

Syfte

Projektets övergripande mål är att minska utsläpp av näringsberikat vatten från trädgårdsföretag för att förhindra övergödning av grundvattnet, sjöar, vattendrag och kustnära områden samt att öka odlings säkerheten i slutna odlings system. Avsikten var att åstadkomma det genom ett företagsförlagt demonstrationsförsök som presenterar olika alternativ för rening av näringslösning i praktiken. I detalj var studiens avsikt att följa upp demo-odlingar under en hel säsong med slutna system. Ett viktigt mål var att visa för trädgårdsnäringen att växtproduktion i slutna odlings system inte medför några risker för kulturen.

Bakgrund

Vatten är en livsviktig förutsättning. Skydd av yt- och grundvatten samt vattendrag är välförankrat i svensk lagstiftning. För trädgårdsnäringens del är det främst läckage av näringsberikat vatten från frilands- och växthusodlingar (*öppna odlings system*) som äventyrar vattenbeståndet genom övergödning (*eutrofering*). Det kan röra sig om betydande mängder växtnäring som går till spillo. Per ha tomatodling och år förloras mellan 600 och 850 kg rent kväve samt 60 och 80 kg ren fosfor (Hansson 2003). Uttryckt som ett N-gödselmedel med en N-halt på 10% motsvarar detta 6-8.5 t N-gödselmedel.

Konsulent- och forskarkåren världen över rekommenderar användning av slutna odlings system där bevattningsvatten – med eller utan näringsberikning – samlas upp och återanvänds. Vid sidan om miljöskyddet medför denna teknologi också ekonomiska fördelar genom besparing av vatten- och gödselkostnader. Vad gäller näringsberikat bevattningsvatten justeras näringslösningens pH och jonkoncentration i proportion till plantornas upptag innan den återförs till kulturen (Alsanius & Brand 2000). Detaljlösningar kan se olika ut. Forskning och informationsinsatser har bedrivits under flera år för att utröna problematiken rörande slutna odlings system, men hittills utnyttjar ett fåtal grönsaksodlingar i växthus i Sverige denna teknologi. För frilandsproduktionen ser siffran dystare ut. Redan i dagens läge finns ett förbud för näringsutsläpp. Hittills har dock inte kontrollen att lagen efterlevs varit en prioriterad fråga. Av odlarkåren brukar föras fram två faktorer som huvudsakliga hämskon för slutna odlings system. I jämförelse med öppna odlings system finns det en större risk för smittspridning. Utöver detta befaras anrikning av organiska ämnen. Risken för smittspridning och anrikning av organiska ämnen i slutna odlings system kan vara större i slutna odlings system än i öppna (Wohanka 1998; Waechter-Kristensen et al. 1999). Men om sjukdomar sprids eller organiska ämnen anrikas beror på ett flertal faktorer. Främst är kulturens mottaglighet för vissa sjukdomsalstrande organismer avgörande. Huruvida systemet är substratlöst eller substratbaserat, samt spridningssätt av näringslösningen är av väsentlig betydelse för sjukdomsspridning i slutna odlings system. Substratets natur (organiskt eller inert), systemdesign samt kulturen (växtslag, kulturens ålder, eventuella sjukdomsangrepp) och odlingsbetingelserna inverkar på förekomsten av organiska ämnen (Alsanius & Brand 2000). I detta sammanhang är det viktigt att poängtera att kommersiell odling i slutna system inte tvunget kräver installering av någon reningsåtgärd (Gertsson et al. 1994). Flera rapporter tyder till och med på att det byggs upp unika miljöer i slutna odlings system utan reningsåtgärd som motverkar vissa sjukdomar (McPherson et al. 1995, Tu et al. 1999, Postma et al. 2000). Hittills är man dock fortfarande mycket osäker på hur dessa sjukdomshämmande tillstånd kan styras.

Organiska ämnen i näringslösningen kan i vissa fall vara skadliga för kulturen, nämligen om enskilda ämnen anrikas i för höga koncentrationer (Jung et al. 2004). En skadlig nivå har dock inte kunnat visas i empirisk eller experimentella prover (Jung et al. 2002, Alsanius 2002). Organiska ämnen överlag är dock positiva för uppbyggnaden av en aktiv mikroflora i odlings systemet och därmed av en sjukdomsmotverkande potential (Alsanius & Jung 2002; Brand et al. 2002, Brand & Alsanius 2003, 2004 a, b, c).

Teknologi för rening av näringslösning i slutna odlings system är framtagen. Den ger en större odlings säkerhet. Det finns ett flertal olika alternativ. Valet av alternativ är förmodligen främst beroende på vilken eller vilka sjukdomsalstrare som är det allvarligaste hotet för en given kultur samt av

ekonomiska överväganden. Reningsalternativen kan bero på fysikaliska, kemiska eller biologiska principer. Med hänsyn till deras effekt på mikrofloran generellt (inkl. patogener) delas de in i aktiva och passiva åtgärder. Aktiva åtgärder dödar målorganismen, passiva borttar målorganismen. Exempel på aktiva åtgärder är UV-bestrålning, behandling med ozon, värme, väteperoxid, tensider eller halogener. Bland passiva åtgärder kan nämnas filtrering, såsom långsam-, ultra- och sedimentationsfiltrering. Åtgärderna har i detalj presenterats av Alsanius & Brand (2000) i en sammanställning baserat på nationell och internationell forskning inom området.

En bredare introduktion av slutna odlingssystem till gagn av företagets ekonomi och miljö kräver reduktion av hämtröskeln. I det här skedet förefaller det nödvändigt att svenska odlare kan göra sig en uppfattning om i Sverige gångbara alternativ och kan ta beslut för sitt företag.

Demonstrationsförsöket lades ut på tre skånska tomatodlingar där olika reningsåtgärder installerades. De testade utrustningarna omfattade metoder som nyligen introducerats på den svenska marknaden och som är nya inom trädgårdsbranschen. Långsamfiltrering tjänade i detta sammanhang som en referensmetod: (1) oxidationsbehandling med AOT (Wallenius Water), tidigare BenRad, (2) filtrering i flerskiktsbädd med Biobox (Raatec), (3) långsamfiltrering.

De tre alternativen beskrivs närmare under avsnittet nedan. Förändringen i näringslösningen innan och efter att den passerat behandlingsenheten studerades med olika fysikaliska, kemiska och biologiska (mikrobiologiska, växtpatologiska) faktorer. Enligt överenskommelse med försöksvärdarna och referensgruppen togs majoriteten av proverna innan början av juli 2006. De sista prover togs den 12 september. Det är viktigt att understryka att studien inte hade som avsikt att testa behandlingsmetodernas reningsgrad (efficiens). Sådana slutsatser kan inte dras från föreliggande undersökning utan behöver ett separat test.

Medverkande i projektet

Följande personer (i alfabetisk ordning) har varit inblandade projektets två delar:

Beatrix Alsanius, Karl-Johan Bergstrand, Micael Wendell

Referensgruppen (i alfabetisk ordning) bestod av

Torbjörn Hansson, LRF Konsult Trädgård; Thomas Isberg, Sånnagården; Mats Johansson Kron, Bara Mineraler; Boris Larsson, Brännans Tomater; Olle Magnusson, CMT; Thomas Merlöv, Raatec; Barbro Nedstam, SJV; Johnny Nilsson, Ingelstorp Trädgård; Håkan Sandin, SJV; Ronny Svensson, Lillhems handelsträdgård; Markus Söderlind, Länsstyrelsen i Skånelän

Outcome

Resultat från studierna har presenterats i olika forum och sammanhang. Referensgruppen sammanträdde två gånger, i början av januari 2006 för att diskutera SLF:s villkorslista inför projektet och nödvändiga nedskärningar i projektet i relation till den nya finansiella ramen för projektet, samt i juni 2006 för att diskutera resultaten av de de första fyra serierna av provtagningar.

Resultat från studien presenterades resp. kommer att presenteras

- nationell nivå i samband med

Tyringe, den 29 november 2006

Hässleholm, den 7 mars 2007

- internationell nivå i samband med

ISHS-konferens "Growing Media & Hydroponics, Nottingham, UK, 2-8 september 2007" (posterpresentation).

Följande material från projektet har lämnats i skriftlig form på

- nationell nivå

Alsanius B.W., Bergstrand K.-J. & Furtner B. 2006. Långsamfiltrets klassresa – från svart låda till svarta lådan. Del 1 Hortica 22(4): 14-15.

Alsanius B.W., Bergstrand K.-J. & Furtner B. 2006. Långsamfiltrrets klassresa – från svart låda till svarta lådan. Del 2 Hortica 22(5): 20-21.

Alsanius B.W. & Bergstrand K.-J. 2006. Gör det. Tomatbladet/Gurkbladet juni 2006. 4 sidor.

Alsanius B.W., Bergstrand K.-J., Hansson T. & Sandin H. 2006. Ett steg närmare mars. Viola 24: 44-45.

Alsanius B. W. & Bergstrand K.-J. 2007. Make the difference. Om att sluta sluta systemet. Resultat från ett demonstrationsförsök i tre skånska tomatodlingar. Alnarp. ISBN: 978-91-576-7210-0. 40 sidor.

Den sistnämnda skriften har ännu inte tryckts i och med att vi för tillfälle väntar på medel som kan täcka tryckkostnaderna. En ansökan har skickats till Partnerskap Alanrp. En preliminär version bifogas till redovisningen. Det är mening som skriften ska distribueras till samtliga odlare av växthusgrönsaker i Sverige.

- internationell nivå

Bergstrand K.-J., Khalil S., Hultberg M. & Alsanius B.W. 2007. Abstract ISHS-konferens Nottingham.

I samband med konferensen kommer det även att lämnas in material för publikation i Acta Horticulturae.

Reningsalternativ i föreliggande projekt

Oxidationsreningen AOT, som marknadsförs av CMT AB, Landskrona, bygger på ett svenskt patent. Den grundar sig på en katalytisk oxidationsprocess med UV-ljus som drivkälla i reaktionen. Under processen bildas hydroxylradikaler, som oskadliggör organismer i näringslösningen genom att bryta ned cellmembran och DNA. Metodens främsta fördelar är

- det ringa platsbehovet
- den höga hydrauliska kapaciteten (400 l m⁻¹) och
- den låga energiförbrukningen (160 W kontinuerligt).

Enligt odlaren inskränkte sig underhållsbehovet till rengöring av UV-rören en gång per vecka, ungefärlig tidsåtgång 2 minuter, principen var ursprungligen utvecklad för dricksvattenrening. Under den tidigare studien benämndes denna utrustning som BenRad. Under 2006 skedde skifte i ägarstrukturen och produkten produceras numera av Wallenius Water under namnet AOT (advanced oxidation technologies).

Reningssystemet ”**Biobox**”, marknadsförd av RaaTec AB, Råå, bygger på filtrering i flerskiktssäckar - ett modulsystem med filterenheter i plast fyllda med filtermaterialet: olika fraktioner och blandningar av zeolit och pimpsten. Varje filterenhet (”box”) har en yta om 1 m² och en höjd på filterbädden av cirka 0.4 m. Näringslösningen passerar genom filtret med en hastighet av cirka 300 l/h/m². Boxarna är staplade två och två ovanpå varandra, där näringslösningen leds genom båda boxarna seriellt. I den aktuella anläggningen består filtret av 8 boxar. Metodens främsta fördelar uppges vara

- det låga platsbehovet (jämfört med långsamfiltrering),
- pris samt
- möjligheten att enkelt bygga ut systemets kapacitet genom moduluppbyggnaden.

Enligt producenten har systemet lågt underhållsbehov, inget regelmässigt underhåll behövde vidtas under den aktuella anläggningens första driftår (Merlöv, muntligen 2006). Systemet kan dock utrustas med automatisk backspolning om behov skulle visa sig föreligga.

Långsamfiltrering har fått mycket uppmärksamhet i nationella skrifter om rening av näringslösning i slutna odlingssystem. Figur 3 visar filtreringsanläggningen i Glemmingebro. Metodens för- och nackdelar är beskrivna i översikt 1.

För mer information om långsamfiltrering hänvisas till exempelvis Alsanius B.W. & Brand T. 2000. Reningsalternativ för näringslösning i slutna odlingssystem. En handbok för odlare, rådgivare och beslutsfattare. Alnarp. ISBN 91-576-6010-7 och Hansson, T. 2003. Dräneringsvatten i växthus – uppsamling och användning minskar miljöbelastningen. *Jordbruksinformation 16*.

Reningsmetoderna var installerade i följande företag:

Odlingssystem 1: Wallenius AOT (CMT), Lillhems handelsträdgård, Ronny Svensson

Odlingssystem 2: Filtrering i flerskiktsbädd (Biobox, Raatec), Brännan Tomater, Boris Larsson
 Odlingssystem 3: Långsamfiltrering, Ingelstorp trädgårdar, Johnny Nilsson
 Förutsättningarna i de tre företagen är beskrivna i tabell 1.

Tabell 1. Förutsättningarna i de tre företagen som ingick i demonstrationsförsöket under 2006.

System nr.	1	2	3
Kultur	Tomat	Tomat	Tomat
Odlingens yta	0.4 ha	1.1 ha	0.4 ha
Reningsmetod	AOT	Biobox	Långsamfilter
Långsamfiltrets yta			5.9 m ²
Långsamfiltrets djup			1 m
Odlingssubstrat	Stenull	Pimpsten	Pimpsten
Tidigare driftår	0	0	7
Vattenvolym i systemet	30 m ³	25 m ³	12 m ³

Analys

Prover togs den 3 april, 24 april, 15 maj, 5 juni, 19 juni, 3 juli, 7 augusti, 24 augusti, 12 september. Systemen med långsamfilter och Biobox har varit slutet under hela säsongen. Systemet med AOT var slutet från och med andra provtagningsstillfället. Provtagningsplatserna visas i figurerna 4-6. Prover togs i dräneringsvattnet innan och efter behandling med AOT, Biobox och långsamfilter. De svarta pilarna i principskissarna indikerar provtagningsplatserna. På grund av den speciella systemlösningen i systemet med AOT, var dräneringsvattnet efter behandlingen redan uppblandat med råvatten.

Näringslösningens kemiska tillstånd undersöktes med hänsyn till oorganiska och organiska egenskaper. Näringslösningens pH, ledningstal och temperatur analyseras kontinuerligt. Organiskt kemiska analyser inriktades på mätning av totalhalt organisk kol (TOC) samt kemiskt syrebehov (COD).

Näringslösningens biologiska tillstånd undersöktes dels med generella mikrobiologiska parametrar, såsom förekomsten av svampar och bakterier (levande cellhaltsbestämning på modifierat maltextraktagar och R2A), och förekomsten av nyttoorganismer (fluorescerande pseudomonader, strålsvampar) och av patogener (*Pythium aphanidermatum* och *Phytophthora cryptogea*; levande cellhaltsbestämning; och av *Fusarium oxysporum*; levande cellhaltsbestämning på selektivt agar enligt Komada 1975).

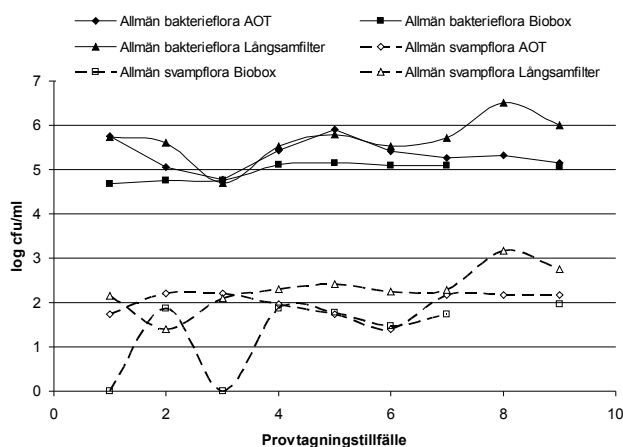
Resultat och diskussion

Biologiska faktorer

Bakterier och svampar var mycket vanligt förekommande i näringslösningen innan och efter rening (Tabell 2). Bakteriehalterna i den behandlade dräneringslösningen var signifikant högre i systemet med långsamfiltret jämfört med systemet med Bioboxen. Systemet som använde sig av AOT-utrustningen låg mellan dessa två. Dessa resultat behöver ses framför bakgrund av systemdesign. Det öppna dräneringssystemet i företaget med långsamfilter har en avgörande effekt på förekomsten av mikroorganismer i dräneringslösningen. I samtliga system låg halterna inom gränsen för våra normvärden.

Den signifikant största effekten på den allmänna bakteriefloran hade långsamfiltret. Trots att bakteriehalterna var högre i den obehandlade lösningen var de signifikant lägst i näringslösningarna efter behandlingen. Detta innebar också halterna i den behandlade lösningen var lägst vid användning av långsamfiltret. Lägst skillnad i den allmänna bakteriefloran mellan obehandlade och behandlade prover fanns vid användning av Bioboxen. AOT-utrustningen intog en ställning mellan de två filtreringsåtgärderna, signifikant olikt från båda, men igen måste vi tänka på att det kan finnas en uppblandningseffekt i detta system på grund av online-kopplingen.

En liknande bild, om än inte lika utpräglad, visade sig med hänsyn till den obehandlade allmänna svampfloran. Den obehandlade dräneringslösningen i systemet med Bioboxen hade lägst allmän svampförekomst och skilde sig signifikant från den obehandlade dräneringslösningen i systemet med långsamfiltret. Förhållandena i systemet med AOT-utrustningen skilde sig inte från något av de två andra odlingsystem i detta hänseende. Generellt låg den allmänna svampfloran inom ramen för våra normvärden. Om man jämför skillnaden mellan den obehandlade och behandlade lösningen var skillnaderna mest påtagliga vid användning av någon form av filtrering - allra störst vid användning av långsamfiltret där skillnaden var mycket stabil och något lägre vid filtrering med Biobox. Biobox-värdena var dock i jämförelse med långsamfiltret mycket svajigare. Skillnaden för den allmänna svampfloran vid behandling med AOT liknade den för den allmänna bakteriefloran. Det kan inte påpekas tillräckligt ofta att systemdesignen skiljer sig från den i de två filtreringsbehandlingar och att värdena inte är jämförbara. Resultatet efter behandlingen visar igen den lägsta halten för näringslösning som långsamfiltrerats, medan värdena var något, men odramatiskt högre i de två andra behandlingarna.



Det fanns förstås säsongsvariationer för den allmänna bakterie- och svampfloran (figur 1). Mot bakgrund av resultaten redovisat i tabell 2 kan man dra slutsatsen att långsamfiltret visade den största flexibiliteten att effektivt arbeta under varierande bakterie- och svampförekomst.

Figur 1. Den allmänna bakterie- och svampfloran (log cfu/ml näringslösning) i den obehandlade dräneringslösningen i de tre odlingsystemen. Prover togs vid nio tillfällen.

Tabell 2. Den allmänna bakterie- och svampfloran (cfu/ml näringslösning) i näringslösningen av tre slutna yrkesodlingssystem med tomat. De tre systemen behandlade dräneringslösningen antingen med oxidationsbehandling genom Wallenius AOT, filtrering i flerskikt bädd (Biobox) eller långsamfiltrering. Näringslösningsprover togs vid nio tillfällen under odlingsäsongen 2006 innan och efter behandling. Värdena presenterar genomsnittsvärden av samtliga provtagningar.

	Innan behandlingen			Efter behandlingen			Skillnader i halterna innan och efter behandling		
	AOT	Biobox	Långsam-filter	AOT	Biobox	Långsam-filter	AOT	Biobox	Långsam-filter
Allmän bakt.flora	5.34 ab ¹	4.69 a	5.67 b	3.85 a	4.78 b ²	3.31 a	27.55 b	2.22 a ²	40.94 c
Allmän svampflora	1.97 ab	1.33 a	2.31 b	1.51 a	0.45 b	0 b	26.76 a	71.71 b	100 b

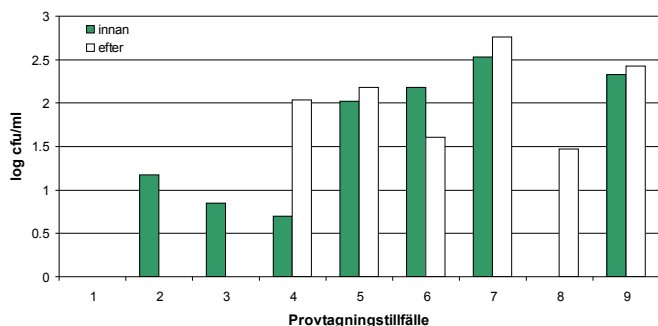
¹ Bokstaven bakom värdet visar om det statistiskt skiljer sig från andra värden inom samma grupp och rad (p<0.05). Värden som åtföljs av samma bokstav skiljer sig inte signifikant; värden som åtföljs av olika bokstäver skiljer sig signifikant.

² genomsnitt av 8 provtagningstillfällen

Nyttöorganismer

Med hänsyn till *fluorescerande pseudomonader* i den obehandlade dräneringslösningen uppenbarade sig samma bild som för den allmänna bakterie- och svampfloran. De högsta halterna fanns i systemet med långsamfiltret, men värdena skilde sig inte signifikant från de två andra systemen i detta skede. Efter behandlingen var förekomsten av fluorescerande pseudomonader lägst i den långsamfiltrerade

lösningen - signifikant åtskilt från både förekomsten i den AOT-behandlade och flerskiktsfiltrerade lösningen. Vad kan ligga bakom ett sådant resultat? Förmodligen något ganska odramatiskt - brist på mat. Det lättnedbrytbara organiska kolet som ger energi till fluorescerande pseudomonader hade helt enkelt tagit slut vid passage genom långsamfiltret. Detta är viktigt att hålla i åtanke när vi senare titta på de kemiska analyserna.



Figur 2. Förekomst av strålsvampar (log cfu/ml) i dräneringslösningen innan och efter flerskiktsfiltrering (Biobox). Prover togs vid nio tillfällen under säsongen 2006. Provet från den behandlade lösningen vid tillfälle 8 förstördes under transporten.

Ett anmärkningsvärt mönster kunde noteras för strålsvampar (figur 2). Redan då systemet med Biobox startade att återanvända dräneringsvattnet år 2005, hade de ökat kraftigt i dräneringslösningen innan och efter behandling i systemet som använde Bioboxen då recirkuleringen startade - till skillnad av de två andra systemen. Denna trend höll i sig också under säsong 2006. Halterna i lösningen som hade passerat flerskiktsfiltret innehöll påtagliga mängder strålsvampar från och med provtagningen i slutet av maj; de översteg vid vissa tillfällen också halterna i den obehandlade lösningen. Kring betydelsen av detta fenomen kan i nyläge bara spekuleras. Det är dock en iakttagelse värt att gå vidare med för att förstå eventuella biologiska mekanismer mot sjukdomsalstrare.

Sjukdomsalstrare

Pythium aphanidermatum, *Phytophthora cryptogea* och *Fusarium oxysporum* observerades sporadiskt in den obehandlade dräneringslösningen av alla tre odlingsystem, oftast i systemet med långsamfilter där också halterna var högst. I systemet med långsamfilter återfanns aldrig någon av dessa sjukdomsalstrare efter filtrering. Vad gäller *Pythium aphanidermatum*, så fanns denna algsvamp i systemet med Biobox vid ett tillfälle i den odränerade lösningen - svampen detekterades vid samma tillfälle i jämförbar mängd efter att lösningen passerat Bioboxen. Mycket låg förekomst av algsvampen hittades också i systemet med AOT vid två tillfällen innan, dock inte vid något tillfälle efter behandlingen. *Fusarium oxysporum* återfanns i den behandlade lösningen både när behandlingen skedde genom AOT-utrustning och Biobox. Vid AOT hade halterna mellan dessa två prover minskat, vid Biobox fanns inget generellt mönster; förekomsten efter behandlingen varierade mellan frånvaro och förekomst i lika stor utsträckning som i den obehandlade dräneringslösningen.

Ett analystekniskt problem uppstod med hänsyn till *Phytophthora cryptogea*. Det selektiva mediet som användes visade i vissa fall blandväxt med *Saprolegnia*. Detta problem kunde inte lösas inom projektets finansiella ram. Problemet är inte helt oväntat. Sökanden hade därför i den ursprungliga ansökan till SLF äskat medel för att studera förekomsten av algsvampar i näringslösning med hjälp av molekylärbiologisk metod som inte fick stiftelsens bifall.

Kemiska faktorer

TOC, COD och syre

Totalhalten organiskt kol (TOC) och det kemiska syrebehovet (COD) var mycket nära korrelerade till varandra när individuella mätvärden sattes i samband (Figur 3). Detta innebär att - trots att de uttrycker olika egenskaper - man kan dra slutsatser från TOC på COD och viceversa. Vilket värde ska man då

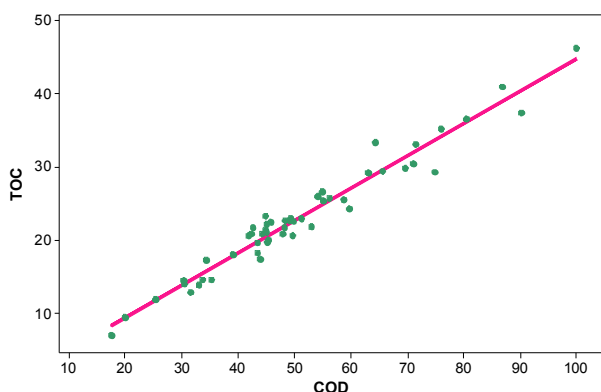
välja i samband med slutna odlingsystem? TOC - helt klart. Därför att TOC ger ett mervärde när man också vill kunna dra slutsatser på mikrofloras väl och ve.

Tabell 3 visar genomsnittsvärden för samtliga provtagningar under odlingsäsong 2006 innan och efter behandling. TOC-halten i de obehandlade lösningarna låg mycket nära varandra där AOT eller Biobox kopplats in i systemet. Halterna för systemet med långsamfilter var avsevärt mycket högre. Här spelar helt sannolikt det öppna dräneringssystemet in. Inte bara näringslösning utan också nedfall av blad och frukt kan hamna i dräneringslösningen, vilket direkt ger utslag på både TOC och COD. Detta kan också vara en förklaring till de avsevärt mycket högre halterna i den allmänna bakterie- och svampfloran samt för fluorescerande pseudomonader.

Tabell 3. Totalhalten organiskt kol (TOC, ppm), kemiska syrebehovet (COD, ppm O₂) och syrehalt (ppm O₂) i näringslösningen av tre slutna yrkesodlingssystem med tomat. (detaljerad information kring försöket finns i tabelllegenden till tabell 2).

	Innan behandlingen			Efter behandlingen			Skillnader i halterna innan och efter behandling		
	AOT	Biobox	Långsamfilter	AOT	Biobox	Långsamfilter	AOT	Biobox	Långsamfilter
TOC	21.61 a ¹	21.43 a	33.04 b	13.51 a	21.17 b	26.83 b	35.62 a	0.96 b	16.30 ab
COD	47.91 a	46.53 a	72.81 b	28.86 a	44.88 b	61.34 c	38.42 a	2.55 b	18.12 ab
O ₂	7.86 a	8.41 a	8.29 a	8.50 a	7.27 b	4.67 c	-11.26 a	13.75 b	44.15 c

¹ Bokstaven bakom värdet visar om det statistiskt skiljer sig från andra värden inom samma grupp och rad (p<0.05). Värden som åtföljs av samma bokstav skiljer sig inte signifikant; värden som åtföljs av olika bokstäver skiljer sig signifikant.



Figur 3. Samband mellan TOC- och COD-halt i näringslösningen av slutna odlingsystem med tomat ($R^2=95.7\%$; $p<0.001$). Korrelationen är baserad på samtliga TOC och COD analyser från dräneringslösningen innan och efter behandling.

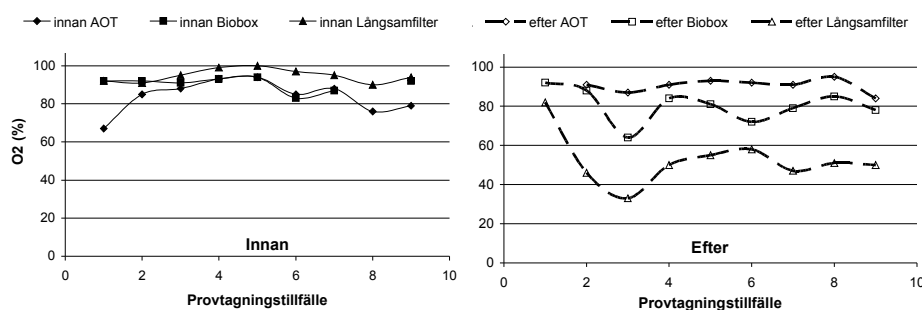
TOC- och COD-värdena från prover tagna innan och efter behandlingen skilde sig enbart åt för AOT-utrustningen. Igen bör on-line kopplingen hållas i åtanke. Den stora skillnaderna i genomsnittsvärdena kan vara ett resultat av uppblandning med råvatten. Å andra sidan behöver

vi påminna oss om tabell 3. Vad hade vi förväntat oss att en oxidationsbehandling ska åstadkomma - ju att oxidera oorganiska ämnen och organisk substans. Att skillnaderna för de två provtagningsplatser för de filteringsutrustningar inte kunde säkerställas statistiskt hänger - i synnerhet i fall av långsamfiltreringen - ihop med säsongsvariationen.

Det finns hittills inga normvärden för TOC och COD i slutna odlingsystem. Från några håll har 40 ppm TOC framhållits som tröskelvärde. För COD finns egentligen enbart DIN 19650 som ger ett referensvärde för bevattningvatten för hortikulturellt bruk, 60 ppm anges som tröskelvärde för att kolla bevattningvattnets hygieniska kvalitet. Men igen, denna DIN-förordningen är inte specifikt avsedd för slutna odlingsystem utan för bevattningvatten i största allmänhet. Det är alltså svårt att ha någon åsikt för dessa värden som en isolerad företeelse. Att titta på alla dessa värden kan liknas med en 10000-bitars-pussel som föreställer atlanten - bitar på hav och vatten i olika nyanser av blått. Vi ska försöka oss på en syntes lite längre ner i detta avsnitt.

Också syrehalterna kan ge information i detta sammanhang. De genomsnittliga syrehalterna i dräneringslösningen (tabell 3) var mycket jämna; inga skillnader kunde konstateras. Värdena är något lägre än den syremängden som kan lösas i vatten vid 20 °C. Båda filtreringsåtgärderna konsumerade signifikanta mängder syre, medan en signifikant högre syrehalt konstaterades efter behandling med AOT.

Figur 4 visar fluktuationerna i syremättnadsgrad i de tre systemen innan och efter behandling under odlings säsongen. Förändringarna var större efter lösningen hade passerat någon av filtreringsutrustningarna, i synnerhet långsamfiltret. Samtidigt är dräneringslösningen i odlings systemet som använde långsamfiltret förvånansvärt väl syresatt.



Figur 4. Syremättnadsgrad (%) i dräneringslösningen av tre odlings system med tomat. De tre systemen behandlade dräneringslösningen med antingen oxidationsrening (AOT), filtrering flerskikt bädd (Biobox) eller långsamfiltrering. Prover togs innan

och efter behandlingen vid nio tillfällen under säsongen 2006.

Både AOT och långsamfiltrets effekt är förväntade. Syrehalten borde rimligen öka genom en oxidationsbehandling. Att långsamfiltrering är en syrekrävande process är väldokumenterad i litteraturen och sätts i samband med den höga reningseffekten som teknologin visat i olika sammanhang, t.ex. dricksvattenrening. Tekniken efterliknar vattnets väg genom marken till grundvattenmagasinet. Bra grundvatten är fritt från syre och patogener. Den höga syrekonsumtionen tyder på en hög biologisk aktivitet. Bioboxen som teknologi är mindre beprövad. Det finns ingen dokumentation vad gäller funktionsmekanismerna. 60 % av variationen i syrehalten i de filtrerade dräneringslösningarna (både Biobox och långsamfilter) kunde förklaras genom en kombination av fyra faktorer, nämligen (1) TOC halten, den allmänna (2) bakterie- och (3) svampfloran samt (4) kvotienten mellan fluorescerande pseudomonader och den allmänna bakteriehalten. Dessa krångliga ord säger inget annat än - ju fler konsumenter kring syre, desto högre syrekonsumtionen!

Flerskiktfiltrering betecknas ibland som en slags långsamfiltrering. Föreliggande resultat visar dock att de två teknologier så som de testades i detta försök inte ger samma resultat med hänsyn till borttagning av mikroorganismer, tillgänglig organisk substans och biologisk aktivitet. Här finns det en enorm potential för optimering av denna flexibla och lättanvända teknik.

Sammansättning i näringslösning, ledningstal och pH

Hur gick det då med ledningstal och pH? I den obehandlade dräneringslösningen avvek varken pH eller ledningstal i genomsnitt över hela säsongen. Det fanns inte heller skillnader mellan de två filtreringsteknologier vad gäller dessa två variabler efter behandlingen. Filtreringsstegen påverkade heller inte pH eller ledningstal. Som förväntat avvek pH och ledningstal i systemet som använde sig av AOT-behandling i och med att det inte fanns någon möjlighet att ta prov mellan behandling och injektion av stamlösning och utspädning av råvatten.

Vi vet dock från andra jämförbara oxidationsbehandlingar att de har en påtaglig effekt på näringslösningens sammansättning. All organisk substans oxideras, chelater är inte undantagna. Därför bör man hålla ett extra öga på de ämnena som tillförs i chelatform.

Råvattnets kvalitet hade dock i långa loppet en inverkan på möjligheterna att recirkulera bevattningsvatten. Under julimånaden steg natrium- och kloridvärden till 141 resp. 116 ppm. Detta ledde till att man fick släppa ut näringslösningen tre gånger under säsongen, av dessa två gånger under juli-månad, på det sättet som man också använt sig av tidigare - som näringsbevattning till fältgrödor.

Bevisligen gick det mycket bra att recirkulera trots att behandlingarna inte alltid visade den förväntade effekten på mikroorganismer, i synnerhet patogener och förekomsten av organiskt kol. Till exempel Brännan tomater ökade sin skörd. Trots den högre skörden som kräver både mer vatten och växtnäring sparade företaget ungefär 12000 kr i kostnader för vatten och 20000 kr i kostnader för gödsel. Det var en exceptionell bra sommar, planttillväxten var mycket god. Det fanns inget särskilt angrepp på plantorna.

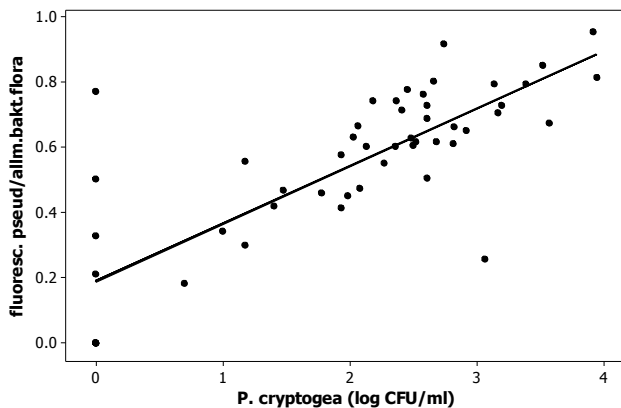
Det finns ett antal frågor som vi måste ställa oss:

- ◆ Vad kan tillskrivas recirkuleringen?
- ◆ Hur mycket mikroorganismer inkl. patogener och organiskt kol tål slutna odlingsystem?
- ◆ Behövs rening av näringslösning?
- ◆ Och i fall att ja, vilka krav bör det ställas på utrustning som används i reningssyfte?

Recirkuleringen kan säkert tillskrivas en del i detta resultat, trots att man inte kan bortse ifrån vädrets inverkan. Återanvändning av näringslösning kräver en mycket noggrannare styrning av näringstillförseln än odling i öppna system - detta kan också ge en delförklaring.

Trots att de unga behandlingsteknologierna som användes i studien har en påtaglig potential att optimeras visade demonstrationsförsöket ett framgångsrikt resultat. Men, vi måste hålla i åtanke att det inte fanns några nämvärda problem vad gäller sjukdomar odlings säsongen 2006. Behövs rening? Om man hårddrar frågan, är svaret *nej*. Det har visats i många studier att recirkulering för det mesta fungerar alldeles utmärkt trots avsaknad av rening. Rening utrustning ger dock en *säkerhet*, när det föreligger skarpt läge vad gäller sjukdomssituationen. Det är då smittrycket måste minskas som näringslösningen verkligen behöver **renas - och inte bara behandlas**. För detta behövs gränsvärden som varken vi i Sverige eller andra länder i Europa i dagens läge har. Det behövs också en kvalitetssäkring av utrustning som används i reningssyfte samt ett effektivt och prisvärt sätt för prognos av odlings systemens status.

Datamaterial från föreliggande studie skulle kunna ge en bas i att utveckla ett prognos system. Vi har sett att det finns en – för en empirisk studie - stark korrelation mellan förekomsten av t.ex. *Phytophthora cryptogea* och förhållandet mellan fluorescerande pseudomonader och den allmänna bakteriefloran. Definitivt värt en uppföljning med mer experimentella inslag (figur 5).



Figur 5. Samband mellan förekomsten av *Phytophthora cryptogea* och kvotienten av fluorescerande pseudomonader till den allmänna bakteriefloran. ($R^2=79.2\%$; $p<0.001$).

Slutsatser

- ◆ Att recirkulera var en framgång!

Det gick att spara pengar på gödsel och vatten. Skörden var god. Delförklaringar i odlingsresultatet finns också i de goda väderbetingelserna under sommaren 2006 och en mer medveten styrning av näringslösningens sammansättning.

- ◆ Kvalitet av råvatten är avgörande för recirkulering av dräneringsvatten.

- ◆ Systemdesign påverkar de biologiska, kemiska och fysikaliska faktorer i dräneringslösningen.
- ◆ De tre behandlingsmetoderna hade olika effekt på dräneringslösningen.
- ◆ Odlingsystemet med långsamfilter hade de minst fördelaktiga förutsättningar i dräneringslösningen.
- ◆ Långsamfiltret motsvarade trots detta våra förväntningar vad gäller borttagning av svampar, sjukdomsalstrare, totalhalt organiskt kol och syrehalt.
- ◆ De två unga behandlingsmetoderna har ett potential för optimering.
- ◆ Recirkulering kräver en kontinuerlig god anpassning av näringslösningen till kulturens behov.
- ◆ Försörjning med mikronäringsämnen behöver större uppmärksamhet.
- ◆ Det finns indikationer på att kunna mäta sjukdomsstatus i näringslösningen, men detta behöver testas vidare.
- ◆ Förebyggande arbete för att biologiskt optimera slutna odlingsystem kräver biologiskt know-how i odlingens hela personalstab.

Litteratur

- Alsanius B. 2002. Jakten på de förlorade gurkorna. Konfidentiell uppdragsrapport. Alnarp.
- Alsanius B.W. & Brand T. 2000. ISBN 91-576-6010-7.
- Alsanius B.W. & Jung V. 2004. *European Journal of Horticultural Science* 69, 96-103.
- Brand T. & Alsanius B.W. 2003. Improved assays for assessment of enzyme activity in nutrient solutions from closed irrigation systems. *Scientia Horticulturae* 98 (1), 91-97.
- Brand T. & Alsanius B.W. 2004a. *Acta Horticulturae* 466, 525-531.
- Brand T. & Alsanius B. W. 2004.b *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 79: 228-233.
- Brand T. & Alsanius B. W. 2004.c *Journal of Phytopathology* 152, 313-319.
- Brand T., Wohanka W. & Alsanius B.W. 2002. *Scientia Horticulturae* 92 (3-4), 329-338.
- Gertsson U.E., Hansson I., Waechter-Kristensen, B., Lundqvist S., Svedelius G. & Weich R. 1994. *Acta Horticulturae* 361: 237-244.
- Hansson T. 2003. *Jordbruksinformation* 16.
- Jung, V., Chimuka, L., Jönsson, J.-A., Niedack, N., Bowens, P. & Alsanius, B. 2002. *Analytica Chimica Acta* 474: 49-57.
- Jung V., Olsson E., Asp H., Jensén P., Caspersen S. & Alsanius B. 2004. *Scientia Horticulturae* 100, 23-37.
- Komada H. 1975. *Review of Plant Protection Research* 8: 114-124.
- McPherson G.M., Harriman M.R. & Pattison D. 1995. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent* 60/2b:371-379.
- Postma, J., Willemsen-de Klein, M. J. E. I. M., van Elsas, D. J., 2000. *Phytopathology* 90, 125-133.
- Tu, J.C., Papadopoulos A.P., Hao X. & Zheng J. 1999. *Acta Horticulturae* 481: 577-583.
- Waechter-Kristensen, B; Caspersen, S; Adalsteinsson, S; Sundin, P & Jensén, P. 1999. *Acta Horticulturae* 481: 197-204.
- Wohanka, W. 1998. Wasserentkeimung. In: Geschlossene Bewässerungsverfahren. Thalacker Medien, Braunschweig.