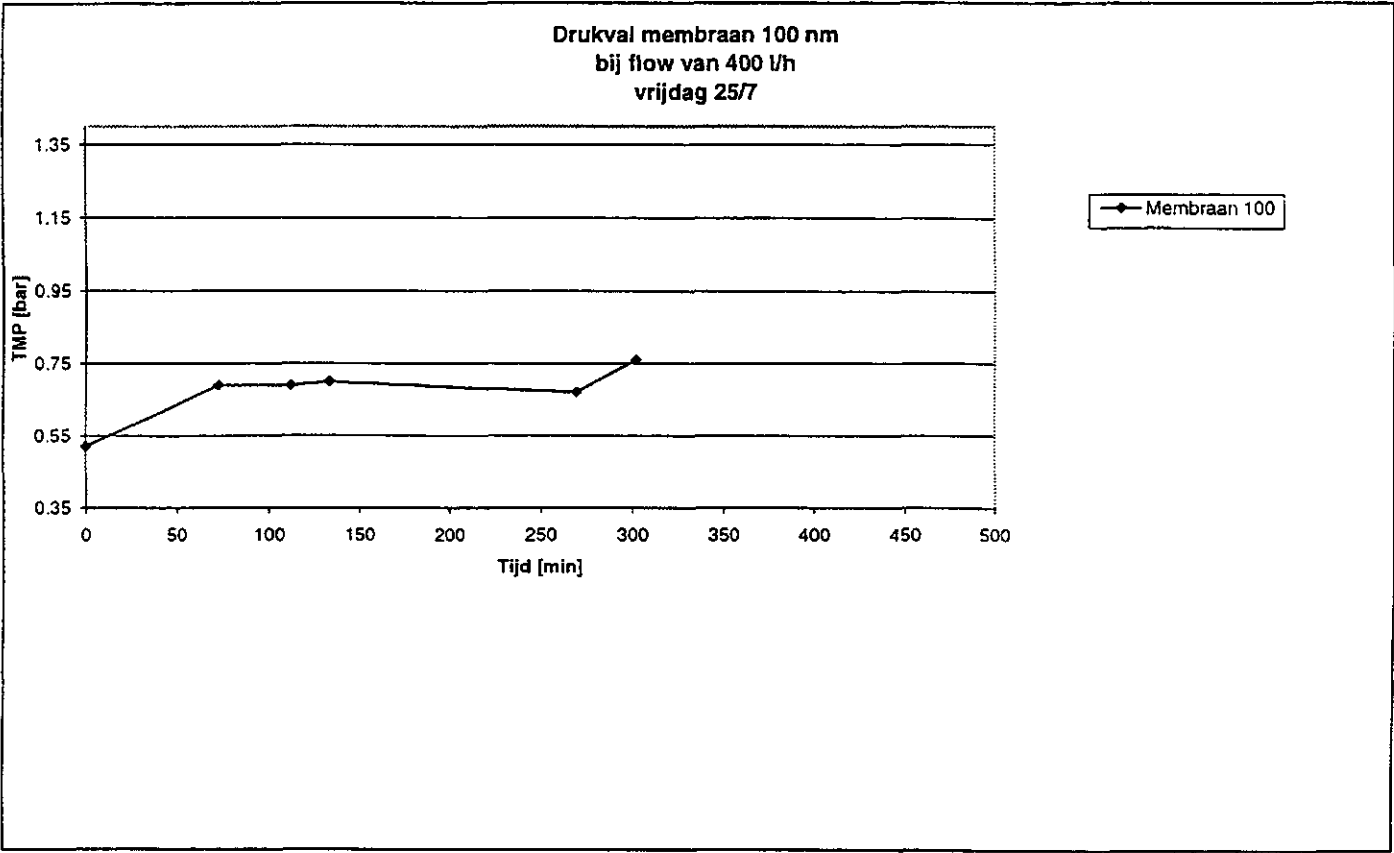
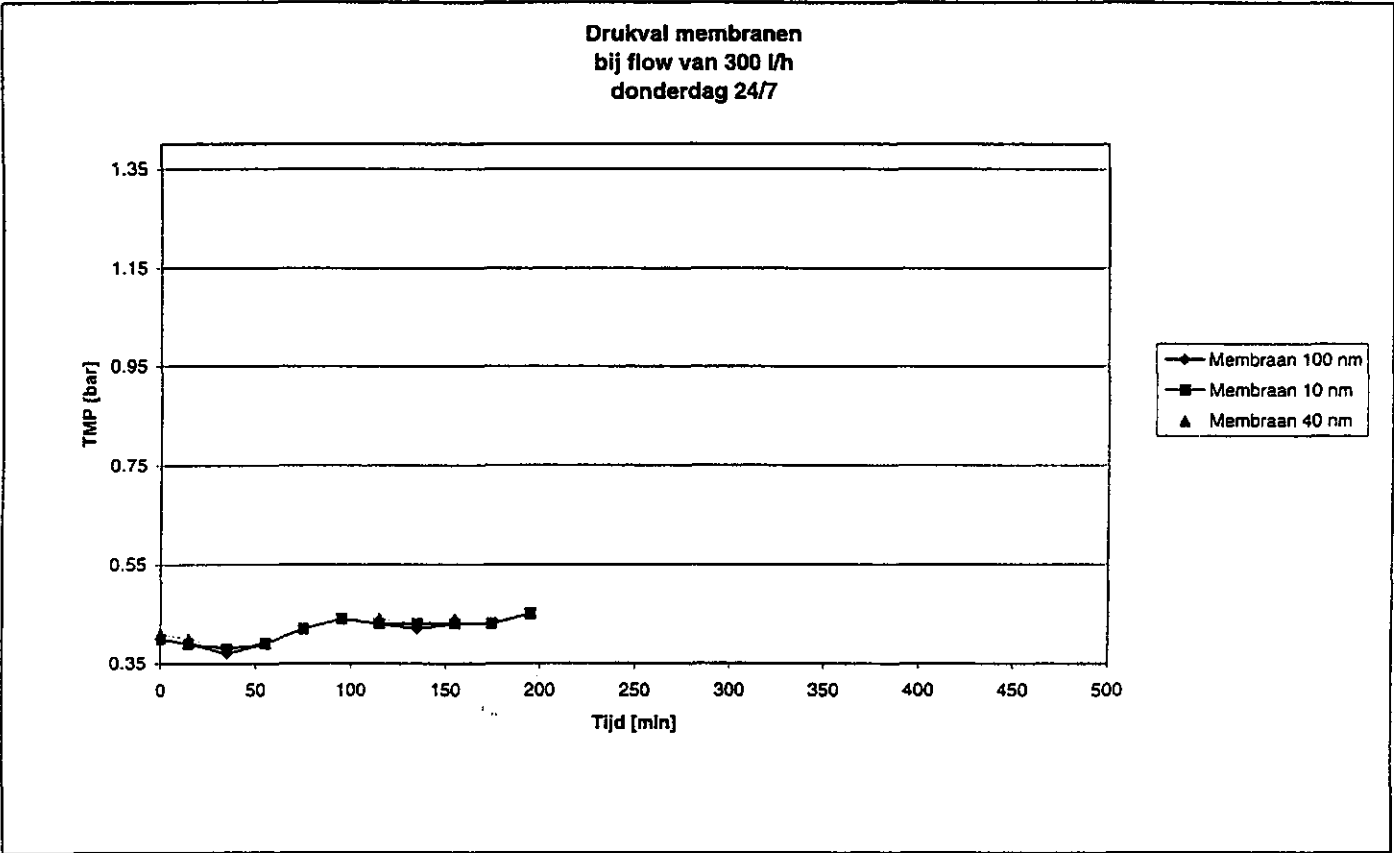
Er waren twee monsters (25/7, 11.45, 40nm en 25/7, 14.30, voeding) met nr. 48. Dit laatstemonster, in de tabel gemerkt met *, is ook naar KIWA gegaan.

BIJLAGE 4

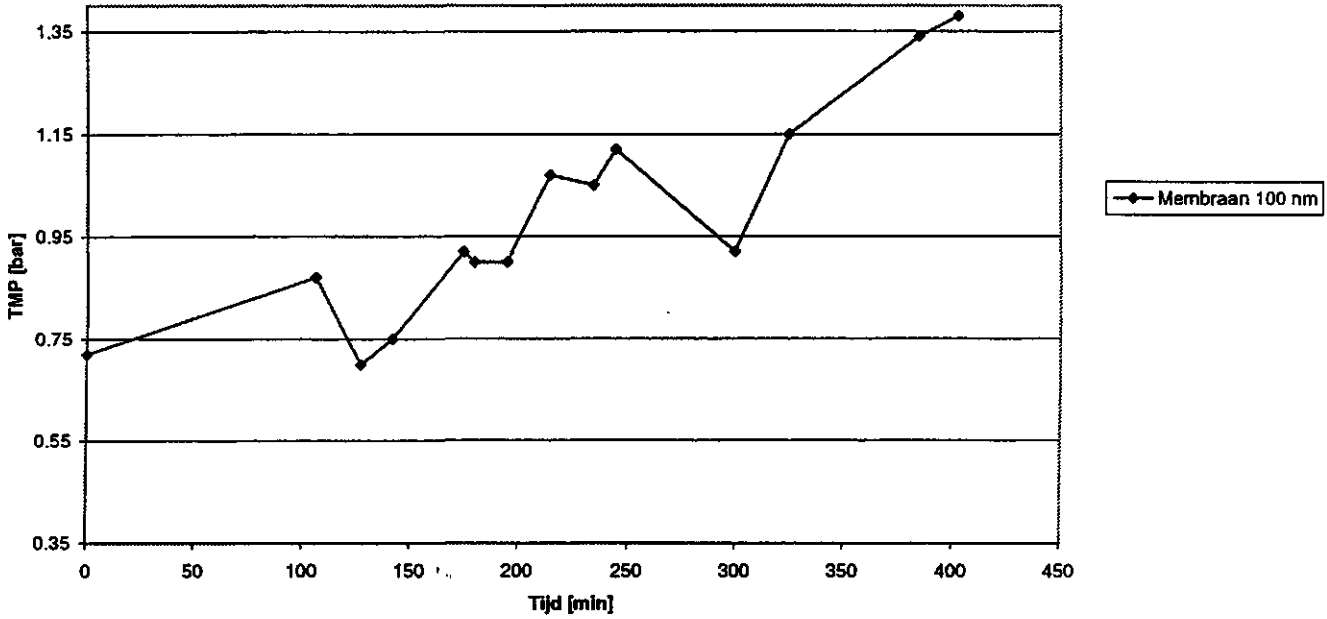
Monsterlijst				Troebelheid	Zwevende
Monster nr.	Datum	Tijd	Omschrijving	FNU's	stoffen [mg/l]
1	22 juli	13:30	Voeding	19.7	16.9
5	22 juli	15:15	Voeding	25.7	23.7
9	22 juli	16:15	Voeding	24.7	20.1
13	22 juli	14:45	Permeaat 100 nm	3.37	3.42
14	22 juli	14:45	Permeaat 10 nm	3.64	6.51
15	22 juli	14:45	Permeaat 40 nm	3.06	7.05
16	23 juli	9:15	Voeding	23	19.3
20	23 juli	12:45	Voeding	20.27	13.6
24	23 juli	15:30	Voeding	23.23	17.7
28	24 juli	9:30	Voeding	17.69	10.1
32	24 juli	13:00	Voeding	19.82	14.8
36	24 juli	15:30	Voeding	25.33	25.5
40	25 juli	9:30	Voeding	36.1	38.3
44	25 juli	-	Mengmonster permeaat	2.71	13.3
45	25 juli	11:45	Voeding	34.17	35.4
48	25 juli	14:30	Voeding	27.63	31.8
54	28 juli	11:45	Voeding	11.01	9.13
55	29 juli	11:45	Voeding vuil	163.6	150
56	29 juli	13:20	Voeding vuil	89.27	42.6
57	29 juli	14:45	Voeding vuil		42.2
58	29 juli	13:30	Permeaat zwaar vuil		
59	29 juli	13:30	Permeaat 100 nm zwaar vuil	0.189	7.16
60	30 juli	8:50	Voeding	170.1	209
61	30 juli	12:35	Voeding zwaar vuil	49.77	43.9
62	30 juli	-	hydrocycloon na bezinking (totaal van 2 dagen)		
63	2 augustus	-	Voor filter 100 mes	7.017	4.68
64	2 augustus	-	Na filter 100 mes	8.26	7.55
65	2 augustus	-	Voeding na 100 mes voorfilter 2 dagen bezonken		
66	6 augustus	15:35	Voeding voor 100 µ filter	112.7	130
67	6 augustus	15:35	Voeding na 100 µ filter	104.2	146
68	6 augustus	15:35			
69	6 augustus	15:35			
70	6 augustus	12:50	Voeding na 100 µ filter	134.5	164
72	8 augustus	-		164.9	498
73	8 augustus	-		222.4	889
74	8 augustus	-		180.1	816
133	25 juli				
134	25 juli				
135	25 juli				

Run	Membraan	Bruto flow gezaamelijk [l/h]	Netto flow [m3/u]	Netto Flux [l/m2.u]	Netto flux /bar [l/m2.u.bar]	Netto flow/Bruto flow [%]
Run 1	100 nm	300	0.056	29.718	72.484	56.755
	10 nm		0.077	21.101	51.466	
	40 nm		0.029	15.270	36.356	
Run 2	100 nm	400	0.077	41.345	56.010	62.273
	10 nm		0.094	25.820	35.046	
	40 nm		0.041	21.912	29.503	
Run 3	100 nm	400	0.111	58.735	49.249	76.937
	10 nm		0.150	40.815	34.340	
	40 nm		-	-	-	
Run 4	100 nm	400	0.089	55.452	52.462	69.253
	10 nm		0.088	28.346	26.817	
	40 nm		-	-	-	
Run 5	100 nm	300	0.094	58.651	75.484	68.795
	10 nm		0.082	26.318	33.741	
	40 nm		-	-	-	
Run 1 = donderdag 24/7						
Run 2 = vrijdag 25/7						
Run 3 = dinsdag 29 en woensdag 30/7						
Run 4 = woensdag 6 en donderdag 7/8						
Run 5 = dinsdag 12/8						

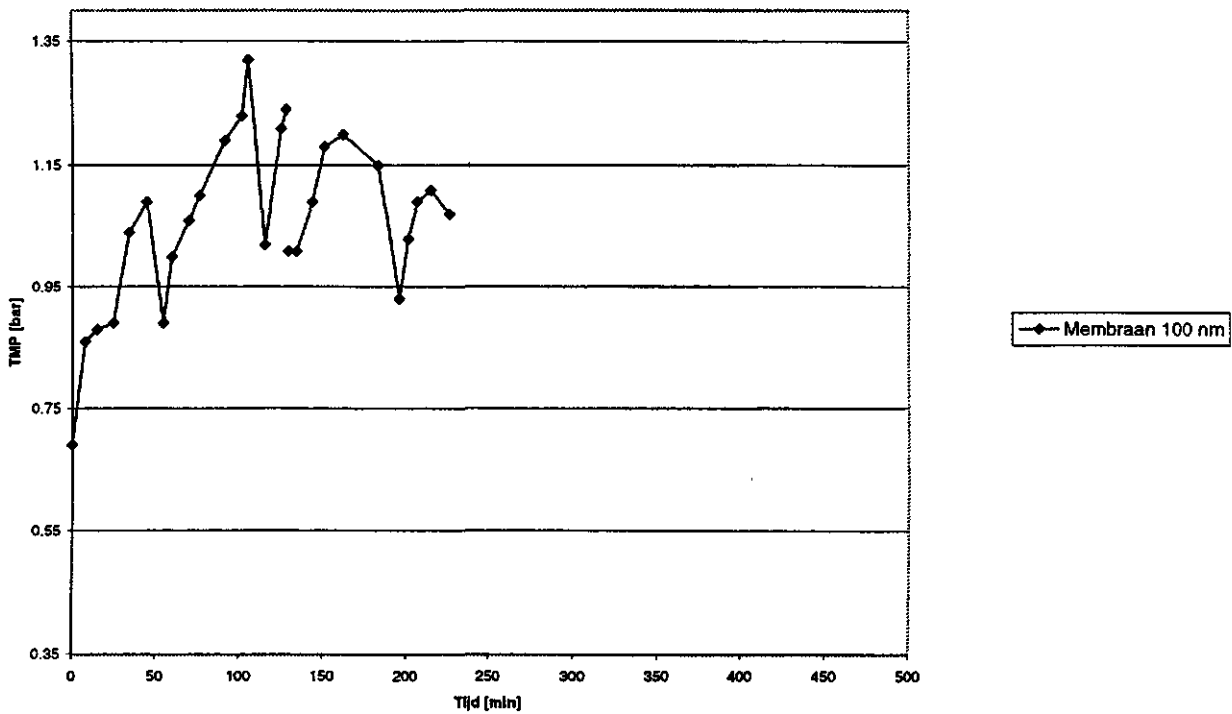
Bijlage 6



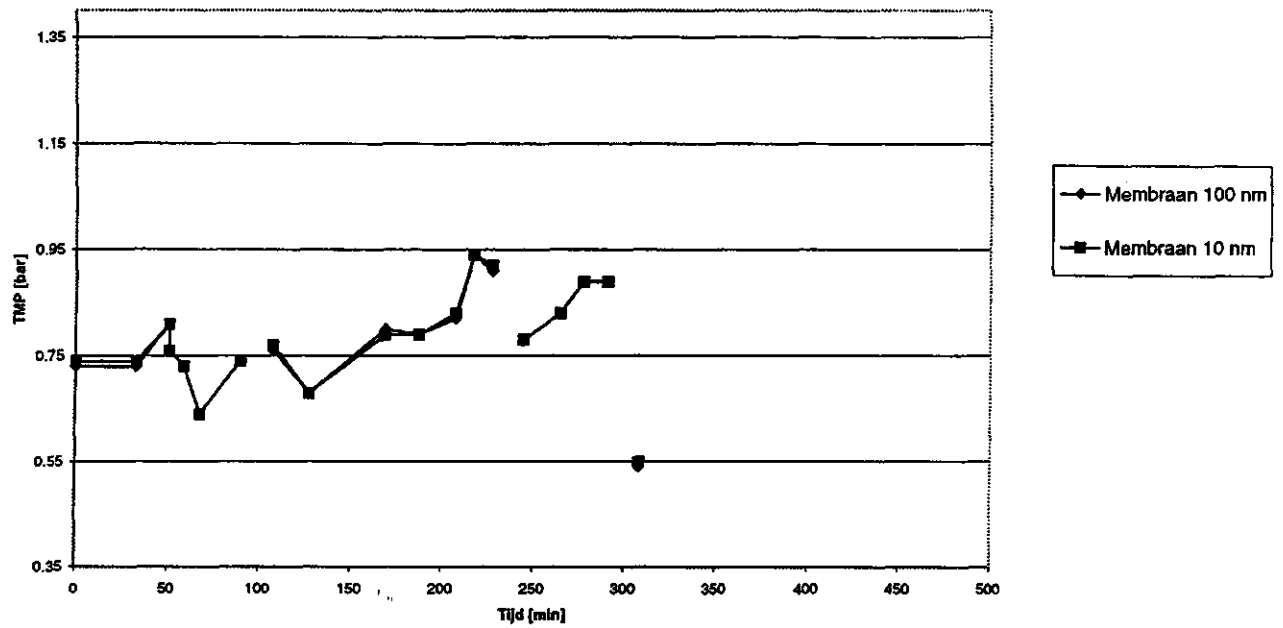
Drukval membraan 100
bij flow van 400 l/h
dinsdag 29 en woensdag 30/7



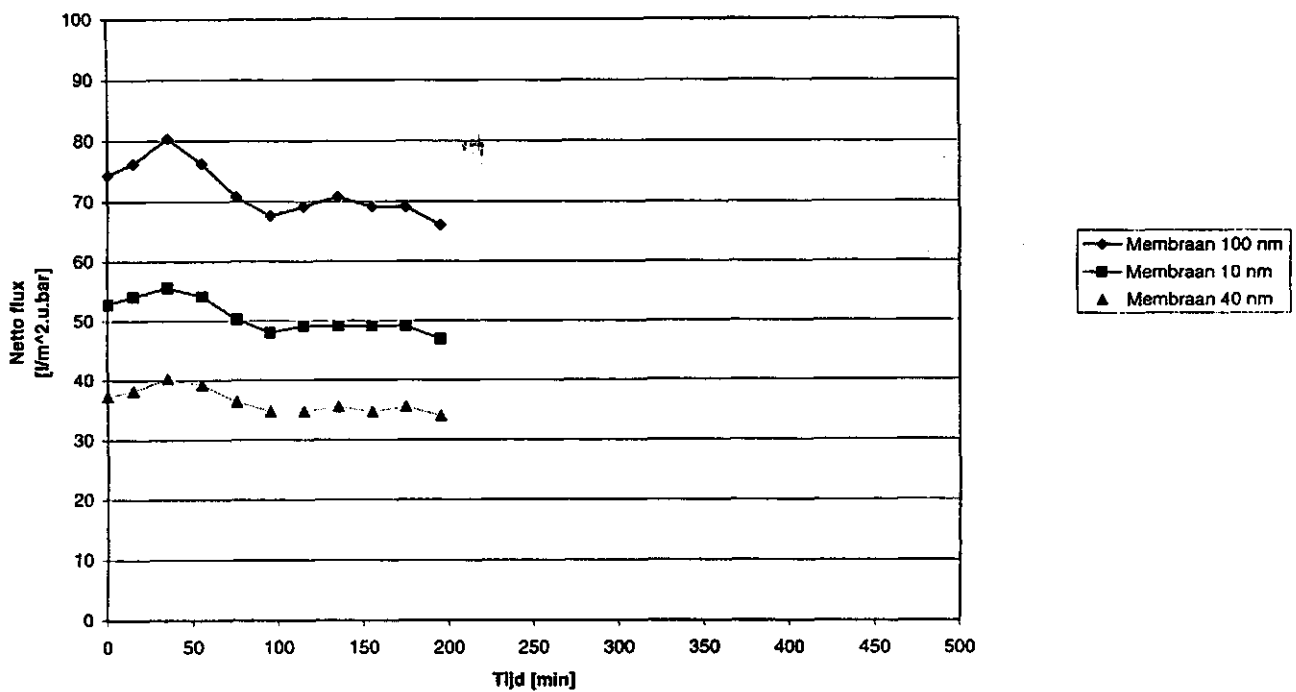
Drukval membraan 100 nm
bij flow van 300 l/h
woensdag 6/8 en donderdag 7/8



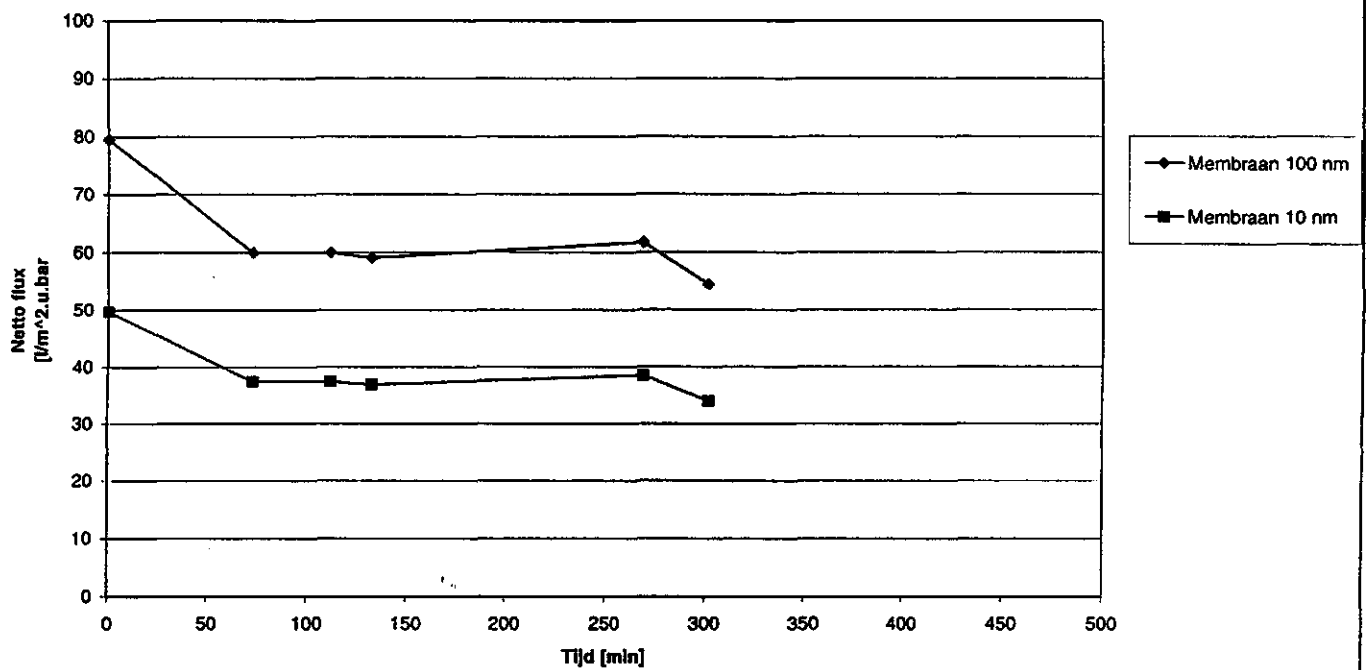
Drukval membranen
bij flow van 300 l/h
dinsdag 12 augustus



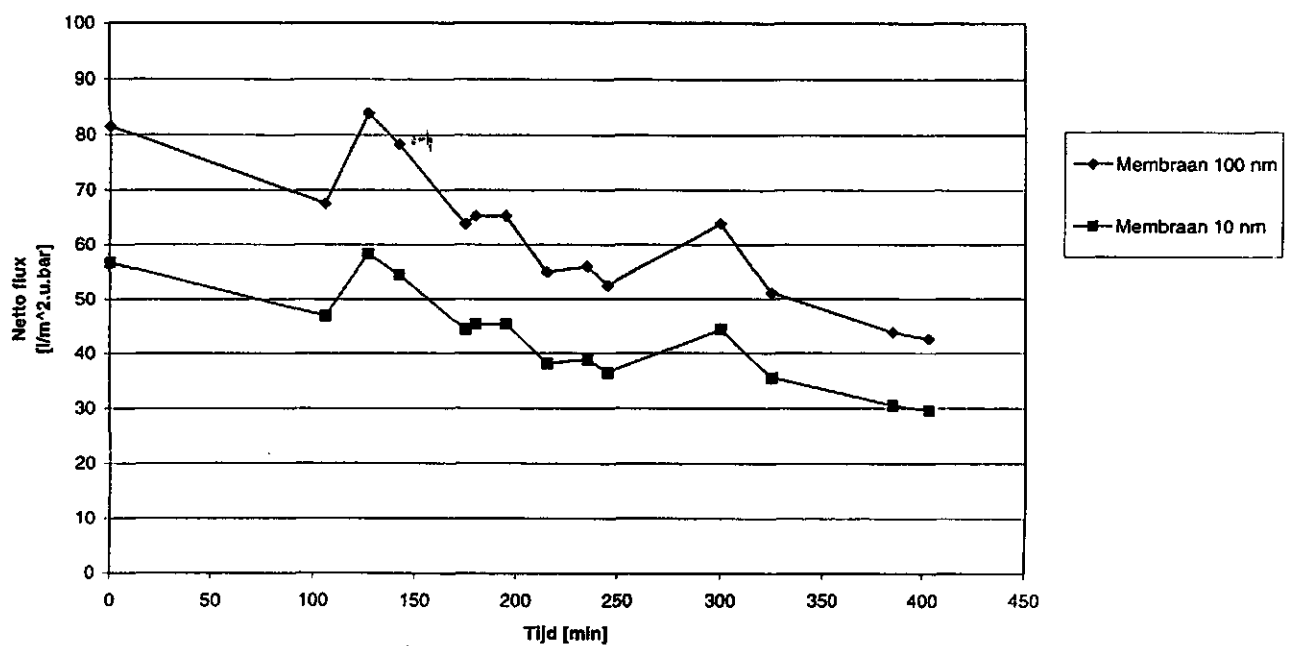
Genormaliseerde netto flux
bij flow van 300 l/h
donderdag 24/7



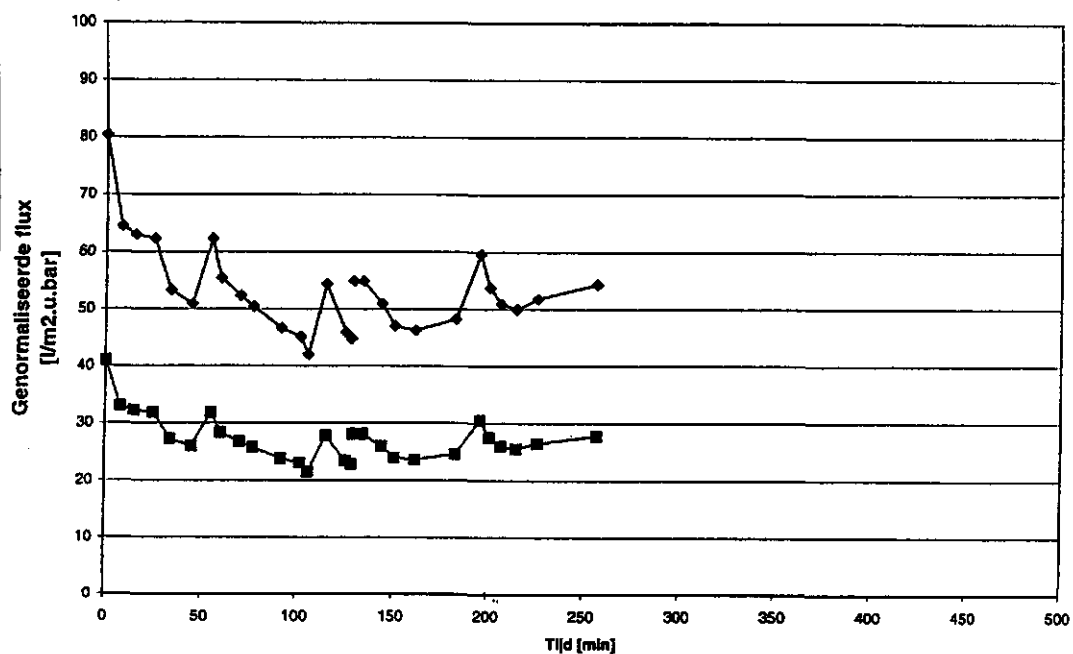
Genormaliseerde netto flux
bij flow van 400 l/h
vrijdag 25/7



Genormaliseerde netto flux
bij flow van 400 l/h
dinsdag 29 en woensdag 30/7



Genormaliseerde flux
bij flow van 300 l/h
woensdag 6/8 en donderdag 7/8



Genormaliseerde flux
bij flow van 300 l/h
dinsdag 12 augustus

