

Phytosystem, ett alternativ för enskilda avlopp

– samt en undersökning av olika
beräkningsmetoder för utvärdering av
reningsgrad

Gustaf Wiklund

2009



Miljövetenskap: Miljö- och hälsoskydd
Examensarbete 30 högskolepoäng
Lunds universitet

**Phytosystem, ett alternativ för enskilda avlopp
– samt en undersökning av olika beräkningsmetoder för
utvärdering av reningsgrad**

Examensarbete i miljö- och hälsoskydd, 30 hp

Gustaf Wiklund
Mars 2009

Handledare:

Karin Jönsson
Institutionen för kemiteknik
Lunds universitet

Stanislav Lazarek
Phytotechnology Europe AB

Förord

Det här examensarbetet bör läsas av den som vill få en överblick av Phytosystems delar och dess funktion. Innehållet riktar sig till myndighetspersoner som arbetar med vatten och avloppsfrågor, till husägare som ska installera en ny avloppsanläggning och till allmänt vetgiriga personer som intresserar sig för ny och spännande teknik.

Jag har många att tacka för att det här examensarbetet har blivit av. Jag vill börja från början genom att först tacka Yvonne Persson på Miljövetenskapliga institutionen i Lund som uppmärksammade mig på möjligheten att överhuvudtaget komma i kontakt med Phytosystem. Sedan vill jag självklart ge en stor eloge till fantastiska Karin Jönsson från Institutionen för kemiteknik i Lund för ett skickligt och tålmodigt handledarskap. En stor eloge ska också riktas till mina andra handledare Stan Lazarek från Phytosystem Europe AB som skapat hela Phytosystem. Stan har varit till stor hjälp med det praktiska arbetet med allt vad det innebär. Att komma i kontakt och att få chansen att lära sig Phytosystem är få förunnat och det kommer jag vara Stan evigt tacksam för.

Det finns även andra viktiga personer att tacka. Lars-Erik Einevik från Phytosystem Europe AB, min examiner Per Nyström från Miljövetenskapliga institutionen i Lund, Alice Nicolle och Susanne Gustafsson från Limnologen i Lund som hjälpt mig med igenkänning av zooplankton, personalen på VA Syd Vattenlaboratorie i Malmö som gett mig god service, min medbedömare Lars Leonardsson för kloka och konstruktiva kommentarer, Jes la Cour Jansen på Institutionen för kemiteknik i Lund för vägledning samt Joel Magnusson på Odlingslaboratoriet i Alnarp för väderspaning.

För all hjälp och god handräckning vill jag även tacka Stefan och Isabella Clomé Allansson, Malin Jonsson och Mikael Carlsson. Jag har dock en känsla av att mitt minne sviker mig så därtill finns säkert många fler att tacka.

Så sist men absolut inte minst tackar jag min nyblivna fru Helen. Hon har varit vid min sida under hela arbetet och stått ut med mitt nördiga avloppssnack. Det kanske är den största uppooffringen av alla.

Utöver detta finns bara möjligheter. God läsning.

Gustaf Wiklund
Våren 2009

Abstract

Discharge of poorly treated sewage has direct negative impact on lakes and coastal waters. The contaminants in sewage cause eutrophication, oxygen depletion, undesirable algal blooms and infections. Single households stand for a significant part of these discharges. To improve the efficiency of sewage treatment a variety of technical and technological solutions is applied. During the last fifteen years, scientists in Sweden and Poland developed a wastewater treatment system based on natural occurring biological and microbiological processes. This report examines the use and efficiency of this system, called Phytosystem in respect to the Swedish environmental legislation concerning household sewage. It examines basic parameters such as reduction of BOD, phosphorus and nitrogen. It also analyses different methods for evaluation of purification level. This thesis demonstrates that different methods used to measure and evaluate the nutrient reduction levels are important for the final results and their interpretation. Nutrient loading was analyzed in the incoming sewage and the outgoing water samples. Samples were taken at twelve occasions between July and October 2008 in Alnarp, Sweden where two Phytosystems are in operation. Phytosystems reduced the amount of BOD₇ by >97 %, total phosphorus by <60 % and total nitrogen by >40 %. Phytosystems are fulfilling reduction requirement (90 %) for BOD₇. The reduction requirement for phosphorus (70 % in normal and 90 % in high level of protection areas) needs additional polishing. When there is not direct discharge to the recipient, Phytosystems fulfill the requirement (50 %) for nitrogen reduction. Phytosystem have qualities and potential that offer possibilities to achieve sustainable solution for biological sewage treatment and water reuse. It also offers ways for bringing phosphorus back to arable land. When it is necessary the system should be equipped with additional process for disinfection of outgoing water. Compared to regular wastewater treatment plants, Phytosystem could have a positive impact on local biodiversity

Sammanfattning

Utsläpp av avloppsvatten har stor påverkan på inlandsvatten och omgivande hav. Avloppsvatten innehåller bland annat eutrofierande och syreförbrukande ämnen samt smittämnen. Enskilda hushåll står för en betydande andel av utsläppen. För att minska utsläppen kan olika reningstekniker användas som till exempel infiltration eller minireningsverk. Under de senaste 15 åren har forskare i Sverige och Polen utvecklat ett biologiskt reningssystem - Phytosystem. Systemets funktion bygger på biologiska och mikrobiologiska processer. I detta examensarbete har det undersökts om Phytosystem uppfyller de svenska krav som ställs på enskilda avlopp, så som reduktion av BOD, totalfosfor och totalkväve. I detta examensarbete har det även undersökts om olika metoder för utvärdering av reningsgraden kan visa på olika resultat. Jämförelsen av olika utvärderingsmetoder har visat att resultat kan variera beroende på vilken metod som används. Reduktionsgraden har beräknats genom provtagning av inkommande och utgående flöden vid tolv tillfällen mellan juli och oktober 2008 på en anläggning placerad i Alnarp, Sverige, där två Phytosystem är installerade. Beräkningarna har tagit hänsyn till hydrauliskt flöde för att beräkna reduktion av mängd. Under försöksperioden var reduktionen av mängden BOD₇ >97 %, av mängden totalfosfor högst 60 % och av mängden totalkväve >40 %. Detta innebär att Phytosystem klarar väl reduktionskraven (90 %) för BOD₇. För att klara reduktionskraven för totalfosfor (70 % vid normal, och 90 % vid hög skyddsnivå) behövs en komplettering av anläggningen. Så länge utsläpp inte sker direkt till recipient kan Phytosystem klara hög skyddsnivå (50 %) för totalkväve. Phytosystem har även ha egenskaper som skapar goda möjligheter för kretsloppsanpassning av avloppslösningar, till exempel genom återföring av näringsämnen till åkermark. Vid behov kan anläggningen utrustas med en lösning för hygienisering av smittämnen i utgående vattnet. Utöver detta kan Phytosystem bidra till den biologiska mångfalden på ett sätt som traditionella minireningsverk inte gör.

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Syfte.....	2
1.2	Frågeställningar	2
1.3	Avgränsningar	2
2	Lagstiftning och krav på enskilda avlopp	3
2.1	EU:s lagstiftning	3
2.2	HELCOM	3
2.3	Miljöbalken.....	4
2.4	Naturvårdsverkets allmänna råd	4
2.5	Riksdagsdagens miljökvalitetsmål	5
2.6	Naturvårdsverkets handbok	6
2.7	Funktionskrav på enskilda avlopp	6
2.7.1	Reduktionskrav.....	6
2.7.2	Resurshushållning och kretslopp.....	7
2.7.3	Användarvänlighet	8
2.7.4	Robusthet.....	9
3	Anläggningens uppbyggnad.....	10
3.1	Uppsamlingsbrunn.....	11
3.2	Beskrivning av MultiFunctional Septic System(MFSS)	11
3.3	Beskrivning av Phytosystem	12
3.4	Phytosystem i Ystad	14
4	Metod för provtagning och utvärdering	15
4.1	Bedömningar av provtagning	15
4.1.1	Andra utvärderingar och provtagningar	15
4.2	Avloppsvattnets sammansättning	16
4.2.1	Schabloner.....	16
4.3	Provtagningspunkter	16
4.4	Provtagning.....	17
4.5	Parametrar för analys.....	17
4.5.1	Resurshushållning och kretslopp.....	19
4.5.2	Användarvänlighet	19
4.5.3	Robusthet.....	20
4.6	Phytosystem i Ystad	20
5	Resultat.....	21
5.1	Reduktion i MFSS	21
5.2	Reduktion i Phytosystem 1	21
5.3	Reduktion i MFSS + Phytosystem 1.....	22
5.4	Reduktion i Phytosystem 2	22
5.5	Reduktion i MFSS + Phytosystem 2.....	23
5.6	Phoslock.....	23
5.7	Smittämnen i Phytosystem	24
5.8	Zooplankton.....	25
5.8.1	Resurshushållning och kretslopp.....	25

5.8.2	Användarvänlighet	25
5.8.3	Robusthet.....	25
5.8.4	Phytosystem i Ystad	25
6	Diskussion	26
6.1	Provernas representativitet	26
6.2	MFSS	27
6.3	Uppfyllnad av reduktionskrav	28
6.3.1	Reduktion av BOD ₇	28
6.3.2	Reduktion av kväve	28
6.3.3	Reduktion av fosfor	28
6.3.4	Smittämnen.....	30
6.3.5	Lukt	30
6.3.6	Resurshushållning och kretslopp.....	30
6.3.7	Energianvändning.....	30
6.3.8	Robusthet.....	31
6.3.9	Skötsel och kontroll.....	32
6.4	Kostnader	32
6.5	Phytosystem i Ystad	33
6.6	Biologisk mångfald.....	33
7	Slutsatser	34
8	Referenser.....	36

Bilaga 1 - Makrofyter

Bilaga 2 - Flödesdata

Bilaga 3 – BOD₇

Bilaga 4 – Totalfosfor, Tot-P

Bilaga 5 – Totalkväve, Tot-N

Bilaga 6 – Ammoniumkväve, NH₄⁺

Bilaga 7 – Nitrit och Nitrat

Bilaga 8 – Suspenderade ämnen, SS

Bilaga 9 – pH och konduktivitet

Bilaga 10 - Smittämnen

Bilaga 11 - Zooplankton

Bilaga 12 – Nederbörd och lufttemperatur

Bilaga 13 – Beräkningsexempel, uppehållstid och inläckage

Bilaga 14 – Beräkningsexempel, mängd

1 Inledning

Utsläpp av förorenat vatten påverkar svenska inlandsvatten och omgivande hav. Förorening i form av avloppsvatten innebär bland annat utsläpp av eutrofierande och syretärande ämnen samt spridning av smittämnen, tungmetaller och läkemedelsrester. Av detta uppskattas avloppsvatten från små och enskilda avlopp bidra med en relativt betydande källa av föroreningarnas miljöpåverkan (Naturvårdsverket, 2006).

I Sverige finns det ca 750 000 små avlopp som inte är anslutna till kommunalt VA-reningsverk (Naturvårdsverket, 2006). Mer än hälften av dessa avlopp bedöms inte uppfylla de krav som ställs genom de övergripande målen om miljö- och hälsoskydd (Palm m.fl., 2002). Av de totala utsläppen från avlopp står de enskilda för större andel per capita än de som är kopplade till kommunala reningsverk. De enskilda avloppen har inte heller minskat sina utsläpp i samma utsträckning som t.ex. industrier gjort under de senaste 40 åren (Naturvårdsverket, 2006).

Enskilda avlopp står för ca 21 procent av de totala utsläppen av fosfor till svenska vatten (Brandt och Ejhed, 2002). Till Östersjön och Västerhavet uppskattas enskilda avlopp stå för cirka 11 procent av Sveriges totala utsläpp av fosfor från mänsklig aktivitet (Brandt m.fl., 2008). Av de totala utsläppen av kväve till vatten står de enskilda avloppen för 5 % (Brandt och Ejhed, 2002).

Lokalt kan miljöpåverkan vara påtaglig även av utsläpp från ett enda hushåll. Den kemiska balansen i recipienter som våtmarker, åar och sjöar kan störas, växt- och djurliv kan påverkas. I ett större perspektiv påverkas vattendragets ekologiska status på grund av övergödning och efterföljande syrebrist. Även vattentäkter och badvatten berörs.

På senare år har utsläppskraven från enskilda hushålls avloppsvatten skärpts, bland annat genom att Naturvårdsverket 2006 kom ut med nya allmänna råd (SNV 2006:7). De nya allmänna råden innebär att ännu fler hushåll måste komplettera eller byta ut sin tidigare godkända anläggning. Samtidigt konstateras det att en del traditionell teknik för rening av avloppsvatten inte klarar de nya kraven, något som ökar behovet av ny och bättre teknik för avloppsrening i liten skala (Länsstyrelsen Skåne, 2008; Naturvårdsverket, 2002).

Under det senaste årtiondet har det utvecklats och testats en del nya tekniker med syfte att rena avloppsvatten från enskilda hushåll (Palm, 2005; Hellström m.fl., 2003; Naturvårdsverket 2008). Samtidigt finns det i Sverige idag inget certifieringssystem för att testa små avloppsreningsverk, även om det finns europeiska standarder (Naturvårdsverket, 2008). Detta är ett problem för tillverkare av t.ex. minireningsverk som vill ha ut sin teknik på marknaden. Bristen på certifieringssystem av små reningsverk är också ett problem för de myndigheter som ska bedöma tillämpligheten hos avloppssystemet, liksom för fastighetsägare som måste rena sitt avloppsvatten (Länsstyrelserna, 2008).

Under de senaste 15 åren har två forskare i Sverige och Polen utvecklat ett minireningsverk kallat Phytosystem (Lazarek, 2008). Syftet med reningsverket är att skapa ett robust system för alla klimat och miljöer. Tanken har varit att integrera och optimera processer som förekommer naturligt i sjöar och bäckar. Enligt utvecklarna har därför kunskaper och forskning inom

mikrobiologi, hydraulik, växtfysiologi, biokemi och energiflöde satts samman till en helhet. Phytosystem har enligt tillverkaren breda tillämpningsområden för vattenrening, där ett av områdena är rening av avloppsvatten från enskilda hushåll.

Det finns inga aktuella utvärderingar av Phytosystems möjligheter att rena avloppsvatten från enskilda hushåll. Tidiga utvärderingar gjorda i Polen är fortfarande av betydelse för en bedömning av systemet, men undersökningarna är inte gjorda med hänsyn till aktuella frågeställningar eller de svenska myndigheternas helhetsbedömning av avloppslösningar.

1.1 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att undersöka hur Phytosystem klarar de svenska myndigheternas krav på avloppslösningar för enskilda hushåll. Examensarbetet ska inrikta sig på att undersöka Phytosystems reningsgrad av i första hand kväve, fosfor och syreförbrukande ämnen samt hygien. Ambitionen är att undersökningar och tester ska ligga på en nivå som tillfredställer tillsynsmyndigheternas krav på funktionstester för bedömning av ett system för rening av avloppsvatten från enskilda avlopp. Förutom de huvudsakliga funktionstesterna som kväve och fosfor kommer även andra viktiga parametrar som ett minireningsverk bör vara utformat för att undersökas, till exempel energiförbrukning och lukt. Utöver detta kommer flera olika beräkningsmetoder användas för att jämföra om utfallet av resultat och bedömning kan variera vid val av olika beräkningsmetoder för reduktion.

1.2 Frågeställningar

- Hur klarar Phytosystem kraven som är satta i Naturvårdsverkets allmänna råd om små avloppsanläggningar för hushållspillvatten?
- Blir det någon skillnad i reduktionsgraden om man använder olika beräkningsmetoder för utvärderingen av ett minireningsverk?

1.3 Avgränsningar

Det kommer inte göras någon bedömning av det material som Phytosystem är uppbyggt av, det vill säga tester på hållfasthet eller hållbarhet. Bedömning av vilken grad av service och underhåll som krävs och vilka kvalitetskrav och vilken säkerhet som krävs för skötsel av anläggningen kommer ske men dock i en begränsad omfattning. Tyngdpunkten av utvärderingen kommer ligga att på Phytosystem, föregående behandlingssteg som slamavskiljning bedöms sparsamt.

2 Lagstiftning och krav på enskilda avlopp

Enskilda avlopp omfattas av lagstiftning och regler på flera olika håll. Dels finns övergripande interregionala överkommelser och direktiv från EU. Dels finns nationella tillhörande lagar som miljöbalken samt föreskrifter och allmänna råd som är mer detaljerade. På lokal nivå finns ibland kommunala policys som tillsammans med de allmänna råden inte är bindande men skapar förutsäggande bedömningsgrunder. I detta kapitel sammanfattas de mest aktuella reglerna som berör enskilda avlopp men i ett perspektiv som i första hand fokuserar på minireningsverk och en användning av Phytosystem.

2.1 EU:s lagstiftning

Det finns en rad EG-direktiv som mer eller mindre berör utsläpp av avloppsvatten och i stort sett påverkar dessa direktiv hur höga krav som bör ställas på en avloppslösning (Länsstyrelsen Skåne, 2008; Naturvårdsverket, 2008). De områden som ofta omnämns av de olika direktiven är fiskevatten (78/659/EEG), musselvatten (79/923/EEG), badvatten (76/160/EEG), Natur 2000-områden (92/676/EEG; 79/409/EEG) samt områden särskilt känsliga för fosfor och kväve (91/271/EEG).

Särskilt kan nämnas Avloppsdirektivet (91/271/EEG) som menar att hela Sverige är känsligt för fosfor och området söder om Norrtälje är känsligt för kväve (Naturvårdsverket, 2008).

2.2 HELCOM

Helsingforskommissionen, HELCOM, är en mellanstatlig organisation som arbetar med miljöfrågor som berör Östersjön. I första hand sker samarbetet mellan Östersjöländerna. Helcom har tagit fram gemensamma rekommendationer om rening av avloppsvatten från hushåll som inte är anslutna till större VA-reningsverk (HELCOM Recommendation 28E/6).

Rekommendationerna som HELCOM ger avser reduktion av syretärande ämnen (BOD), totalfosfor och totalkväve. Helcoms rekommendationer är inte bindande för medlemsländerna. I första hand ges rekommendationer om maximala utsläpp per capita, alternativt funktionskrav på avloppsanläggningen eller utgående koncentration (Tabell 1).

Tabell 1 Helcoms rekommendationer på rening av avloppsvatten från enskilda hushåll och gemensamhetsanläggningar upp till 300 personequivallenter. Siffrorna avser hushåll med hög levnadsstandard, d.v.s. varmvatten, dusch, tvätt- och diskmaskin samt vattenspolande toalett. Källa: HELCOM Recommendation 28E/6

Parameter	Renat vatten (g/p·d)	Reduktion (%)	Utgående halt (mg/l)
BOD ₅	8	80	20
Totalfosfor	0,65	70	5
Totalkväve	10	29	25

HELCOM rekommenderar även Östersjöländerna att införa olika nivåer på högre reningsgrad beroende på områdets känslighet (Tabell 2).

Tabell 2 Helcoms rekommendationer för rening av avloppsvatten från enskilda hushåll och gemensamhetsanläggningar upp till 300 personekvivalenter. Nivåerna gäller beroende på recipientens känslighet. Krav på reduktion av halterna anges i procent (%). Källa: HELCOM Recommendation 28E/6

Recipientens känslighet	BOD5 (%)	Fosfor (%)	Nitrifikation* (%)
Klass 1	95	90	90
Klass 2	95	-	90
Klass 3	90	90	-
Klass 4	90	-	-

*Omvandling av ammoniumkväve till nitrat

2.3 Miljöbalken

Det lagrum som gäller för enskilda avlopp finns i första hand inom miljöbalken. Miljöbalken och dess portalparagrafer vilar på ett övergripande mål om en hållbar utveckling. I balkens andra kapitel tillkommer även materiella regler som innebär krav på smittrening, recipientskydd samt krav på resurshushållning och kretsloppsanpassning (Miljöbalken, Naturvårdsverket, 2008). Enskilda avlopp omfattas vidare i 9 kapitlet Miljöbalken samt i Förordningen om miljö- och hälsoskydd (FMH).

Enligt miljöbalken är utsläpp av avloppsvatten från byggnader eller anläggningar i mark, vattenområden eller grundvatten en miljöfarlig verksamhet (MB 9:1). Detta gäller enskilda avlopp. Tillhörande förordning förbjuder utsläpp av avloppsvatten som inte genomgått längre rening är slamavskiljning (FMH 12§). Innan en avloppsanläggning inrättas krävs tillstånd från den kommunala nämnd som har ansvar för miljö och hälsoskydd (FMH 13§). Detsamma gäller om en vattentoalett ansluts till en redan befintlig avloppsanläggning (FMH 13§). Om en avloppsanläggning i väsentlig mening ändras måste detta anmälas till samma nämnd (FMH 14§).

Det är verksamhetsutövaren, det vill säga fastighetsägaren, som innehar ansvaret att se till att det enskilda avloppet uppfyller uppsatta lagar och regler (2 kap MB).

2.4 Naturvårdsverkets allmänna råd

Till förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd har Naturvårdsverket tagit fram allmänna råd om små avloppsanordningar för hushållspillvatten (NFS 2006:7). Allmänna råd är utformade som en vägledning för att uppfylla kraven i förordningen. Råden är inte rättsligt bindande men är i hög grad rådgivande för bedömning av enskilda avlopp. Om råden inte avses att följas ska det redovisas alternativa sätt för hur kraven som ställs i förordningen ska uppfyllas.

De allmänna råden ställer i första hand funktionskrav på avloppsanläggningens reningseffekter. Fokus ligger främst på reduktion av kväve, fosfor, organiska ämnen samt smittskydd. Kraven som ställs på avloppet ska bedömas utifrån känslighet hos det område som kommer beröras av utsläppet. Områdena delas in i två nivåer; normal skyddsnivå eller hög skyddsnivå. Men råden innehåller även krav på bland annat resurshushållning, kretslopp och driftsäkerhet.

2.5 Riksdagsdagens miljö kvalitetsmål

Sveriges riksdag har antagit 16 nationella miljö kvalitetsmål (prop. 2004/05:150) som preciserar miljöbalkens målsättningsregel om hållbar utveckling. Enskilda avlopp omfattas mer eller mindre av flera miljö kvalitetsmål; nedan följer några av de miljö kvalitetsmål och delmål som mer direkt berör enskilda avlopp.

Ingen övergödning

Miljö kvalitetsmålet anger att utsläpp av de övergödande ämnena kväve och fosfor ska minska. Fram till år 2010 skall de svenska vattenburna utsläppen av fosforföreningar från mänsklig verksamhet till sjöar, vattendrag och kustvatten ha minskat med minst 20 % från 1995 års nivå, och störst minskning ska ha skett i de mest utsatta områdena (prop. 2004/05:150). Inom samma period skall de vattenburna utsläppen av kväve från mänsklig verksamhet till haven söder om Ålands hav ha minskat med minst 30 %.

Grundvatten av god kvalitet

Inom Generationsperspektivet som inryms i Miljö kvalitetsmålet *Grundvatten av god kvalitet* ska grundvattnets inte påverkas negativt genom tillförsel av föroreningar. Bristfällig rening i samband med infiltration av avloppsvatten kan försämra grundvattnets kvalitet (SOSFS 2003:17). Risken för påverkan på människors hälsa ökar om infiltrationen sker i närheten av en grundvattentäkt.

Levande sjöar och vattendrag

Miljö kvalitetsmålet *Levande sjöar och vattendrag* innebär att sjöars, stränders och vattendrags värden för natur- och kulturupplevelser samt bad och friluftsliv värnas och utvecklas hänsynsfullt och långsiktigt (Miljömålsportalen, 2008). Sjöar och vattendrag ska också ha god ytvattenstatus med avseende på kemiska och fysikaliska förhållanden enligt EG:s ramdirektiv för vatten (2000/60/EG).

Enskilda avlopp påverkas av miljömålet i och med konsekvenser av utsläpp av övergödande ämnen som påverkar sjöar och vattendrags ytvattenstatus med avseende på dess kemiska och fysikaliska förhållanden. Utsläpp av organiska ämnen leder till ökad syrekonsumtion. Övergödningens konsekvenser, med algblomning och fiskdöd, påverkar även natur- och kulturupplevelser som bad och friluftsliv negativt. Även utsläpp av smittämnen kan medföra negativa konsekvenser på badvattnet.

God bebyggd miljö

Delmålen i *God bebyggd miljö* anger att senast år 2015 skall minst 60 procent av fosforföreningarna i avlopp återföras till produktiv mark, varav minst hälften bör återföras till åkermark (prop. 2004/05:150).

Återföringen av fosfor berör även enskilda avlopp:

”Särskilt enskilda avlopp bör i högre grad anpassas för att återföring av fosforföreningar och andra näringsämnen skall kunna ske och därtill minska miljö påverkan från dessa avlopp...” (Proposition 2004/05:150)

I övrigt påverkar miljökvalitetsmålet enskilda avlopp med energiförbrukningen i samband med drift av exempelvis minireningsverk. Transporter av slam och eventuella doseringsmaterial med mera bör även unna ingå i bedömningen av anläggningens totala resursanvändning.

2.6 Naturvårdsverkets handbok

Naturvårdsverket kom i juni 2008 ut med handboken *En handbok om små avlopp* som beskriver och tolkar de allmänna råd Naturvårdsverket tidigare givit ut (Naturvårdsverket, 2008). Syftet med handboken, och dess bilagor, är att i första hand ge kommuner handledning om hur de ska bedöma tillämpningen av miljöbalken och de allmänna råden när det gäller avlopp från enskilda hushåll.

2.7 Funktionskrav på enskilda avlopp

Enligt allmänna råden (NFS 2006:7) ska ett enskilt avlopp alltid dimensioneras efter vad minst fem personekvivalenter uppskattas släppa ut, det vill säga ett hushåll bestående av minst fem personer.

2.7.1 Reduktionskrav

BOD₇

De allmänna råden (NFS 2006:7) ställer tydliga funktionskrav på de enskilda avloppens rening av BOD₇. Avloppsanordningen ska uppnå minst 90 % reduktion av organiska ämnen, mätt som BOD₇. Detta gäller såväl vid normal som vid hög skyddsnivå. Om en person producerar 170 liter avloppsvatten per dygn med koncentrationen 280 mg/l motsvarar detta en högsta tillåten utsläppshalt på 30 mg/l (NFS 2006:7). Den högsta tillåtna utsläppsmängden BOD₇ är 5 gram per person och dygn.

Kväve

De allmänna råden (NFS 2006:7) ställer funktionskrav på de enskilda avloppens rening av kväve, mätt som totalkväve. Avloppsanordningen kan förväntas uppnå minst 50 % reduktion av totalkväve i områden med hög skyddsnivå. Om en person producerar 170 liter avloppsvatten per dygn med koncentrationen 80 mg/l motsvarar detta en högsta tillåten utsläppshalt på 40 mg/l (NFS 2006:7). Den högsta tillåtna mängd kväve är 7 gram per person och dygn.

Fosfor

De allmänna råden (NFS 2006:7) ställer funktionskrav på de enskilda avloppens rening av fosfor, mätt som totalfosfor. Avloppsanordningen ska uppnå minst 70 % reduktion av totalfosfor i områden med normal skyddsnivå och 90 % reduktion i områden med hög skyddsnivå. Om en person producerar 170 liter avloppsvatten per dygn med koncentrationen 12 mg/l motsvarar detta en högsta tillåten utsläppshalt på 3 mg/l vid normal skyddsnivå och halt på högst 1 mg/l vid hög skyddsnivå (NFS 2006:7). Beroende på skyddsnivå är den högsta tillåtna mängd fosfor 0,6 gram per person och dygn respektive 0,2 gram per person och dygn.

Smittämnen

Utsläpp av behandlat avloppsvatten innebär alltid en smittrisk om det snabbt når grund- eller ytvatten (Miljöteknikdelegationen, 1998). Framförallt är det fekalier som innehåller smittämnen,

men även urin Bad- Dusch- och tvättvatten (BDT) bidrar. Enligt miljöbalken ska en avloppsanläggning vara utformad och lokaliserad så att olägenheter för människors hälsa och miljön hindras eller motverkas (MB 2:3; MB 2:6). Grundvattnet måste skyddas eftersom det används som en dricksvattenreservoar. Ytvatten måste skyddas där det finns badplatser eller om barn kan tänkas leka vid vattendrag. För fastighetsägaren gäller att smittämnen endast bör analyseras när det finns en dokumenterad misstanke om att utsläppet av avloppsvatten medför en väsentligt ökad risk för smitta (Naturvårdsverket, 2008).

För att bedöma smittriskerna med ett enskilt avlopp brukar det renade avloppsvattnet jämföras med gränsvärdena för badvattenkvalitet (Hellström m.fl., 2003). På så vis berörs enskilda avlopp även av gränsvärdena i Naturvårdsverkets allmänna råd om badvatten (NFS 2008:8). Enligt rådet ska då bakterier som Intestinala kocker och E-coli analyseras. För att betraktas som tillfredställande kvalitet ska värdena vara lika med eller bättre än 330 cfu/ml för Intestinala kocker och 900 cfu/ml för E-coli i inlandsvatten (NFS 2008:8). E-coli används som indikatorbakterie vid rutinundersökningar av vatten för att påvisa färsk förorening av fekalier (Smittskyddsinstitutet, 2008).

2.7.2 Resurshushållning och kretslopp

Kretslopp

Enligt miljöbalken omfattas små avlopp av krav på resurshushållning och kretslopp (Miljöbalken; Naturvårdsverket, 2008). Enligt Naturvårdsverkets allmänna råd (SNV 2006:7) bör avloppsanordningen möjliggöra återvinning av näringsämnen ur avloppsfraktioner eller andra restprodukter. De allmänna råden tar upp fosfor, kväve och kalium som möjliga ämnen för närsaltsåtervinning. Återvinning kan ske genom kommunens försorg, överlåtas till jordbrukare eller nyttjas inom den enskilda fastigheten (Naturvårdsverket, 2006; Länsstyrelsen Skåne, 2008). Sverige har som miljömål att 60 procent av fosfor från avlopp ska återföras till jorden senast 2015 (Miljömålsportalen, 2008). För kalium och kväve återfinns inget specificerat delmål för återvinning.

Med alternativa metoder kan även återföring av näringsämnen till kretsloppet ske genom biologisk produktion som till exempel upptag av växtlighet.

Energiförbrukning

Gemensamt för många minireningsverk är att de förbrukar energi vid pumpning och luftning för den biologiska reningen (Naturvårdsverket, 2008). VA-systemets energianvändning är en faktor som ingår i bedömningen av resurshushållning (AR 2006:7). Systemets totala energiförbrukning bör vara låg och relateras till miljönyttan (Naturvårdsverket, 2002). Minireningsverkens energiförbrukning varierar vanligtvis mellan 200 till 900 kWh/år, beroende på vilken modell som avses (Stockholm Vatten, 2004).

Kostnader

Enligt skälighetsprincipen (MB 2:7) måste kostnaderna för inrättandet av ett avlopp stå i proportion med miljönyttan den förväntas ge. De totala kostnaderna för ett enskilt hushålls rening av avloppsvatten utgörs av inköp av anläggning och dess livslängd samt eventuella driftkostnader och funktionskontroll.

Det finns få aktuella sammanställningar av kostnaderna för olika avloppslösningar. Den som kanske är mest använd och som uppdateras någorlunda kontinuerligt är Avloppsguiden.se (Avloppsguiden, 2008). Enligt avloppsguiden kan ett inrättande av ett minireningsverk kosta mellan 50 – 70 000 kronor inklusive moms (Avloppsguiden.se, 2008). Därtill tillkommer kostnader för installation: grävning, ledningar och övrigt material.

2.7.3 Användarvänlighet

Skötsel och kontroll

Det ligger på fastighetsägarens ansvar att avloppsanläggningen sköts och kontrollas så avloppsvattnet inte medför risker för hälsa och miljö (MB 2:2). Många fastighetsägare saknar emellertid den kunskapen, vilket ofta kompletteras genom att det anlitas sakkunniga för råd och vägledning (Naturvårdsverket, 2008). Trots detta kräver ett minireningsverk större kunskaper och engagemang av brukaren i jämförelse med t.ex. en infiltrationsbädd (Naturvårdsverket, 2008).

Avloppsanläggningens funktion ska vara enkel att kontrollera och det ska finnas möjlighet att ta prov på det avloppsvatten som kommer ut från anordningen (AR 2006:7). Prov på det behandlade avloppsvattnet görs enklast om det finns ett väl definierat utlopp (Naturvårdsverket, 2008).

Om det behövs ska en avloppsanordning vara försedd med någon form av varningssystem eller larm för drift- eller funktionsstörningar (AR 2006:7). Behov av larmfunktioner är aktuellt om det finns aktiva delar i driften som kan gå sönder, som t.ex. pumpar eller luftningsanordningar. Även vid risk för höga hydrauliska nivåer kan larm vara skäligt.

Lukt

Utsläpp av avloppsvatten ska inte medverka till en väsentligt ökad risk för lukt där människor kan exponeras för det (NFS 2006:7). Lukt kan uppstå i samband med läckage från ett avlopp vilket då ofta beror på att den är trasig eller felaktigt dimensionerad. Lukt kan också bero på otillräcklig rening av kväve eller organiskt material. Luktproblem beror inte alltid bara på anläggningen utan även på dess placering (Hellström m.fl, 2003).

Buller

Buller kan dels vara störande för själva brukaren men även påverka grannar eller eventuella förbipasserande. I projektet Bra Små Avlopp konstaterades bland annat att buller dels kan komma från pumpanordningar men även från doseringsutrustning (Hellström m.fl., 2003).

Säkerhet

Det finns en del säkerhetsmässiga aspekter som kan belysas när det gäller minireningsverk. Det handlar oftast om att avloppsanläggningar i sig kan utgöra en fara för små barn som leker och undersöker sin omgivning, liksom för djur och andra personer än barn (Naturvårdsverket, 2008). De handlar då framförallt om smittrisen vid kontakt av avloppsvattnet. Även vid provtagning finns risk för smitta. Vad gäller minireningsverk finns även risk för frätskador i de fall fällningskemikalier används. Det behövs även låsanordningar då det finns riska för att barn trillar i.

2.7.4 Robusthet

Om avloppsanläggning ska kunna anses vara driftsäker och klara vissa påfrestningar måste den uppfylla en viss robusthet. Det är bland annat viktigt att anläggningen klarar de väderförhållanden som kan tänkas uppkomma. Anordningen bör klara årstidernas varierande väderförhållanden som kraftiga vindar, torrperioder, höga och låga temperaturer och så vidare. Det är också en fördel om en avloppsanläggning tål en påfrestande behandling (SS-EN 12566-3:2005). Avloppsanordningen ska vara tät för att hindra in- och utläckage av vatten (NFS 2006:7; SS-EN 12566-3:2005).

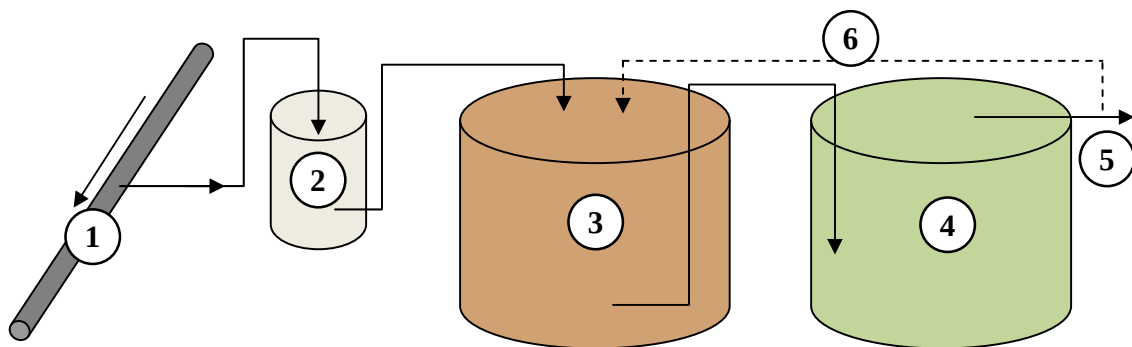
3 Anläggningens uppbyggnad

De Phytosystem som ska testas är uppbyggd vid Pomonavägen, Alnarp, i Lomma kommun. Anläggningen har funnits på platsen sedan juni 2008 (Figur 1).



Figur 1 I figuren syns Phytosystem 1 till höger och Phytosystem 2 till vänster. Foto: Lazarek 2008

Den testade anläggningen är uppbyggd i olika delar och innefattar avloppsledningsnät, uppsamlingsbrunn, MultiFunctional Septic System (MFSS) och Phytosystem. MFSS kan liknas vid en utvecklad slamavskiljare och Phytosystem vid ett alternativt minireningsverk. Nedan följer en principiell beskrivning av anläggningens uppbyggnad (Figur 2).



Figur 2 De huvudsakliga delarna i avloppsanläggningen på Alnarp. Avloppsvatten leds från det kommunala avloppsledningsnätet (1) till en uppsamlingsbrunn (2). Från uppsamlingsbrunnen pumpas avloppsvattnet sedan vidare till MFSS (3). Efter att vattnet passerat MFSS pumpas det sedan upp till Phytosystem (4). Det behandlade vattnet rinner sedan med självfall ut till recipient (5). Möjlighet till recirkulation från Phytosystem till MFSS finns (6). Bilden är inte skalenlig.

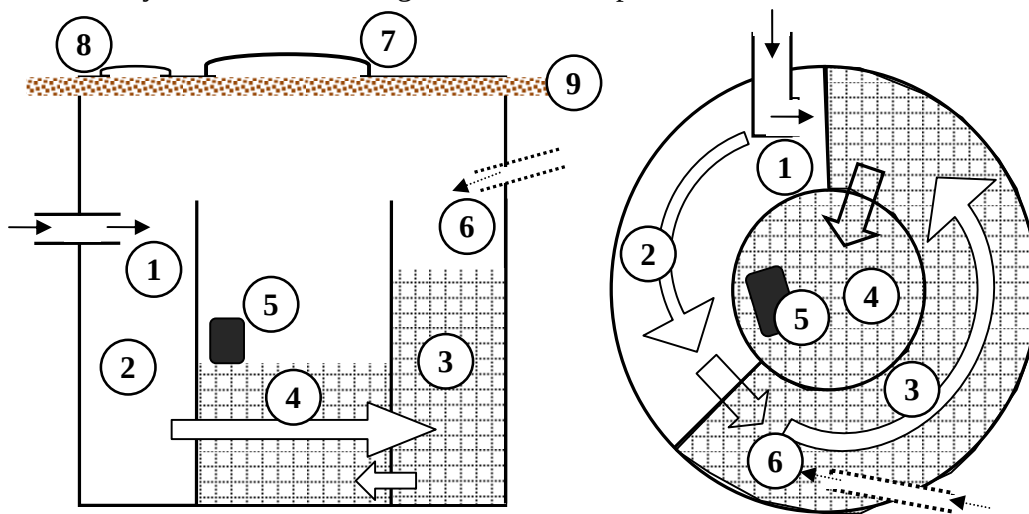
På anläggningen i Alnarp har totalt tre Phytosystems varit inkopplade efter MFSS. Phytosystem 1 och Phytosystem 2 har varit inkopplade hela perioden medan Phytosystem 3 endast har varit inkopplad i slutet av perioden. De olika Phytosystemen har varit inkopplade parallellt efter MFSS, vilket innebär att de fått likvärdigt avloppsvatten men oftast inte samma mängd.

3.1 Uppsamlingsbrunn

Från det allmänna avloppsledningsnätet leds avloppsvatten in till en uppsamlingsbrunn. En pump i uppsamlingsbrunnen pumpar sedan ca 500 liter avloppsvatten åt gången till MFSS. Pumpning sker per automatik 2-5 gånger per dygn, men möjlighet till manuell styrning finns. Pumpen maler även sönder större delar i avloppsvattnet till fraktioner om cirka 5 mm. Pumpens kapacitet är 1000 l/min och har en effekt på 400 W.

3.2 Beskrivning av MultiFunctional Septic System(MFSS)

MFSS är 2 m djup och 2 m i diameter, totalvolymen är ca 6 m³. Den yttre delen är en cirkulationskanal vilken är uppdelad i två funktionella enheter, en försedimenteringsdel och en denitrifikationsdel (Figur 3). I denitrifikationsdelen finns en PE-biobädd, vilket kan beskrivas som ett nät av hårdplasten polyetylen. I mitten av MFSS finns en cylinder som är 0,8 m i diameter, även denna del har en PE-biobädd. På PE-nätet i mittendelen står en pump som doserar avloppsvattnet vidare till Phytosystem. Pumpens effekt är 100 W och pumpningskapacitet är 150 liter/min. Cylindrarna består av glasfiberarmerad plast, Glassfiber Reinforced Plastic (GRP).



Figur 3 De två bilderna visar en prinskiss över MFSS uppbyggnad, den vänstra bilden visar MFSS från sidan och den högra bilden visar systemet i genomskärning. Inflöde (1) och försedimenteringsdel (2). PE-nät (3) för denitrifikation i samband med recirkulation från Phytosystem. Mittkanal med PE-nät (4) och pump (5) för pumpning vidare till Phytosystem. Recirkulationsrör från Phytosystem (6). Brunnsluck (7) och ytterligare ett lock (8) för slamtömning av sedimenteringskanalen. Marknivå (9). Bilden är inte skalenlig.

I den inledande försedimenteringsdelen är syftet att större partiklar och fragment ska sedimentera innan avloppsvattnet går vidare till denitrifikationsdelen. MFSS kan tillföras nitrathaltigt avloppsvatten i samband med recirkulation från Phytosystem; detta görs i så fall till början av denitrifikationsdelen. Syftet med att denitrifikationsdelen består av PE-biobädd är att det ska

bildas en biofilm på nätet med bakterier som denitrifierar nitraterna från det recirkulerade avloppsvattnet.

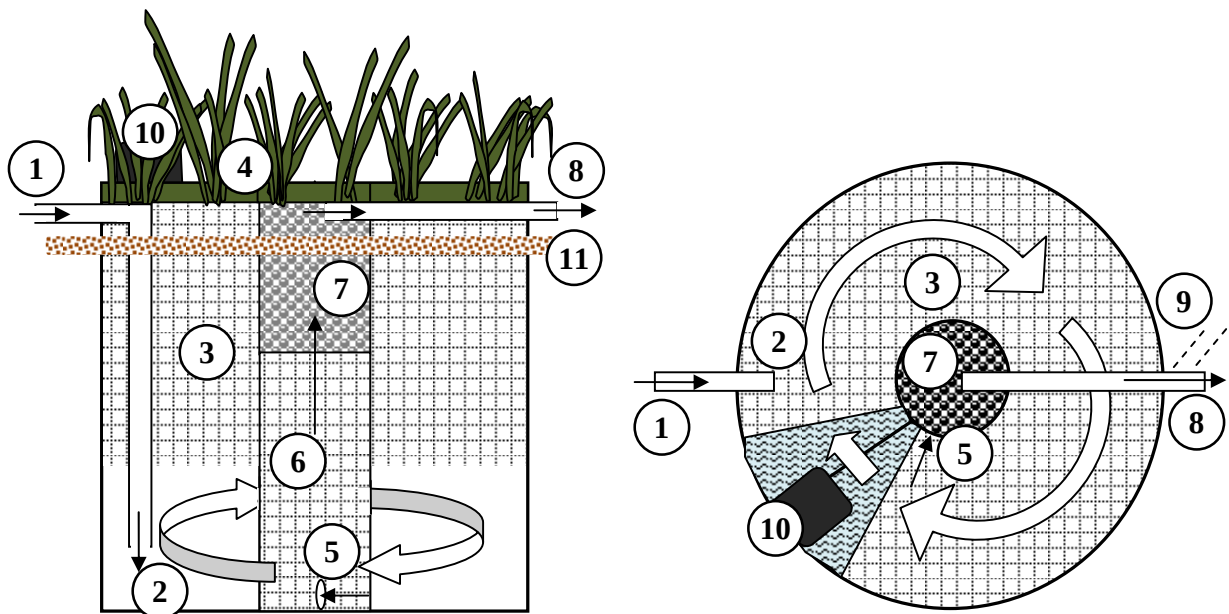
3.3 Beskrivning av Phytosystem

Den totala volymen i Phytosystem 1 och Phytosystem 2 är 6 m^3 . Själva anläggningen är i form av en cylinder som är 2 m djup och 2 m i diameter. På botten finns en öppen del som är 0,7 m hög och 0,6 m bred (Figur 4). I mitten finns en inre cylinder som är 2 m hög och 0,8 m i diameter. Resterande volym är fylld med PE-nät. På toppen av anläggningen växer makrofyter (Bilaga 1). Cylindrarna består av GRP. Luftning sker med luftningspump med effekten 60 W och kapaciteten 100 liter luft/min.

Phytosystem 3 har en annan dimensionering än de andra två Phytosystemen (Lazarek, 2008).

Bärarmaterial

Det PE-nät som finns i Phytosystem har som syfte att vara ett bärarmaterial för tillväxt av biofilm. PE-nätet skapar en möjlig tillväxtyta om cirka $400 \text{ m}^2/\text{m}^3$ (Lazarek, 2008).



Figur 4. De två bilderna visar en prinsipskiss över Phytosystems uppbyggnad, den vänstra bilden visar Phytosystem i genomskärning från sidan och den högra bilden visar systemet ovanifrån. Inflöde (1). Avloppsvattnet kommer ner i syresättningsområde med cirkulation (2). Biobädd av PE-nät (3). Vattenväxter växer på PE-nätet (4). Inflöde till mittenkanalen (5). Nedre delen av mittenkanalen består av PE-nät (6) och övre delen av mittenkanalen är fylld med Leca och eventuellt Phoslock (7). Utflöde (8). Möjlighet till recirkulation till MFSS (9). Luftningspump för syresättning och som driver flödet i systemet (10). Marknivå (11). Bilden är inte skalenlig.

Stötvis påfyllning för behandling

Behandling av slamavskilt avloppsvatten sker med stötvis påfyllning. En bestämd mängd avloppsvatten tillförs då Phytosystem, frekvensen av detta sker i mån av tillgång på avloppsvatten i MFSS. Det påfyllda vattnet passerar sedan Phytosystems olika delar och anses därefter vara behandlat. Phytosystems konstruktion innebär att samma volym avloppsvatten som

tillförs anläggning samtidigt också lämnar den, med undantag för avdunstning och upptag av makrofyter. Utflödet sker genom självfall i samband med att vattennivån stiger vid påfyllningen.

Genom denna metod sker alltid en utspädning av det inkommande avloppsvattnet. Eftersom Phytosystem har en volym på ca 6 m³ och en påfyllning motsvarar 150 liter vid varje påfyllnadstillfälle sker en utspädning på 1:40. Påfyllning sker normalt per automatik men kan även göras manuellt. Avsikten från tillverkaren är att påfyllning ska ske i ännu mindre mängder, med syfte att ska en jämnare näringsbelastning (Lazarek, 2008).

Recirkulation

Från vecka 31 och framåt recirkulerades uppskattningsvis 10-15% av det utgående vattnet från Phytosystem 1 och Phytosystem 2 till MFSS (Lazarek, 2008). Syftet med detta är att låta kväve denitrifieras i MFSSs biobädd.

Makrofyter

På toppen av PE-nätet växer olika makrofyter (Bilaga 1). Val av makrofyter som används i Phytosystem kan variera. Vilka som används beror på fysiologiska och funktionella egenskaper och ibland även på estetiska preferenser (Lazarek, 2008). Syftet är bland annat att makrofyternas rötter ska bidra med upptag av näringsämnen, metaller med mera. En viktig funktion är att växternas rotsystem bidrar med yta för bakterier och biofilm. Växternas rötter skapar även miljöer som gynnar nitrifikation och denitrifikation (Tonderski, 2003).

BOD

Nedbrytning av biologiskt nedbrytbara ämnen sker med hjälp av mikroorganismer (Kemira, 2003). Under nedbrytningen bildas framförallt koldioxid, ammonium och vatten. För att möjliggöra syresättningen i Phytosystem används cirkulation på botten av tanken (nr 2 i Figur 3).

Kväve

Då avloppsvattnet i Phytosystem syresätts överför nitrifikationsbakterier ammonium till nitrat. Därefter kan denitrifikationsbakterier göra nitrat till kvävgas. För att kvävgas ska bildas krävs att det finns syrefria zoner i reningsverket. Denna process sker i detta fall parallellt i en och samma behållare, så kallad simultandenitrifikation. Men balansen mellan tillräcklig syrehalt för nitrifikationen och att samtidigt få syrefria zoner i ett system kan vara svår att nå då zonerna står mot varandra. Om det blir för hög syresättning skapas inga eller få syrefria zoner och om det är för låg syresättning avtar nitratbildningen.

I Phytosystem finns den syrerika delen i huvudsakligen på botten av anläggningen. Syrehalten förmodas sedan minska upp mot vegetationen. Vid vegetationens rötter och PE-nätet skapas en stor yta där biofilm kan bildas. Det är i första hand i dessa områden syrefria zoner skapas som kan möjliggöra denitrifikationen av nitrater (nr 3 i Figur 4).

Kvävereduktion är temperaturberoende. Om temperaturen minskar, minskar även aktiviteten hos de verksamma organismerna (Kemira, 2003; Hao m.fl., 2002). Undersökningar har visat att om temperaturen sänks från 18°C till 10°C kan nitrifikationen minska med omkring 20 %, och upp

till 70 % om belastningen är relativt hög (Wichern m.fl., 2008). Nitrifikation kan fungera vid en temperatur ner till 4°C, men det krävs då en lång uppehållstid för processen (Kemira, 2003).

Fosfor

Den huvudsakliga reningen av fosfor i Phytosystem sker genom adsorption. Både i Phytosystem 1 och i Phytosystem 2 lär fastbindning av fosfor ske i Leca-materialet. I Phytosystem 1 kan även Phoslock[®] bidra med fastbindning av fosfor. Det finns 60 kg Leca i vardera Phytosystem, lecakulornas storlek varierar mellan 0,5-1,5 cm i diameter.

I försök har det visat sig att Leca har en P-sorberande förmåga på 0,1 g/kg under förutsättning att koncentrationen av fosfor är 20 mg/l.

I Phytosystem 1 sattes 20 kg Phoslock uppdelat i fem mindre säckar av nylon i den inre cylindern. Phoslock[®] är utvecklad i Australien och är en modifierad bentonitlera i form av granulat. Rening av fosfor ur vatten sker genom inbindning av fosfat (Douglas m.fl., 2003). Enligt uppgift kan 1 kg Phoslock[®] sorbera 10 g fosfor (Phoslock Water Solutions Ltd, 2008). Inbindningsförmågan är känslig för höga pH-värden (Phoslock Water Solutions Ltd, 2008). Vid ett pH över 9 krävs större mängder Phoslock. Enligt användningsinstruktionerna till Phoslock[®] ska granulaterna röras ut i vatten före användning.

En viss biologisk avskiljning av fosfor sker också, men allmänt brukar denna vara av mindre betydelse (Naturvårdsverket, 2008).

3.4 Phytosystem i Ystad

Utöver den anläggning som beskrivits ovan finns ett Phytosystem på en privat fastighet i Ystads kommun (Lazarek, 2008). Denna anläggning är inkopplad efter en traditionell trekammarbrunn. I övrigt har den liknande utformning som Phytosystem 2.

4 Metod för provtagning och utvärdering

4.1 Bedömningar av provtagning

I *Handboken om små avlopp* (Naturvårdsverket, 2008) föreslås ett klassificeringssystem för hur myndigheter kan bedöma olika undersökningar av avloppslösningar för enskilda avlopp. I handboken beskrivs flera klasser (A-D) varav de två första (A och B) anses vara tillförlitliga för en bedömning. Både klass A och B kräver oberoende utvärderingar.

Klass A

För att bedömas som klass A ska utvärderingen av ett minireningsverk helst ha gjorts enligt Europastandard (12566-3:2005) eller samma nivå som projektet ”Bra Små Avlopp” (Naturvårdsverket, 2008). Provtagningen ska ske under stora delar av året och antingen vara flödesrelaterade eller omfattas av ett stort antal stickprov, och både in- och utgående vatten ska provtas (Naturvårdsverket, 2008; SS-EN 12566-3:2005).

Projektet ”Bra Små Avlopp” är det mest omfattande funktionstestet på småskaliga avloppsanordningar som hittills gjorts i Sverige (Naturvårdsverket, 2008). Bra Små Avlopps provtagningsmetodik skiljer sig från Europastandarden men har samma ambitionsnivå och kvalitetskrav och anses i *Handbok om små avlopp* som ”mycket trovärdiga”.

Klass B

För att bedömas som klass B behöver utvärderingen av systemet vara i fullskalemodell men provtagningen behöver inte vara i den omfattningen ”att man med stor säkerhet ska kunna bedöma reduktionsgrad, innehåll i restprodukter och robusthet” (Naturvårdsverket, 2008). I övrigt krävs att följande kriterier uppnås för att klara klass B:

- Provtagning och analys hos ackrediterat laboratorium
- Provtagning i normal drift under hela eller delar av året
- Mätningar på utgående vatten
- En större mängd stickprov och helst bedömning av flöde

Utvärderingar som kan placeras i klass B är bland annat examensarbeten vid högskola eller universitet eller utvärderingar från kommuner. Ett projekt som exemplifieras i bilaga till *Handboken om små avlopp* är Västerås Stads fastighetskontors provtagning på minireningsverk.

4.1.1 Andra utvärderingar och provtagningar

Uppdrag 51c – Västra Götalands länsstyrelse

Regeringen gav 2007 i uppdrag till tre länsstyrelser att ta fram metoder och planeringsunderlag för åtgärder för minskad miljöpåverkan på havsmiljön från enskilda avlopp (Länsstyrelserna, 2008). Genom detta uppdrag genomförs, i skrivandets stund, av länsstyrelsen i Västra Götaland projektet *Tillsyn på minireningsverk inklusive mätning av funktion* (Hübinette, 2008). I projektet används en provtagningsmetod som innebär stickprover på utgående vatten. Totalt görs minst sju provtagningar för varje typ av minireningsverk. För utvärderingen av reduktionsgrad för reningen

används de schabloner på inkommande belastning som används i Naturvårdsverkets allmänna råd (Hübinette, 2008).

Projektet Bra Små Avlopp

I projektet Bra Små Avlopp togs flödesproportionella vecko- och dygnsprov på inkommande och utgående avloppsvatten under perioder om fyra till åtta veckor på respektive anläggning (Hellström m.fl., 2003). I vissa fall kompletterades vecko- och dygnsproverna med stickprov. Även ett antal stickprov för bakterieprovtagning förekom. Flödesbelastningen i undersökningarna har sällan kommit upp i mängder som motsvarar belastningen från fem personekvivalenter.

Västerås Stads fastighetskontors provtagning av minireningsverk

I Västerås togs prover med samlingsprovtagare, där så var möjligt och i annat fall stickprov, en gång per kvartal under ett års tid. De parametrar som analyserades var BOD, totalkväve, totalfosfor och E-coli (Naturvårdsverket, 2008).

4.2 Avloppsvattnets sammansättning

Anläggningen på Alnarp är ansluten till en del av det kommunala avloppsledningsnätet. I denna del av avloppsledningsnätet finns dels bostadsfastigheter anslutna men även förskoleverksamhet och kontorslokaler.

Under provtagningsperioden upptäcktes det att dagvatten läcker in i avloppsledningsnätet. Detta har påverkat mätningarna flödena och inkommande koncentrationer under veckorna 32, 33 och 35. Resterande veckor stängdes inflöden mellan avloppsledningsnätet och uppsamlingsbrunnen av under de timmar det föreföll ökad risk att betydande mängder dagvatten skulle läcka in (Lazarek, 2008).

4.2.1 Schabloner

Naturvårdsverket redovisar i sina allmänna råd (NFS 2006:7) beräkningar av vad en normalperson schablonmässigt avger per fraktion och dygn. Den utgående halten som då är beräknad utefter att en normalperson producerar 170 liter avloppsvatten per dag är 280 mg/l BOD₇, 12 mg/l totalfosfor och 40 mg/l totalkväve. Detta kan jämföras med föroreningsmängder i kommunalt avloppsvatten (Tabell 3).

Tabell 3. Schabloner som uppskattar innehållet i avloppsvatten som kommer från enskilda avlopp eller till kommunalt avloppsreningsverk.

Fraktion	BOD₇ (g/pe·d)	Tot-N (g/pe·d)	Tot-P (g/pe·d)
Enskilda avlopp*	48	14	2
Kommunalt avloppsvatten**	60-90	10-14	2,0-3,5

* SNV 2006:7

** Kemira, 2003

4.3 Provtagningspunkter

För det till anläggningen inkommande avloppsvattnet togs prov i toppen av MFSS, nedanför inloppet. Prov på det utgående avloppsvattnet från MFSS, inkommande till minireningsverket,

togs i toppen av MFSSs centrumdel. Provtagning av det behandlade avloppsvattnet togs direkt från utloppsröret från respektive Phytosystem.

4.4 Provtagning

För utformning av provtagningsmetod användes *Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer* (AVT, 1997) som förlaga. Vid varje provpunkt och provtagningsstillfälle togs fem delprov om vardera en liter. Delproven togs med ett intervall om minst två och maximalt tre minuter. För att inte proven skulle bli förstörda togs provet i praktiken inom 15 minuter. Delproven slogs ihop till ett samlingsprov. Från samlingsprovet togs det prov som sedan analyserades av VA SYD Vattenlaboratorie (Tabell 4).

Vid varje provtagningspunkt prov vid 15 tillfällen, med undantag från Phytosystem 2. Provtagningen gjordes mellan vecka 28 och vecka 42 år 2008. Utgående prover från Phytosystem 2 provtogs vid 12 tillfällen mellan vecka 31 och 42. Provtagningen skedde en gång per vecka. Proverna för respektive provpunkt togs vid samma tillfälle. Samtliga prover med undantag av de som gjordes vecka 40 togs av undertecknad. Det prov som togs den veckan avvek från ovanstående vad gäller provtagningsmetod vid det inkommande avloppsvattnet i MFSS (Lazarek, 2008). Metoden skiljde sig från övriga provtagningar genom att det skedde en nedrörning av flytande material innan provtagningen utfördes.

Smittskydd

För provtagning av *E.coli* och *Intestinala kocker* togs stickprov av utgående vatten från Phytosystem. Prover tog vid tre tillfällen från Phytosystem 1 och vid ett tillfälle från Phytosystem 2 (Bilaga 10). Varje prov togs direkt ur det utgående avloppsvattnet i en 0,5 liters steriliserad glasbehållare. Proverna analyserades av VA SYD Vattenlaboratorie.

Zooplankton

För att verifiera påstående från Phytosystems utvecklare att det förekommer zooplankton i systemet undersöktes förekomst av zooplankton i utgående vattnet från Phytosystem 1. Provtagning skedde med förlaga från Ekologisk Metodik (1992). 10 liter vatten silades med planktonhåv, 45µm. Räkning av zooplankton gjordes sedan i mikroskop.

4.5 Parametrar för analys

Valet av parametrar för analys av avloppsvattnet har i första hand grundat sig på de ämnen som det direkt ställs krav på i Naturvårdsverkets allmänna råd om små avloppsanläggningar för hushållsspillvatten (NFS 2006:7). Därtill har ytterligare parametrar tillkommit vilka indirekt grundar sig på krav i Naturvårdsverkets allmänna råd eller europeisk standard (SS-EN 12566-3:2005).

För bedömning av skydd mot smittämnen har parametrar i Naturvårdsverkets föreskrifter och allmänna råd om badvatten (SNF, 2008:8) använts. Enligt rådet om badvatten ska halten av *E.coli* och *Intestinala kocker* analyseras.

För bedömning av risker för förorening av dricksvatten har Socialstyrelsens allmänna råd om

försiktighetsmått för dricksvatten (SOSFS: 2005:20) använts som jämförande referensvärden.

Tabell 4. Analyismetoder samt mätosäkerhet för respektive parameter som undersökts.

Parameter	Metod	Mätosäkerhet
pH	SS 028122	± 0,1
Susp. ämnen	SS-EN 872:2005	± 7 %
Konduktivitet	SS-EN 27888	± 5 %
BOD ₇	SS-EN1899-1	± 17 %
Totalkväve	Lange, LCK 138/238	± 6 %
Totalfosfor	SS-EN ISO 6878:2005 modifierad	± 5 %
Ammoniumkväve	SS 028134	± 6 %
Nitrat + nitritkväve	SS-EN ISO 13395 modifierad	± 5 %
Nitritkväve	SS-EN 26777	± 5 %
Nitratkväve	SS-EN ISO 13395 modifierad	± 5%
E-coli 44°C	Colilert	-
Intestinala Enterokocker	Colilert	-

Analyserna har gjorts av VA SYD Vattenlaboratoriet; laboratoriet är ackrediterat av Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll (SWEDAC).

Beräkningsmetoder för reduktion

I olika utvärderingar av minireningsverk förekommer olika metoder vid beräkning av verkens reduktionsförmåga. De beräkningar som är flödesrelaterade beskrivs oftast som mest tillförlitliga (Naturvårdsverket, 2008). En annan vanlig metod är att enbart använda genomsnittshalter för utgående avloppsvatten, vilken då antingen brukar jämföras med schabloner eller uppmätta halter för inkommande avloppsvatten. Olika beräkningsmetoder kan uppvisa olika resultat. För att se hur resultaten kan variera kommer flertalet olika beräkningsmetoder att användas för att utvärdera Phytosystems reduktionsförmåga. Nedan följer en beskrivning av de olika beräkningsmetoderna som kommer att användas för att utvärdera reduktionsgraden i Phytosystem:

- *Flödesrelaterade mängdberäkningar.* Ingående samt utgående halter för respektive parameter multipliceras med den hydrologiska belastningen (Bilaga 14). Av detta beräknas sedan reduktionen. Ingen hänsyn tas till uppehållstider eller yttre påverkan.

Uppgifter om den hydrauliska belastningen som krävs för att beräkna flödet har erhållits genom Phytotechnology Europe AB (Bilaga 2).

- *In och utgående halt samt hänsyn till inläckage och uppehållstider.* Medelvärde av den inkommande halten jämförs med medelvärdet av den utgående halten, av detta beräknas reduktionen för respektive parameter (Bilaga 13). Hänsyn tas till den hydrauliska uppehållstiden i systemet och eventuella andra yttre omständigheter som kan ha påverkat undersökningen.

Väderdata har erhållits från Magnusson (2008) (Bilaga 12).

För att undersöka om olika beräkningsmetoder påverkar resultatet av reduktionsgrad tillkommer ytterligare tre beräkningsmetoder:

- *In- och utgående halt.* Medelvärde av den inkommande halten jämförs med medelvärdet av den utgående halten, av detta beräknas reduktionen av respektive parameter. Ingen hänsyn tas till den hydrologiska uppehållstiden i systemet eller eventuella andra omständigheter som kan ha påverkat undersökningen.
- *Schablonmetoden.* Medelvärde av den utgående halten jämförs med schablon, av detta beräknas den procentuella reduktionen för respektive parameter. Ingen hänsyn tas till den hydrauliska uppehållstiden i systemet eller eventuella andra omständigheter som kan ha påverkat undersökningen.
- *Stickprovsmetoden.* Utgående halter jämförs var och en med det schablonvärde för ”renat” avloppsvatten som finns i de allmänna råden (SNF 2006:7). Jämförelsen görs för att se hur många mätningar som klarar eller inte klarar kraven för respektive parameter. Ingen hänsyn tas till den hydrauliska uppehållstiden i systemet eller eventuella andra omständigheter som kan ha påverkat undersökningen.

Phoslock

Utöver detta kommer effekten av Phoslock i Phytosystem 1 att utvärderas med avseende på fosforreduktionen. Detta kommer att ske genom en jämförelse av fosforreduktionen i Phytosystem 1 och Phytosystem 2.

Smittämnen

Förekomst av smittämnen presenteras i ett logaritmerat stapeldiagram.

4.5.1 Resurshushållning och kretslopp

Kretslopp

Uppskattning av kretslopp av fosfor och kväve görs genom bedömning av hur omhändertagandet av fraktionerna kan gå till samt hur tillverkaren avser att göra i framtiden.

Beräkningsmetoder för energianvändning och kostnader

Energianvändningen beräknas genom att använda den angivna effekten för pumpen för syresättning av Phytosystem. Eftersom energiförbrukningen från de pumpar som inte används kontinuerligt i regel anses vara försumbar ingår inte dessa i beräkningarna (Hellström m.fl., 2003). Energianvändningen avser förbrukning av el.

4.5.2 Användarvänlighet

Skötsel och kontroll

Bedömning av skötselbehovet görs genom direkta frågor till tillverkaren. Utifrån detta görs sedan uppskattning av eventuella behov av skötsel.

Undersökning av lukt och buller

I samband med besök vid anläggningen noteras om eventuell lukt förekommer. För buller görs inga mätningar; istället görs noteringar om buller från anläggningen.

4.5.3 Robusthet

För att bedöma anläggningens robusthet undersöks hur den har klarat sig under de väderförhållanden som varit. För att få en bild av hur tillförlitlig anläggningen är görs en jämförelse mellan reduktionen i Phytosystem 1 och Phytosystem 2.

4.6 Phytosystem i Ystad

För att utvärdera det Phytosystem som finns i Ystad kommer en jämförelse av en provtagning som är gjord där att jämföras med reduktionskraven och schabloner i Naturvårdsverkets allmänna råd (SNV 2006:7). Provtagning gjordes av Stanislav Lazarek (2008). Kemisk analys gjordes av VA SYD Vattenlaboratorie.

5 Resultat

För beräkningar av reduktion i MFSS och Phytosystem används beräkningsmetoden för *Flödesrelaterade mängdberäkningar* men även beräkningsmetoden *In och utgående halt samt hänsyn till inläckage och uppehållstider* har använts. Se vidare i 6.1 *Provernans representativitet* för motivering.

5.1 Reduktion i MFSS

I MFSS var reduktionen av mängden BOD₇ 18 %, av mängden totalfosfor 13 % och av mängden totalkväve 16 %.

Reduktionen, baserat på medelvärde av ingående och utgående halt, av BOD₇ i MFSS var 26 %, av halten totalfosfor 10 %, av mängden totalkväve 14 % och av halten SS 38 % (Tabell 5). I beräkningarna har ingen hänsyn tagits till uppehållstid eller annan påverkan.

Tabell 5. Medelvärde, maximala och minsta halt för det inkommande och det utgående vattnet i MFSS.

	BOD ₇ (mg/l)			Tot-P (mg/l)			Tot-N (mg/l)			Ammoniumkväve (mg/l)		
	Max	Min	Medel	Max	Min	Medel	Max	Min	Medel	Max	Min	Medel
IN	210	13	123	12	2,1	7,7	67	17	44	61	13	37
UT	200	19	91	12	2,3	6,9	60	18	38	54	12	32

5.2 Reduktion i Phytosystem 1

I Phytosystem 1 var reduktionen av mängden BOD₇ >97 %, av mängden totalfosfor 52 %, av mängden totalkväve 30 %, av mängden ammoniumkväve 92 %.

Beräkning av reduktion av halt, med hänsyn till uppehållstid

Reduktionen, baserat på medelvärden av ingående och utgående halt, i Phytosystem 1 av BOD₇ var >97 %, av halten totalfosfor 46 %, av halten totalkväve 35 % och ammoniumkväve 91 % (Tabell 6). I beräkningarna har hänsyn tagits till uppehållstid och inläckage av regnvatten till det kommunala avloppsledningsnätet (Bilaga 13).

Tabell 6. Medelvärde, maximala och minsta halt vid det inkommande och det utgående vattnet i Phytosystem 1.

	BOD ₇ (mg/l)			Tot-P (mg/l)			Tot-N (mg/l)			Ammoniumkväve (mg/l)		
	Max	Min	Medel	Max	Min	Medel	Max	Min	Medel	Max	Min	Medel
IN	200	26	95	12	3,8	7,4	57	20	39	54	12	32
UT	<3	<3	<3	7,5	0,14	4,0	48	12	29	8,5	0,01	2,4

5.3 Reduktion i MFSS + Phytosystem 1

I MFSS + Phytosystem 1 var reduktionen av mängden BOD₇ >97 %, av mängden totalfosfor 59 %, av mängden totalkväve 42 % och av mängden ammoniumkväve 94 %.

Beräkning av reduktion av halt, med hänsyn till uppehållstid

Reduktionen, baserat på medelvärde av ingående och utgående halt, i MFSS + Phytosystem 1 av BOD₇ var >98 %, av halten totalfosfor 54 % av halten totalkväve 41 % och av halten ammoniumkväve 93 % (Tabell 7). I beräkningarna har hänsyn tagits till uppehållstid och inläckage av regnvatten till avloppsledningsnätet (Bilaga 13).

Tabell 7. Medelvärde, maximala och minsta halt vid det inkommande och det utgående vattnet för MFSS och Phytosystem 1.

	BOD ₇ (mg/l)			Tot-P (mg/l)			Tot-N (mg/l)			Ammoniumkväve (mg/l)		
	Max	Min	Medel	Max	Min	Medel	Max	Min	Medel	Max	Min	Medel
IN	210	46	142	12	4,8	8,7	67	26	49	61	21	41
UT	<3	<3	<3	7,5	0,14	4,0	48	12	29	8,5	0,01	3,0

Enbart inkommande halt

Reduktionen, baserat på ingående och utgående halt, i MFSS + Phytosystem 1 av BOD₇ var >98 %, av halten totalfosfor 60 %, av halten totalkväve 43 %. I beräkningarna har ingen hänsyn tagits till uppehållstid eller inläckage av regnvatten till det kommunala avloppsledningsnätet.

Schablonmetoden

Reduktionen, baserat på Naturvårdsverkets schablon och utgående halt, i MFSS + Phytosystem 1 av BOD₇ var 99 %, totalfosfor 73 % och totalkväve 68 %. I beräkningarna har ingen hänsyn tagits till uppehållstid eller inläckage av regnvatten till avloppsledningsnätet.

Stickprovsmetoden

Halten av BOD₇ av utgående avloppsvatten från Phytosystem 1 har underskridit Naturvårdsverkets allmänna råd (SNV 2006:7) vid samtliga femton provtagningstillfällen. Utgående halt av totalfosfor har underskridits vid 4 tillfällen och överskridits vid 11 tillfällen för halter avseende hög skyddsnivå. Utgående halt av totalfosfor med avseende på normal skyddsnivå har halterna underskridits vid 9 tillfällen och överskridits vid 6. För halter avseende hög skyddsnivå för totalkväve har de utgående halterna underskridits vid 10 tillfällen och överskridits vid 5 tillfällen.

5.4 Reduktion i Phytosystem 2

I Phytosystem 2 var reduktionen av mängden BOD₇ >97 %, av mängden totalfosfor 44 %, av mängden totalkväve 39 % och av mängden ammoniumkväve 90 %.

Beräkning av reduktion av halt, med hänsyn till uppehållstid

Reduktionen, baserat på ingående och utgående halt, i Phytosystem 2 av BOD₇ var >97 %, av halten totalfosfor 36 %, av halten totalkväve 22 % och ammoniumkväve 88 % (Tabell 7). I beräkningarna har hänsyn tagits till uppehållstid och inläckage av regnvatten till avloppsledningsnätet (Bilaga 13).

Tabell 7. Medelvärde, maximala och minsta halt vid det inkommande och det utgående vattnet för Phytosystem 2.

	BOD ₇ (mg/l)			Tot-P (mg/l)			Tot-N (mg/l)			Ammoniumkväve (mg/l)		
	Max	Min	Medel	Max	Min	Medel	Max	Min	Medel	Max	Min	Medel
IN	200	29	113	12	4,1	8,3	57	23	44	52	19	38
UT	<3	<3	<3	9,1	0,23	5,3	48	13	34	9,4	0,02	4,0

5.5 Reduktion i MFSS + Phytosystem 2

I MFSS + Phytosystem 2 var reduktionen av mängden BOD₇ >98 %, av mängden totalfosfor 50 %, av mängden totalkväve 40 % och av mängden ammoniumkväve 92 %.

Beräkning av reduktion, halt, med hänsyn till uppehållstid

Reduktionen, baserat på ingående och utgående halt, i MFSS + Phytosystem 2 av BOD₇ var 98 %, av halten totalfosfor 46 %, av halten totalkväve 22 % och ammoniumkväve 91 % (Tabell 8). I beräkningarna har hänsyn tagits till uppehållstid och inläckage av regnvatten till avloppsledningsnätet (Bilaga 13).

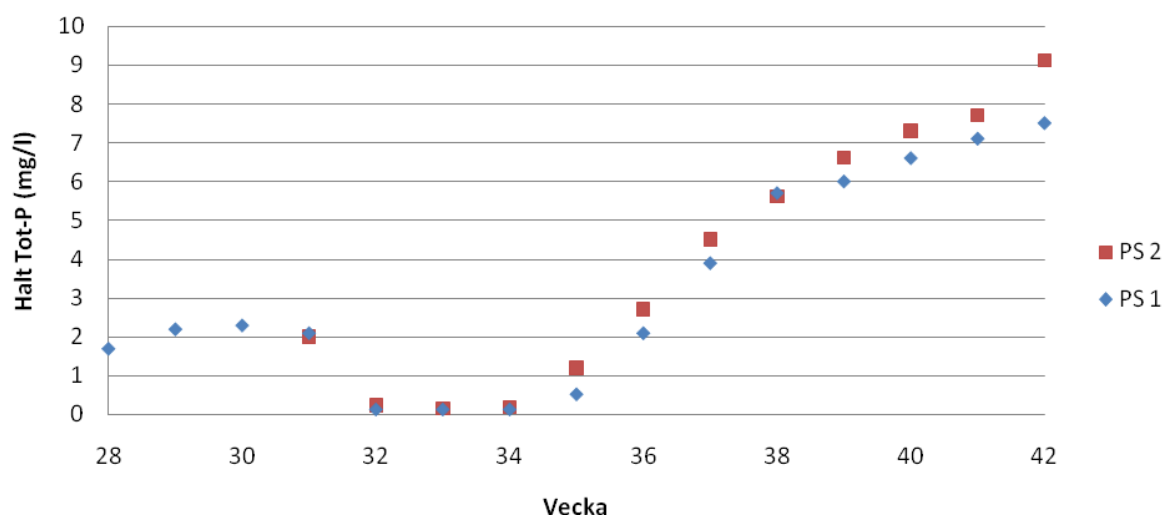
Tabell 8. Medelvärde, maximala och minsta halt vid det inkommande och det utgående vattnet för MFSS och Phytosystem 2.

	BOD ₇ (mg/l)			Tot-P (mg/l)			Tot-N (mg/l)			Ammoniumkväve (mg/l)		
	Max	Min	Medel	Max	Min	Medel	Max	Min	Medel	Max	Min	Medel
IN	210	46	162	12	4,8	8,3	67	35	56	61	30	48
UT	>3	>3	>3	9,1	0,23	5,3	48	13	34	9,4	0,02	4,0

5.6 Phoslock

Halterna av totalfosfor har i utgående vatten varit lägre i Phytosystem 1 (PS 1) än jämfört med halterna i Phytosystem 2 (PS 2) (Figur 5).

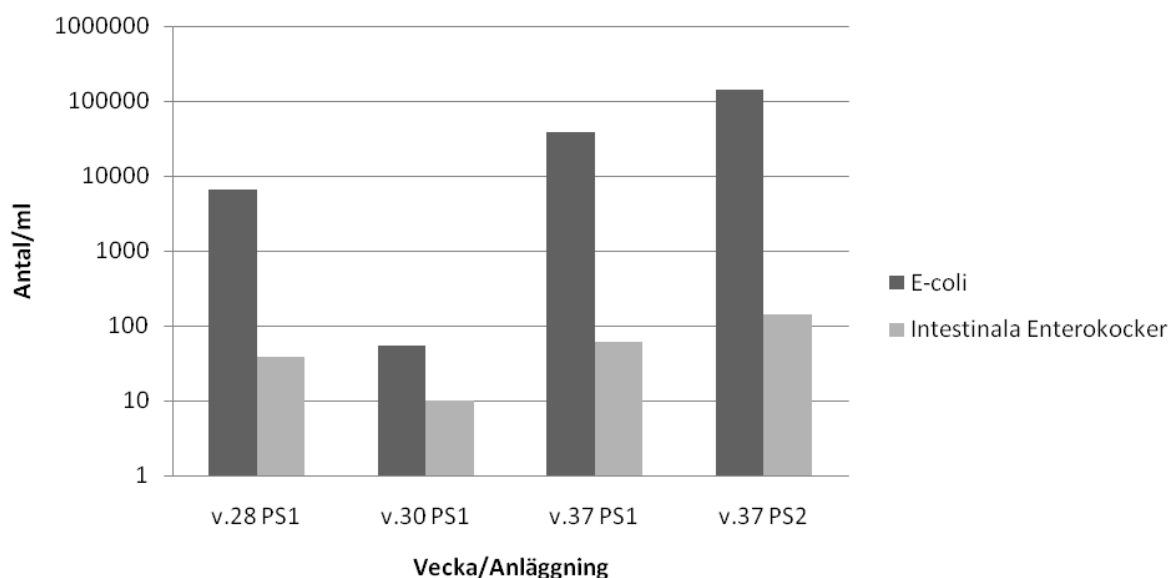
Figur 5. Uppmätt halt av totalfosfor i Phytosystem 1 och Phytosystem 2, utgående vatten. Halterna presenteras för respektive vecka som mätningarna genomfördes



5.7 Smittämnen i Phytosystem

Vid tre tillfällen har halten av E-coli och Intestinala Enterokocker enligt Naturvårdsverkets gränsvärden för badvattenkvalitet överskridits (Bilaga 10). Vid ett tillfälle har Phytosystem klarat gränsvärdet med anmärkning (Figur 6).

Figur 6. Förekomst av bakterier i Phytosystems utgående vatten. Stapeldiagrammet är logariterat. Jämför värden med Naturvårdsverkets allmänna råd som presenteras i avsnitt 2.7.1 Reduktionskrav.



5.8 Zooplankton

Zooplankton har påträffats i utgående vatten, koncentrationen var 108 individer per liter (Bilaga 11).

5.8.1 Resurshushållning och kretslopp

Kretslopp

För närvarande finns inget kretsloppanpassat system kopplat till den testade anläggningen i Alnarp. Tillverkarna har tankar om att kretsloppsanpassa framtida anläggningar genom att bevattna omgivande marker med renat avloppsvatten (Lazarek, 2008).

Energianvändning

Energianvändningen för pumpen för syresättningen i Phytosystem uppgår till 530 kWh/år.

5.8.2 Användarvänlighet

Skötsel och kontroll

Den skötsel och kontroll som krävs för driften av Phytosystem består i av att försäkra sig om att pumparna för inflöde och luftning, fungerar. Det finns inga rörliga delar som behöver bytas.

Undersökning av lukt och buller

Vid besök vid anläggningen noterades inga lukter som leder till anmärkning. En viss förekomst av lukt förekom i samband med påfyllning av Phytosystem.

Bullernivåerna i närheten av anläggningen betraktas som ringa.

5.8.3 Robusthet

Inga anmärkningar har gjorts om brister i robusthet. De väderförhållanden som varit har inte påverkat anläggningens konstruktion (Bilaga 12). Tillverkaren har påtalat vikten av rör, kopplingar och ventiler ska bestå av plast och inte metall, detta för att undvika att delar fryser (Lazarek, 2008). Anläggningen på Alnarp har haft ett fåtal metalledar men de har bytits ut till plast efterhand. Utöver detta har även betydelsen av att rör och dylikt är rätt dimensionerade påtalats.

Utgående halter av totalkväve har i Phytosystem 1 och i Phytosystem 2 varit likvärdiga (Bilaga 5)

5.8.4 Phytosystem i Ystad

I utgående avloppsvatten från Phytosystem i Ystad har 6 mg/l BOD₇, 12 mg/l totalfosfor och 24 mg/l totalkväve uppmätts.

6 Diskussion

6.1 Provernas representativitet

Det avloppsvatten som anläggningen på Alnarp belastas med kan till största delen jämföras med avloppsvatten från enskilda avlopp. Det skiljer sig dock en aning då det inte har lika höga föroreningshalter som schablonen i Naturvårdsverket allmänna råd (2006:7) presenterar. De lägre halterna kan delvis förklaras med att anläggningen inte är kopplad till ett enskilt hushåll utan till flera hushåll samt olika verksamheter och därmed också kan liknas vid kommunalt avloppsvatten. Skillnaden är att avloppsvattnet i Alnarp inte innehåller spillvatten från någon industri.

Under provtagningsperioden har det förekommit ”inläckage” av dagvatten till anläggningen. Detta har bland annat medfört lägre koncentration av föroreningar genom att en tillfällig utspädning skett. Genom uppmärksamhet från tillverkaren har förekommande fall noterats. Inläckage kan även spåras genom mätresultat av relativt låga föroreningshalter. Även de väderdata som erhållits från en närliggande väderstation har kunnat komplettera noteringarna av regn i samband med konstaterat inläckage av dagvatten (Bilaga 12).

De inkommande halterna till MFSS har som sagt inte kommit upp i de koncentrationer som uppges vara normalt enligt de allmänna råden (NFS 2006:7), men eftersom mätningar kontinuerligt gjorts har det skapats en tillförlitlighet till beräkningar av den procentuella reduktionen av föroreningar i avloppsvattnet.

När beräkningar har gjorts av procentuell reduktion med hjälp av inkommande och utgående halter visar resultatet att det har en viss betydelse om hänsyn tas till inläckage av regnvatten samt uppehållstider eller inte. Tas ingen hänsyn till detta visar resultatet sig vara bättre än utan att ta hänsyn till dessa faktorer. En förklaring till detta kan vara en utspädande effekt. Det är visserligen så att den reducerade mängden av BOD, kväve och fosfor ligger närmare dessa beräkningar då inte hänsyn tagits för inläckage och uppehållstid. Men det borde ändå vara de som tar hänsyn till detta som i första hand bör användas som resultat då de ligger närmare en vanlig användning av systemet, då det normalt inte förekommer inläckage.

Schablonmetoden

En viktig del att påpeka är den skillnad i resultaten som föreligger vid en jämförelse av användning av Naturvårdsverkets schabloner eller uppmätta halter för det inkommande avloppsvattnet. För totalkväve skiljer det hela 25 procentenheter och för totalfosfor skiljer det 13 procentenheter i resultat (Tabell 9). Vid en bedömning av anläggningen skulle den direkt klara vissa av Naturvårdsverkets allmänna råd för reduktionskrav vid användning av schablonerna och inte när de faktiska värdena används. Det är anmärkningsvärt och påvisar betydelsen av mätningar av det inkommande avloppsvattnet i samband med utvärdering av avloppslösningar.

Tabell 9 Jämförande data om Naturvårdsverkets (SNV 2006:7) schablon eller den uppmätta reduktionen används för att bedöma om anläggningen klarar normal eller hög skyddsnivå.

Fraktion	Reduktion enligt schablon (%)	Uppmätt reduktion (%)	Normal skyddsnivå (%)	Hög skyddsnivå (%)
BOD₇	99	98	90	90
Totalfosfor	73	60	70	90
Totalkväve	68	43	-	50

Stickprovsmetoden

Om man ser till att en bedömning av anläggningen skulle göras utefter enstaka stickprov visar det sig att utfallet i högsta grad skulle uppträda slumpartat. Anläggningen skulle till exempel klara Naturvårdsverkets allmänna råd för totalfosfor vid cirka en tredjedel av stickproven, beroende på vilken nivå som anförs. Detta ska jämföras med alla andra resultat som entydigt visar på anläggningen inte alls klarar kraven för totalfosfor. Denna godtycklighet genom ett eller ett fåtal stickprov vid bedömning av reduktion av totalkväve är ännu tydligare då två tredjedelar av dessa visar att anläggningen klarar uppsatta krav för hög skyddsnivå. De andra beräkningarna visar att reduktionen av totalkväve ligger strax under kraven.

Jämförelse med andra utvärderingar

Vid en jämförelse med andra utvärdering av olika tekniska lösningar bör denna ligga i överkant för vad som innebär att beskrivas som Klass B enligt Naturvårdsverkets *Handbok om små avloppslösningar*. Den kommer dock inte upp till Klass A eftersom de flödesrelaterade beräkningarna inte är lika omfattande som de i *Svensk Standard* eller Stockholm Vattens *Bra små Avlopp*. Denna utvärdering har i vissa fall betydligt mer omfattande provtagning än vad som behövs för att klassas enligt Klass B. Som exempel har här gjorts 15 prov på inkommande och 15 prov på utgående vatten i jämförelse med till exempel den undersökning som gjorts av Västerås Stads Fastighetskontors provtagningar på minireningsverk där totalt fyra prov lär ha tagits, och då endast på utgående vatten. Med andra ord bör denna undersökning betraktas om tillräcklig för bedömning av Phytosystem som alternativ för att behandla avloppsvatten från ett enskilt hushåll.

6.2 MFSS

Om man jämför reduktionen av BOD₇, totalfosfor, totalkväve och SS i MFSS med reduktionen hos en vanlig slamavskiljare uppnås likvärdiga resultat, med undantag för SS (Tabell 10). Värdena från MFSS ligger inom det spann som uppvisas för slamavskiljare. I den här undersökningen borde därför MFSS kunna ses som en slamavskiljare när det gäller jämförelser med resultat för Phytosystem.

Tabell 10. Reduktion i MFSS och slamavskiljare.

Ämne	MFSS (%)	Slamavskiljare* (%)
BOD ₇	18	10-20
Totalfosfor	13	5-20
Totalkväve	16	5-20
SS	38	70-90

*enligt Naturvårdsverket Små avloppsanläggningar (2003)

6.3 Uppfyllnad av reduktionskrav

6.3.1 Reduktion av BOD₇

Phytosystem har uppvisat en mycket god reduktion av BOD₇. Vid samtliga provtagningar har halten BOD₇ varit så pass låg att analyserna inte kunnat påvisa någon förekomst i det utgående vattnet. Halten av BOD₇ i det inkommande vattnet har dock inte varit så hög som det normalt är i enskilda avlopp.

6.3.2 Reduktion av kväve

Resultaten från Phytosystem visar på god kvävereduktion, 41-42 % med MFSS. Det fattas dock några procentenheter för att uppfylla de 50 % som krävs vid hög skyddsnivå enligt Naturvårdsverkets allmänna råd. I områden där det ställs krav på kvävereduktion bör därför utsläpp direkt till recipient inte ske utan föregås av någon form av efterpolering, eventuellt kan det räcka med ett enkelt resorptionsdike eller med översilning för att klara hög skyddsnivå.

Eftersom Phytosystem uppvisat tämligen goda resultat för nitrifikation bör det finnas goda möjligheter att kunna förbättra kvävereduktionen med någon typ av fosforfilter. Enligt Avloppsguiden.se (2008) ger fosforfilter en 50-60 % reduktion av kväve, under förutsättning att nitrifikation har skett i tidigare behandlingssteg. Siffrorna gäller större fosforfilter, inte prefabricerade filterkassetter. Enligt dessa siffror skulle kvävereduktion, under optimala förhållanden, uppskattningsvis kunna uppgå till ca 70 %. Det finns med andra ord möjligheter att med ett efterpolerande steg öka den totala kvävereduktionen så att anläggningen med god marginal uppfyller kraven som ställs vid hög skyddsnivå.

Eftersom den huvudsakliga reduktionen av kväve i Phytosystem ökar med högre nitrifikations och denitrifikationsgrad minskar det i sammanhanget möjligheten till återvinning av kväve vid allt bättre reduktion. Om man vill ta tillvara det kväve som finns i vattnet skulle det istället kunna användas till bevattning istället för att släppas ut till en recipient.

Recirkulation och kvävereduktion

Det är svårt att utröna hur stor bidraget av kvävereduktion genom recirkulationen av vatten från Phytosystem till MFSS är. Genom recirkulationen har det definitivt tillförts nitrat till MFSS vilket skulle synas på mätresultaten (Bilaga 7). Eftersom mätningarna visar på ytterst låga halter av nitrat i slutet av MFSS har troligtvis nästan all nitrat denitrifieras. Recirkulation kan således betraktas som en effektiv metod för kvävereduktion. Då i princip all tillförd nitrat denitrifieras i MFSS skulle troligtvis också större mängder än 10-15% från Phytosystem kunnat recirkuleras. Detta skulle i så fall öka kvävereduktionen i systemet.

6.3.3 Reduktion av fosfor

Undersökningarna har visat att Phytosystem inte klarar funktionskraven på rening av totalfosfor. Varken Naturvårdsverkets allmänna råd om hög eller normal skyddsnivå uppnås. Inte heller den högsta tillåtna utsläppsmängden (1 mg/l) har underskridits, med undantag från de tillfällen då avloppsledningsnätet hade inläckage av regnvatten.

Adsorptionen av fosfor i Phytosystem kan även förväntas att avta ytterligare i samband med att den Leca som finns placerad i minireningsverket uppnår en allt högre mättnadsgrad av uppbundet fosfor. Den Leca som finns är inte tillräcklig för att binda den mängd fosfor som väntas komma från ett enskilt hushåll med fem personekvivalenter.

Rening av fosfor bör kompletteras med någon ytterligare lösning för att uppfylla kraven på fosforrening, och där det finns flera möjliga lösningar. Ett alternativ är efterpolering där ett fosforfilter placeras efter Phytosystem. Ett fosforfilter är ett material med hög kapacitet för fosforinbindning (Naturvårdsverket, 2008). Fosforfilter fungerar oftast som bäst om avloppsvattnet redan genomgått biologiskt behandling för rening av organiskt material (Naturvårdsverket, 2008). Eftersom Phytosystem har uppvisat en mycket god rening BOD₇ skulle någon typ av fosforfilter efter Phytosystem vara lämpligt. Efterpolering i fosforfälla efter minireningsverk bör normalt innebära tillräcklig rening (Miljösamverkan Skåne, 2008).

Ett annat alternativ är att det renade vattnet används till bevattning av åkermark eller annan mark (Miljösamverkan Skåne, 2008). På så sätt kan fosfor användas som gödsel genom bevattningen istället för att t.ex. bindas upp med någon form av fosforinbindning. Tyvärr har system med bevattning en begränsad användning i vårt klimat (Naturvårdsverket, 2008). Det är till exempel inte tillåtet att sprida organiska gödselmedel på åkermark mellan 1 januari och 15 februari eller när marken är frusen alternativt vattenmättad (Jordbruksverket, 2007). Men möjligheter till bevattning finns. Det är viktigt att spridning föregås av någon form av hygienisering (Miljösamverkan Skåne, 2008).

Både bevattning och fosforfilter med ett fosforsorberande material skapar möjligheter för att Phytosystem klarar det av riksdagens uppsatta delmålet om återföring av fosfor till åkermark. För att underlätta återföringen av fosfor till kretsloppet bör dock materialet i fosforfällan ha egenskaper som medför att fosfor inte binds permanent och materialet måste vara lämpligt för nedmyllning i åkermark eller uppblandning av kompost (Länsstyrelsen Skåne, 2008).

Phoslock

Det är svårt att konstatera om användningen av Phoslock i Phytosystem 1 uppvisar någon betydande skillnad i jämförelse av fosforreduktionen. Den totala mängden fosfor har visserligen reducerats i högre grad i Phytosystem 1 än i Phytosystem 2. Men detta behöver inte betyda att det är Phoslock i sig som haft en betydande skillnad för reduktionen då det finns andra orsaker som kan ha större betydelse. Phytosystem 2 har haft ett högre flöde igenom systemet, vilket kan påverka den fosforsorberande potentialen hos Lecan. Ett fosforsorberande material kräver att fosforpartiklarna får möjligheten att komma i kontakt med sorbentens partiklar, i det här fallet Lecan, för att kunna bindas in till materialet. En kortare uppehållstid motverkar detta. Under perioden konstaterades det också att de granulater som Phoslock leveras som löses upp i kontakt med vatten, varefter det bildas en lerklump. Då lera har mycket låg genomsläpplighet kan man dra slutsatsen att den yta som behövs för att binda all fosfor som finns i avloppsvattnet genast går

förlorad. Förutsättningarna för att Phoslock ska fungera som en fosforsorbent i detta sammanhang borde därför vara relativt lågt. Phoslock i sig har, enligt tillverkaren, mycket hög sorberande förmåga så det skulle kunna vara möjligt att kunna använda materialet i någon annan form.

6.3.4 Smittämnen

De bakterieprovtagningar som har gjorts för att undersöka förekomst av smittämnen visar att Phytosystem har svårt att klara nivåerna för badvattenkvalitet. Det är visserligen få prover tagna men att bara ett av de fyra tagna proverna visar lägre nivåer än vad som krävs borde tolkas som att åtgärder för att öka hygieniseringen i anläggningen bör kunna vidtas när behov uppstår.

6.3.5 Lukt

Vid de tillfällen anläggningen har besökts har någon dålig lukt som bör anmärkas aldrig konstaterats. Visserligen uppkommer en viss avloppslukt i samband med påfyllning av Phytosystem, men detta är oundvikligt då system är öppet och efter en kort stund försvinner denna lukt. Från det renade vattnet har aldrig luktproblem förekommit.

6.3.6 Resurshushållning och kretslopp

Det kväve som avskiljs avgår framförallt till luften och kan därför inte återföras. Men det kväve som inte avskiljs kan samlas upp och skulle med fördel kunna användas som gödsel vid bevattning. På så sätt skulle en viss kretsloppsanpassning för kväve nås. Eftersom Phytosystem har en rening av totalkväve på ca 50 procent lär detta också vara den högsta möjliga återföringsgraden av kväve. Skulle ett extra polersteg införas, t.ex. fosforfilter, kan reningsgraden av totalkväve visserligen öka ytterligare, men ur ett kretsloppsperspektiv skulle detta inte vara odelat positivt.

Då Phytosystem kompletteras med en lösning för reduktion av fosfor bör denna vara kretsloppsanpassad för att ta tillvara på fosfor. Ovan nämnda förslag om bevattning eller tillämpning av fosforsorption möjliggör detta.

6.3.7 Energianvändning

Energianvändningen i Phytosystem bör jämföras med energiförbrukning som traditionella minreningsverk har. Phytosystem hamnar då ungefär i mitten av vad som är vanligt, ca 500 kWh/år jämfört med 200-900 kWh/år (Hellström, 2003). En energiförbrukning som i sammanhangen kan anses som godtagbar eftersom den inte tillhör den högsta nivån.

Tillverkaren avser dock att så småningom använda sig av ett luftningssystem med en lägre förbrukning, till 40 W jämfört med nuvarande 60 W (Lazarek, 2008). Den årliga förbrukningen skulle då minska med en tredjedel till ca 350 kWh/år. Men samtidigt som detta skulle innebära en lägre energiförbrukning minskar även kapaciteten att syresätta vattnet, från 100 l luft/min till 80 l luft/min. Detta behöver dock inte vara negativt, kanske tvärtom. Phytosystem nitrifikationsförmåga har varit mycket god vilket tyder på redan tillräcklig syresättning i systemet. Att då minska syresättning skulle innebära ökade möjlighet till denitrifikation då fler

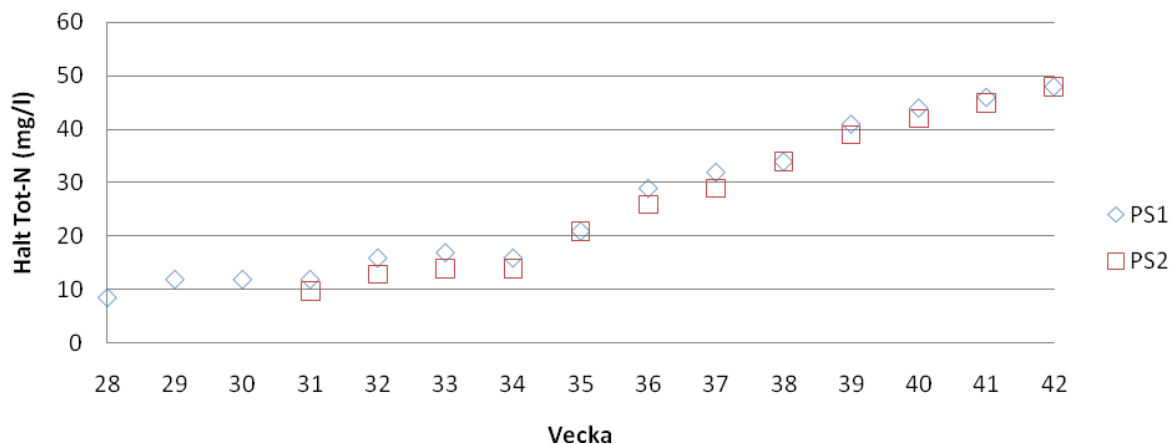
syrefria zoner kan uppstå i Phytosystems biobädd. Att sänka effekten och energianvändningen skulle alltså kunna innebära en högre kvävereduktion.

6.3.8 Robusthet

Eftersom Phytosystem är ett öppet system kommer vatten in i samband med regn. Det regnvatten som kommer in via ett ymnigt regnande är i sammanhanget att betrakta som relativt lite vatten. I samband med regn sker visserligen en viss påfyllning och i och med detta rinner en mängd av avloppsvattnet ut. Den högsta dygnsnederbörden som skedde under provperioden var 25 mm, vilket ger en total regnvattenmängd till ett Phytosystem var ca $0,1 \text{ m}^3$ ($25 \text{ mm} \cdot 3 \text{ m}^2 = 0,1 \text{ m}^3$) (Bilaga 12). Detta är en förhållandevis liten mängd då den vanliga påfyllningen normalt bidrar med större mängder orenat vatten, och regnvatten är ju att betrakta som rent. Att systemet står öppet är alltså inte betrakta som något problem.

Eftersom skillnaderna av det renade vattnets halter av till exempel totalkväve inte varierar i någon större grad mellan Phytosystem 1 och Phytosystem 2 bör detta tolkas som att systemet har en viss robusthet (Figur 7). Då båda Phytosystem i princip är lika uppbyggda och under perioden har belastats med avloppsvatten med lika föroreningshalter men i olika volymer borde en utgående halt som är likvärdig tyda på en stabilitet i reningsprocesserna. Om resultatet hade varit tvärtom, att de båda Phytosystem skulle uppvisa helt åtskilda halter i det renade vattnet skulle det väcka frågor om hur robust konstruktionen är när det gäller att skapa förutsättningar för de aktiva mikroorganismerna. Nu är resultaten likartade vilket som sagt bör tolkas som att systemet är stabilt och borde kunna uppvisa en förutsägbarhet i reningen av avloppsvatten från enskilda hushåll.

Figur 7 Utgående halt (mg/l) av totalkväve i Phytosystem 1 respektive Phytosystem 2.



Det verkar inte finnas några betydande negativa effekter vid en högre hydraulisk belastning i Phytosystem. Under den senare delen av provtagningsperioden, vecka 35 till och med vecka 42, har Phytosystem 1 fått flöden motsvarande cirka 1 hushålls belastning medan Phytosystem 2 fått flöden motsvarande närmare två hushåll, jämför i Bilaga 2. Trots den högre belastningen på Phytosystem 2 uppvisas inte några större skillnader i reningsgrad. De resultat som uppvisas i

denna undersökning borde därför inte bara betraktas för hydraulisk belastning från ett hushåll utan från närmare två stycken. Förmodligen kan ett Phytosystem behandla avloppsvatten från fler än ett enskilt hushåll.

6.3.9 Skötsel och kontroll

Det finns inte direkt några rörliga eller lösa delar i Phytosystem som kräver särskild skötsel eller som behöver bytas ut. Eftersom anläggningen inte har någon kemisk behandling eller liknande krävs inte heller någon påfyllning av kemikalier och svårigheter med doseringar uppstår inte. De delar som behöver kontrolleras är givetvis den pump som fyller på systemet och den luftningsanordning som syresätter vattnet. Olika larmfunktioner borde kunna utformas att sköta denna kontroll.

Eftersom Phytosystem har ett väl definierat utlopp är det enkelt att ta vattenprov på det utgående avloppsvattnet.

Det brukliga är att vattenprov tas i utloppet från en anläggning och skickas till ett ackrediterat laboratorie för analys. Men det finns också andra möjligheter att testa beskaffenheten på avloppsvattnet. Ett konkret exempel är Nordkalks Filtra P där man kan uppskatta mättnadsgraden hos ett fosforabsorberande material i avloppslösningar genom att använda ett pH-papper. Visar det sig att vattnet har pH 9 eller lägre ska det tolkas som att den fosforbindande förmågan upphört och det är dags att byta ut materialet (Nordkalk, 2008). Förekomsten av zooplankton i Phytosystems utgående vatten väcker tankar kring om inte andra typer av tester skulle kunna utvecklas för Phytosystem. Zooplankton är på många sätt en känslig organism för påfrestningar, då det krävs en viss kemisk och fysikalisk balans för zooplanktons fortlevnad. Genom att ta en del av det utgående vattnet i en genomskinlig behållare är det enkelt att undersöka eventuell förekomst zooplankton. Det vore därför intressant att se om det går att använda kunskapen om zooplanktons livsbetingelser för att utforma metoder för att snabbanalysera Phytosystem. En sådan metod skulle inte innebära någon analys direkt kopplad till reduktionsförmåga eller liknande, men däremot skulle det kanske kunna påvisa om systemets ekologiska och biologiska status var i balans eller inte. Frågan är om avsaknad av zooplankton i Phytosystem kan kopplas till minskad reduktionsförmåga. Ytterligare undersökningar krävs för att utreda detta.

6.4 Kostnader

Eftersom tillverkaren inte har fastställt något försäljningspris för Phytosystem finns det inga möjligheter att jämföra kostnaderna för en installation av tekniken med andra lösningar. Det går dock att konstatera att driftkostnaderna borde vara relativt låga då fällningskemikalier inte används för näringsreduktion. Elförbrukningen är i paritet med traditionella minireningsverk.

Det som skulle innebära högre kostnader för Phytosystem är den lösning som bör kompletteras för reduktion av fosfor.

6.5 *Phytosystem i Ystad*

Analysresultat som finns för Phytosystem i Ystad visar liknande tendenser som de Phytosystems som finns i Alnarp. Det vill säga att Phytosystem har bra förmåga att reducera avloppsvatten från både BOD₇ och kväve, men Phytosystem inte klarar Naturvårdsverkets allmänna råd (2006:7) för varken normal eller hög skyddsnivå gällande reduktion av fosfor.

6.6 *Biologisk mångfald*

Normalt sett diskuteras aldrig val av avloppslösning tillsammans med eller i samband med biologisk mångfald annat än för dess eventuella konsekvenser för recipienten. Egentligen inte heller i detta examensarbete, vilket kanske är en konsekvens av att regler, lagar och bedömningar aldrig behandlar biologisk mångfald. Men med Phytosystem ges ytterligare perspektiv i sammanhanget. Tidigare har det nämligen inte funnits några, eller i alla fall få, system som accepteras som godtagbara reningssystem för avloppsvatten som i sig kan bidra till mångfalden. Genom att Phytosystem både är ett öppet system med växtlighet och insekter och att det visar sig kunna innehålla zooplankton utgör det i sig ett relativt unikt system. Vattnet från Phytosystem innehåller organismer som normalt bara finns i dammar, sjöar och vattendrag. Detta skapar en bild av ett levande system som man normalt inte får när man tänker i termer av minireningsverk, enskilda avlopp och spillvatten från hushåll.

7 Slutsatser

Phytosystem har goda möjligheter att klara Naturvårdsverkets allmänna råd om anläggningen kompletteras med en lösning för att reducera utsläpp av fosfor (tot-P), vilket underlättas genom god reduktion av syreförbrukande ämnen (BOD₇). Troligtvis kan denna komplettering även innebära möjligheter till återvinning av näringsämnen till åkermark. Utöver detta kan Phytosystem tillföra värden för den biologiska mångfalden.

Hälsoskydd

Anläggning	Människor kan exponeras för avloppsvatten.
Behandlat vatten	Mängden smittämnen kan vara stor om inte efterbehandling sker. Komplettering av bakterieavdödande teknik bör göras tillgänglig.
Restprodukter	Återföring till åkermark kan kräva någon form av hygieniserande efterbehandling.

Miljöskydd

Ämne	Reduktion i % av total mängd i hushållsavlopp	Allmänna råd (%) Normal/Hög skyddsnivå
Syreförbrukande ämne (BOD ₇)	>97	90 / -
Fosfor (tot-P)	<60 ¹	70 / 90
Kväve (tot-N)	>40 ²	- / 50

1) Troligtvis avtagande med tiden

2) Reduktiongrad om utsläpp sker direkt till recipient

Kretslopp

Näringsämne	Återföringspotential i % av total mängd i hushållsavlopp	Miljömål, 2015 (%)
Fosfor (tot-P)	0-99 ¹	60
Kväve (tot-N)	0-50 ¹	-

1) Förutsätter kompletterande lösning för efterbehandling

Övrigt

Energiförbrukning	Ca 500 kWh/år
Lukt	Sällan eller inte förekommande.
Buller	Ringa.
Skötsel	Enkel. Inga rörliga delar eller kemikalier.
Provtagning	Väl definierat utlopp medför enkel provtagning av behandlat avloppsvatten.
Robusthet	Anläggningen är byggd av få, enkla och robusta delar. Klarar regn, blåst och troligtvis höga temperaturer. Ovisshet om kväve-reduktion vid lägre temperaturer.

Provtagningsmetoder

<i>Flödesrelaterade mängdberäkningar</i>	Troligtvis den mest rättvisa metoden. Används enligt standarder.
<i>In och utgående halt samt hänsyn till inläckage och uppehållstider</i>	Relativt bra, hänsyn till inläckage och uppehållstider.
<i>In- och utgående halt.</i>	Relativt bra, i paritet med flödesrelaterat.
<i>Schablonmetoden</i>	Kan ge helt felaktiga resultat, godtycklig bedömning.
<i>Stickprovsmetod</i>	En eller ett fåtal stickprover kan innebära en godtycklig bedömning.

Det har stor betydelse om en provtagningsmetod för utvärdering av en avloppslösning innefattar en provtagning av ingående vatten eller om schabloner används. Så länge man mäter både ingående och utgående halt, och vid flertalet tillfällen bör mätningarna vara tillfredsställande. Används schabloner eller stickprov för utvärdering och bedömning finns stor risk för godtycklighet.

8 Referenser

ATV. 1997. Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserverordnung - AbwV). Ein Service des Bundesministeriums der Justiz in Zusammenarbeit mit der juris GmbH 21.03.1997.

Brandt, Maja; Ejhed, Helène. 2002. TRK, Tarnsport – Retention – Källfördelning. Belastning på havet. Naturvårdsverket Rapport 5247. Naturvårdsverket Stockholm. Lindblom & Co. ISBN 91-620-5247-0.pdf. ISSN 0282-7298.

Brand, Maja; Ejhed, Helène, Rapp, Lars. 2008. Näringsbelastning på Östersjön och Västerhavet 2006. Underlag till Sveriges PLC5-redovisning till HELCOM. SMED på uppdrag av Naturvårdsverket. Rapport 5815. Naturvårdsverket. CM Gruppen AB, Bromma. CM Gruppen AB, Box 110 93, 161 11 Bromma. ISBN 978-91-620-5815-9.pdf

Douglas G.B., Adeney J.A och Robb M. 2003. A Novel Technique for Reducing Bioavailable Phosphorus in Water and Sediments. A Novel Technique – CSIRO Paper. CSIRO Land and Water, Western Australia.

Ekologisk Metodik. 1992. Enkla metoder för ekologisk beskrivning, insamling och analys. En sammanställning utarbetad vid Avdelningen för Ekologisk botanik, Avdelning för ekologisk zoologi, Limnologiska institutionen vid Lunds universitet. SIGNUM 1977. Kristiansstads Boktryckeri AB 1992. ISBN-91-85330-11-6.

Haoa, Xiaodi; Heijnena, Joseph J.; Van Loosdrecht Mark C.M. 2002. Model-based evaluation of temperature and inflow variations on a partial nitrification–ANAMMOX biofilm process. Pergamon. Water Research 36 (2002) 4839–4849.

Hellström, Daniel; Jonsson, Lena; Sjöström, Maria. Bra Små Avlopp. Slutrapport. Utvärdering av 15 enskilda avloppsanläggningar. 2003. Stockholm Vatten. R nr 13, juni 2003.

Hübinette, Maria. 2008. Personlig kontakt. Projektledare Vattenvårdsenheten. Länsstyrelsen Västra Götalands län 462 82 Vänersborg. Tfn 0521-60 57 41. maria.hubINETTE@lansstyrelsen.se.

Jordbruksverket, 2007. Tvärvillkor 2007 - God miljö för gårdens stöd. Jordbruksverket. Januari 2007.

Kemira. 2003. Konsten att rena vatten. Kemira Kemwater. Agneta Lindqvist. Helsingborg. On Paper. Helsingborg. ISBN 91-631-4353-4.

Lazarek, Stanislav. 2008. Personlig kontakt. Turning Torso 331, 211 15 Malmö. Phytotechnology Europe AB.

Länsstyrelserna, 2008. Länsstyrelserna Stockholm, Västra Götaland, Skåne. Renare avlopp ger friskare hav. Åtgärder för att minska enskilda avlopps påverkan på havsmiljön. Länsstyrelsen i Stockholms län Miljöavdelningen. Rapportnummer 2008:19. ISBN 978-91-7281-316-8.

Magnusson, Joel. 2008. Personlig kontakt. Odlingseenheten, Trädgårdslaboratorium. SLU Alnarp. Alnarps slott, Slottsvägen 4, 230 53 Alnarp. 040-415005.

Miljösamverkan Skåne, 2008. Enskilda avlopp - – ett förslag till gemensamma bedömningsgrunder och handläggningsrutiner med blanketter och juridiska synpunkter. BEDÖMNINGSGRUNDER OM SMÅ AVLOPPSANORDNINGAR FÖR HUSHÅLLSPILLVATTEN, SKÅNE (slutversion februari 2008).

Naturvårdsverket, 1995. Vad innehåller avlopp från hushåll. Näring och metaller i urin och fekalier samt i disk-, tvätt-, bad- & duschvatten. Rapport 4425. Naturvårdsverkets reprocentral. Stockholm 1995/06. ISBN 91-620-4425-7.

Naturvårdsverket, 2002. Aktionsplan för återföring av fosfor ur avlopp. Huvudrapport till Bra slam och fosfor i kretslopp. Rapport 5214. Naturvårdsverket, Stockholm. Danagårds Grafiska 2002/12. ISBN 91-620-5214-4.pdf. ISSN 0282-7298.

Naturvårdsverket, 2006. Rening av avloppsvatten i Sverige år 2004. Naturvårdsverkets rapport ISBN 91-620-8251-5.

Naturvårdsverket, 2008. Små avloppsanläggningar. Handbok till allmänna råd. Handbok 2008:3. Utgåva 1. Juli 2008. Miljörättsavdelningen. Elektronisk publikation ISBN 978-620-0153-7.pdf.

NFS 2006:7. Naturvårdsverkets allmänna råd till 2 och 26 kap. miljöbalken och 12-14 och 19 §§ förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd] om små avloppsanordningar för hushållsspillvatten; beslutade den 29 juni 2006. 2006-07-14. ISSN 1403-8234.

NFS 2008:8. Naturvårdsverkets föreskrifter och allmänna råd om badvatten; beslutade den 13 maj 2008. 2008-05-26. ISSN 1403-8234.

Palm, Ola. 2005. Konsekvensanalys Nya allmänna råd om enskilda avlopp. Ett projekt utfört på uppdrag av Naturvårdsverket. JTI – Uppdragsrapport. 2005-06-30.

Palm, Ola; Malmén, Linda; Jönsson, Håkan. 2002. Robusta, uthålliga små Avloppssystem. En kunskapssammanställning. Rapport 5224. Naturvårdsverket. Stockholm. Danagårds Grafiska 2002/12. ISBN 91-620-5224-1.

Phoslock Water Solutions Ltd, 2008. Smaller Application Brochure, January 2008. <http://www.phoslock.com.au/docs2/16%20%20Smaller%20Application%20Brochure,%20Januay%202008.pdf>. 2008-10-23.

Smittskyddsinstitutet. 2008. Sjukdomsinformation om Escherichia coli-infektioner i tarmen <http://www.smittskyddsinstitutet.se/sjukdomar/escherichia-coli-infektioner-i-tarmen>. 2008-11-02.

SOSFS 2003:17 (M). Allmänna råd. Försiktighetsmått för dricksvatten. Socialstyrelsen. Socialstyrelsens författningssamling. Stockholm. Grafikerna Livréna i Kungälv AB, Kungälv 2003. ISSN 0346-6000. Artikelnr 2003-10-17.

Tonderski, Karin; Weisner, Stefan; Landin, Jan; Oscarsson, Hans. 2002. Våtmarksboken. Skapande och nyttjande av värdefulla våtmarker. Västra Rapport 3. AB C O Ekblad & Co, Västervik 2002. ISBN 91-631-2737-7.

Wichern M.; Lübken M.; och Horn H. 2008. Optimizing sequencing batch reactor (SBR) reactor operation for treatment of dairy wastewater with aerobic granular sludge. Institute of Water Quality Control, Technical University of Munich, Am Coulombwall, 85748 Garching, Germany. Water Science & Technology—WST. SS 1199-1206.

Bilaga 1 – Makrofyter

Tabell 1. De makrofyter som finns planterade i Phytosystem på Alnarp.

Makrofyt	<i>latin</i>
Svalting	<i>Alisma sp.</i>
Starr	<i>Carex sp.</i>
Miskantus	<i>Miscanthus sp.</i>
Mynta	<i>Mentha sp.</i>
Säv	<i>Scirpus sp.</i>
Kaveldun	<i>Typha sp.</i>

Bilaga 2 – Flödesdata

Vecka	Till MFSS (l/dygn)	Till PS 1 (l/dygn)	Till PS 2 (l/dygn)	Till PS 3 (l/dygn)
28	1020	610	410	-
29	1200	800	400	-
30	1300	900	400	-
31	1350	900	450	-
32	2400	900	1500	-
33	2400	900	1500	-
34	2600	1000	1600	-
35	1500	600	900	-
36	1900	300	1600	-
37	2500	700	1800	-
38	2700	900	1800	-
39	2300	800	1500	-
40	2400	800	1600	-
41	2650	800	1600	-
42	3800	1100	2400	300
Medel:	2160	820	1300	300

Bilaga 3 – BOD₇

Vecka	Inflöde (mg/l)	ED (mg/l)	PS 1 (mg/l)	PS 2 (mg/l)
28	120	26	<3	-
29	93	65	<3	-
30	48	49	<3	-
31	46	29	<3	<3
32	24	35	<3	<3
33	13	19	<3	<3
34	140	66	<3	<3
35	120	110	<3	<3
36	150	85	<3	<3
37	200	150	<3	<3
38	190	140	<3	<3
39	170	57	<3	<3
40	520*	200	<3	<3
41	210	180	<3	<3
42	200	160	<3	<3

*Provtagning av Inflöde under vecka 40 gjordes med en avvikande metod, värdet används ej vid beräkningar. I det fall ett värde används för vecka 40 korreleras en halt efter uppmätta värden från vecka 39 och vecka 41.

Inflöde: Uppmätt halt till MFSS

ED: Uppmätt halt ut från MFSS, alternativt till PS1/PS2

PS 1: Uppmätt halt ut från Phytosystem 1

PS 2: Uppmätt halt ut från Phytosystem 2

Bilaga 4 – Totalfosfor, Tot-P

Vecka	Inflöde (mg/l)	ED (mg/l)	PS 1 (mg/l)	PS 1 (mg/l)
28	7,2	3,8	1,7	-
29	6,1	5,3	2,2	-
30	4,8	5,3	2,3	-
31	4,8	4,1	2,1	2
32	3,1	2,9	0,14	0,23
33	2,1	2,3	0,14	0,16
34	7,3	4,8	0,14	0,19
35	6,3	6,4	0,53	1,2
36	9,2	7,5	2,1	2,7
37	9,5	9,6	3,9	4,5
38	11	12	5,7	5,6
39	12	8,7	6	6,6
40	14*	10	6,6	7,3
41	12	10	7,1	7,7
42	12	11	7,5	9,1

*Provtagning av Inflöde under vecka 40 gjordes med en avvikande metod, värdet används ej vid beräkningar. I det fall ett värde används för vecka 40 korreleras en halt efter uppmätta värden från vecka 39 och vecka 41.

Inflöde: Uppmätt halt till MFSS

ED: Uppmätt halt ut från MFSS, alternativt till PS1/PS2

PS 1: Uppmätt halt ut från Phytosystem 1

PS 2: Uppmätt halt ut från Phytosystem 2

Bilaga 5 – Totalkväve, Tot-N

Vecka	Inflöde (mg/l)	ED (mg/l)	PS1 (mg/l)	PS2 (mg/l)
28	37	20	8,6	-
29	32	28	12	-
30	26	29	12	-
31	35	23	12	9,8
32	25	24	16	13
33	17	18	17	14
34	52	30	16	14
35	34	38	21	21
36	53	40	29	26
37	58	50	32	29
38	55	57	34	34
39	61	43	41	39
40	81*	51	44	42
41	67	55	46	45
42	63	60	48	48

*Provtagning av Inflöde under vecka 40 gjordes med en avvikande metod, värdet används ej vid beräkningar. I det fall ett värde används för vecka 40 korreleras en halt efter uppmätta värden från vecka 39 och vecka 41.

Inflöde: Uppmätt halt till MFSS

ED: Uppmätt halt ut från MFSS, alternativt till PS1/PS2

PS 1: Uppmätt halt ut från Phytosystem 1

PS 2: Uppmätt halt ut från Phytosystem 2

Bilaga 6 – Ammoniumkväve, NH₄⁺

Vecka	Inflöde (mg/l)	ED (mg/l)	PS1 (mg/l)	PS2 (mg/l)
28	29	12	0,03	-
29	23	21	0,01	-
30	21	25	0,01	-
31	30	19	0,01	0,01
32	20	18	0,03	0,02
33	13	14	0,02	0,02
34	45	26	0,02	0,01
35	28	34	0,19	0,13
36	42	32	2,7	0,75
37	43	46	3,1	4,5
38	47	50	3,4	3,4
39	55	25	5,1	3,9
40	47*	52	5,6	6
41	61	52	7	7,6
42	57	54	8,5	9,4

*Provtagning av Inflöde under vecka 40 gjordes med en avvikande metod, värdet används ej vid beräkningar. I det fall ett värde används för vecka 40 korreleras en halt efter uppmätta värden från vecka 39 och vecka 41.

Inflöde: Uppmätt halt till MFSS

ED: Uppmätt halt ut från MFSS, alternativt till PS1/PS2

PS 1: Uppmätt halt ut från Phytosystem 1

PS 2: Uppmätt halt ut från Phytosystem 2

Bilaga 7 – Nitrit och Nitrat

Inflöde

Vecka	Nitrit+Nitrat (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Nitrat (mg/l)
28	0,011	0,004	0,007
29	0,37	0,19	0,18
30	0,036	0,001	0,035
31	0,032	0,01	0,028
32	0,05	0,034	0,02
33	0,03	0,01	0,02
34	0,038	0,01	0,038
35	0,026	0,002	0,024
36	0,017	0,01	0,017
37	0,094	0,01	0,093
38	0,1	0,01	0,1
39	0,11	0,01	0,11
40	0,013*	0,01	0,013
41	0,044	0,01	0,044
42	0,03	0,01	0,03

ED

Vecka	Nitrit+Nitrat (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Nitrat (mg/l)
28	0,22	0,003	0,22
29	0,15	0,017	0,14
30	0,049	0,001	0,049
31	0,05	0,02	0,025
32	0,12	0,001	0,12
33	0,01	0,01	0,01
34	0,048	0,01	0,48
35	0,027	0,002	0,025
36	0,012	0,01	0,012
37	0,03	0,01	0,029
38	0,024	0,01	0,024
39	12	0,33	12,0
40	0,003	0,01	0,003
41	0,05	0,01	0,05
42	1,6	0,14	1,4

PS1

Vecka	Nitrit+Nitrat (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Nitrat (mg/l)
28	7,7	0,48	7,2
29	9,8	0,013	9,8
30	10	0,010	10
31	11	0,010	11
32	14	0,088	14
33	15	0,020	15
34	13	0,040	13
35	20	0,033	20
36	22	0,29	22
37	27	0,19	27
38	28	0,02	28
39	32	0,14	32
40	36	0,02	36
41	38	0,13	38
42	37	0,36	37

PS2

Vecka	Nitrit+Nitrat (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Nitrat (mg/l)
28			
29			
30			
31	8,3	0,11	8,2
32	12	0,14	12
33	12	0,030	12
34	11	0,030	11
35	20	0,062	20
36	23	0,16	23
37	22	0,16	22
38	27	0,02	27
39	32	0,22	31
40	35	0,08	35
41	38	0,18	38
42	36	0,95	35

*Provtagning av Inflöde under vecka 40 gjordes med en avvikande metod, värdet används ej vid beräkningar. I det fall ett värde används för vecka 40 korreleras en halt efter uppmätta värden från vecka 39 och vecka 41.

Inflöde: Uppmätt halt till MFSS. **ED:** Uppmätt halt ut från MFSS, alternativt till PS1/PS2

PS 1: Uppmätt halt ut från Phytosystem 1. **PS 2:** Uppmätt halt ut från Phytosystem 2

Bilaga 8 – Suspenderade ämnen, SS

Vecka	Inflöde (mg/l)	ED (mg/l)	PS1 (mg/l)	PS2 (mg/l)
28	-	-	-	-
29	74	30	<2	-
30	-	-	-	-
31	-	-	-	-
32	25	28	4	<2
33	16	17	5	<2
34	48	26	2	<2
35	87	70	<2	<2
36	76	52	3	<2
37	130	51	<2	<2
38	76	38	<2	<2
39	64	53	<2	<2
40	920*	52	<2	<2
41	79	45	2	<2
42	51	36	2	<2

*Provtagning av Inflöde under vecka 40 gjordes med en avvikande metod, värdet används ej vid beräkningar.

Inflöde: Uppmätt halt till MFSS

ED: Uppmätt halt ut från MFSS, alternativt till PS1/PS2

PS 1: Uppmätt halt ut från Phytosystem 1

PS 2: Uppmätt halt ut från Phytosystem 2

Bilaga 9 – pH och konduktivitet

pH

Vecka	Inflöde	ED	PS1	PS2
31	7,6	7,5	7,3	7,4
32	7,4	7,4	6,9	7,1
33	7,4	7,3	7,0	7,2
34	7,5	7,4	6,8	7,1
35	7,2	7,1	6,2	7,1
36	7,2	7,3	6,5	6,0
37	7,2	7,2	6,3	6,7
38	7,1	7,0	5,1	5,0
39	7,0	7,2	6,1	5,7
40	7,2*	7,0	5,1	5,3
41	7,2	7,0	6,0	6,2
42	7,0	7,0	6,4	6,4

*Provtagning av Inflöde under vecka 40 gjordes med en avvikande metod, värdet används ej vid beräkningar.

Konduktivitet

Vecka	Inflöde (mS/m)	ED (mS/m)	PS1 (mS/m)	PS2 (mS/m)
28	63	42	35	-
29	52	51	36	-
30	48	51	35	-
31	58	48	35	30
32	40	40	35	32
33	30	33	32	30
34	77	56	30	28
35	54	58	35	35
36	75	66	41	39
37	75	81	46	46
38	84	87	49	49
39	91	68	56	54
40	82*	84	60	59
41	96	87	60	60
42	93	91	62	63

*Provtagning av Inflöde under vecka 40 gjordes med en avvikande metod, värdet används ej vid beräkningar.

Inflöde: Uppmätt halt till MFSS. **ED:** Uppmätt halt ut från MFSS, alternativt till PS1/PS2

PS 1: Uppmätt halt ut från Phytosystem 1. **PS 2:** Uppmätt halt ut från Phytosystem 2

Bilaga 10 – Smittämnen

Phytosystem 1

Bakterie	Vecka 28 (st/ml)	Vecka 30 (st/ml)	Vecka 37 (st/ml)
E-coli	6600	55	3870
Intestinala Enterokocker	38	10	60

Phytosystem 2

Bakterie	Vecka 37 (st/ml)
E-coli	141360
Intest. Enterokocker	140

Bilaga 11 - Zooplankton

Cladocera	Antal/10 liter
Alona sp.	7
Ceriodaphnia	6
Simocephalus	6
Chydorus sphaericus	1

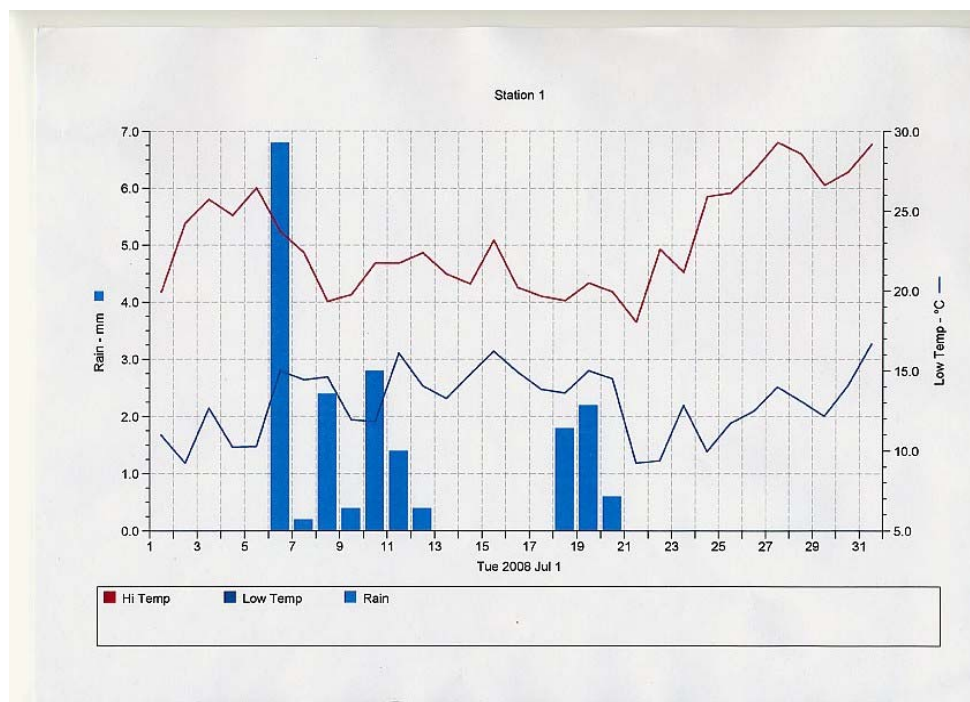
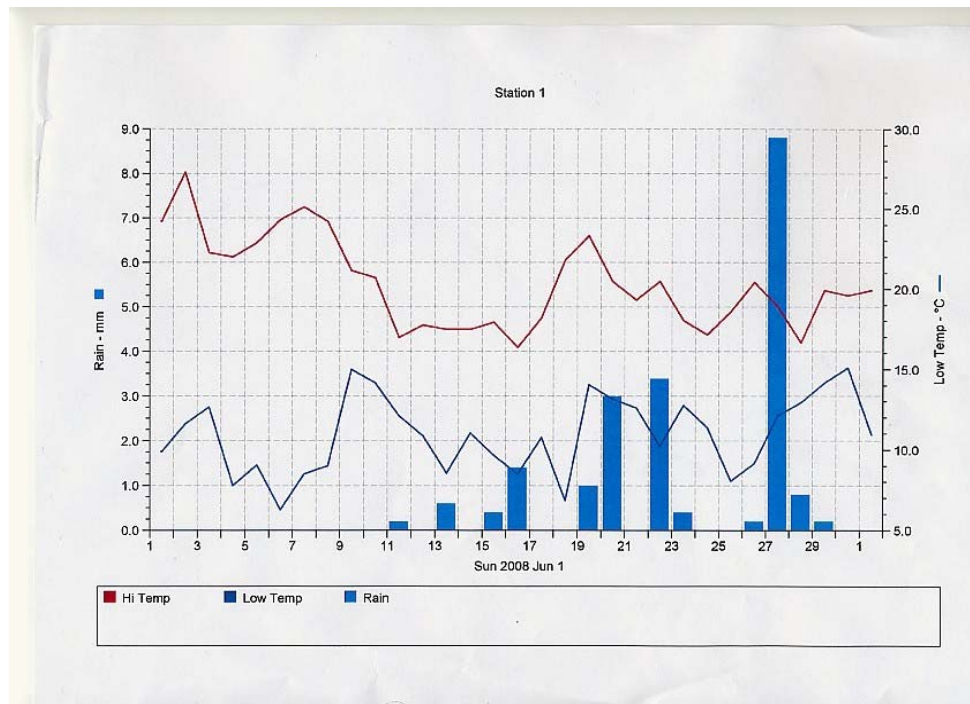
Copepoder	Antal/10 liter
Cyclopodia	8
Naplius	1051

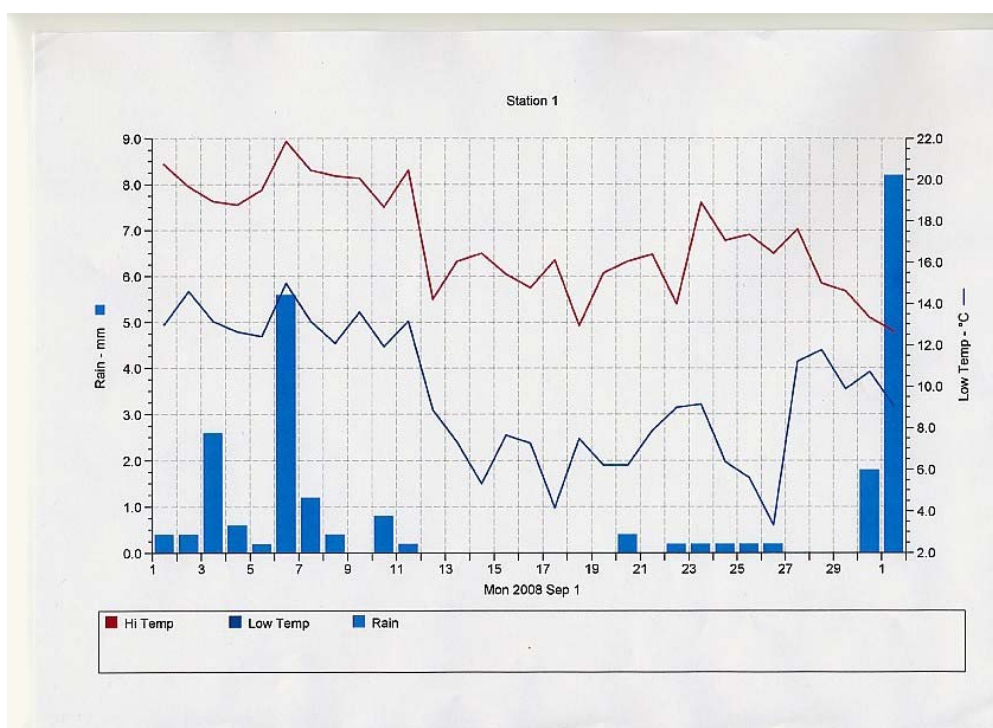
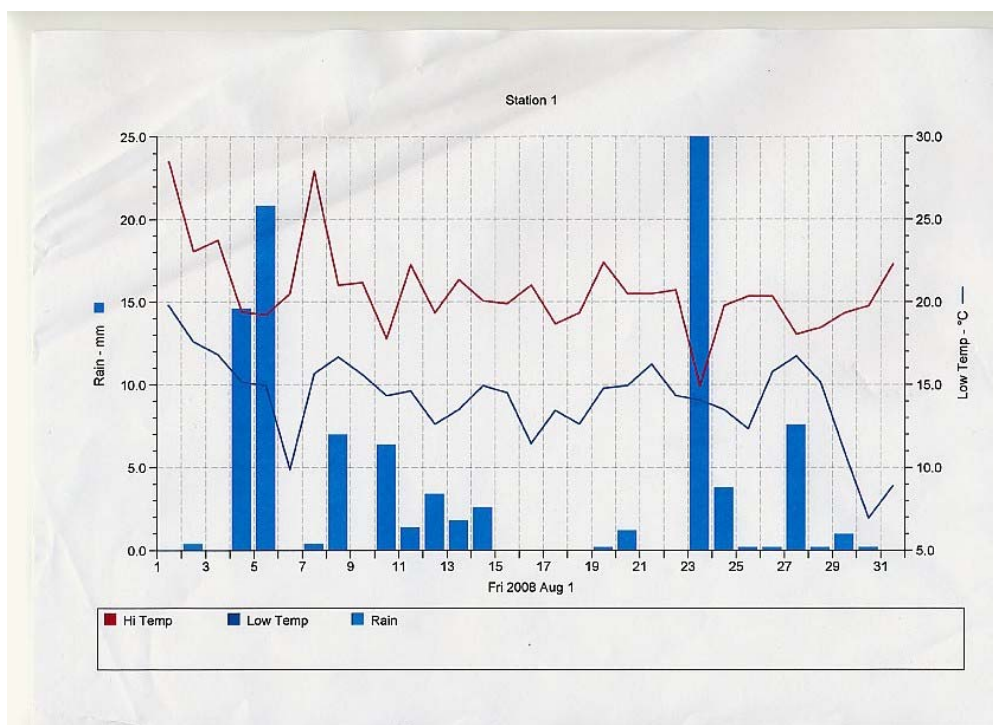
Rotatoria	Antal/10 liter
Lecane sp.	4

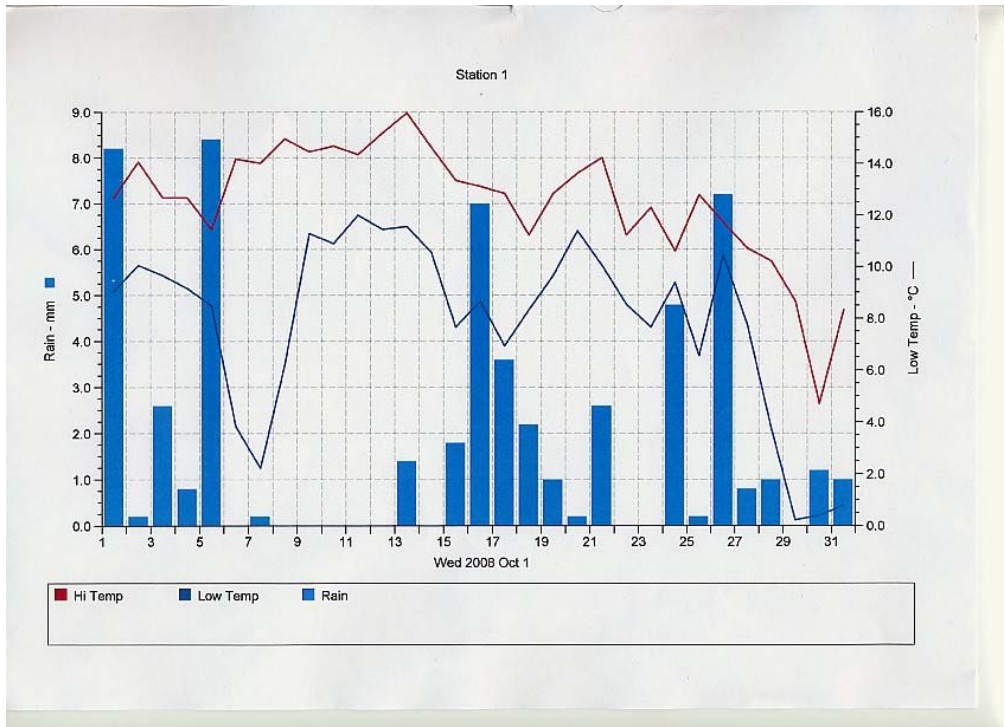
Bilaga 12 - Nederbörd och lufttemperatur

Nedan följer mätningar av nederbörd och lufttemperaturer vid Alnarp juni-oktober 2008.

Kurvorna visar dygnets högsta respektive lägsta temperatur. Staplarna visar nederbörd mätt i mm.







Bilaga 13 – Beräkningsexempel, In och utgående halt samt hänsyn till inläckage och uppehållstider

Nedan följer beräkningar för reduktionen av totalkväve i MFSS + Phytosystem 1 där hänsyn har tagits till den hydrauliska uppehållstiden i MFSS + Phytosystem 1 och det inläckage av regnvatten i det kommunala avloppsvattnet som förekom under veckorna 32, 33 och 35.

Hänsyn till uppehållstiden i MFSS + Phytosystem 1 (3 dygn + 7 dygn) har tagits genom att förskjuta värdet för PS1 en vecka så att det jämförs med den ingående halten som var veckan innan. Detta medför att värdena för vecka 42 uteblir.

Hänsyn till inläckage av regnvatten har tagits genom att inte använda värdena för de aktuella veckorna.

Inflöde: Uppmätt halt till MFSS

PS 1: Uppmätt halt ut från Phytosystem 1

Differens = Inflöde – PS1

Vecka	Inflöde (mg/l)	PS1 (mg/l)	Differens (mg/l)
-		8,6	
28	37	12	25
29	32	12	20
30	26	12	14
31	35	16	19
32	25	17	
33	17	16	
34	52	21	31
35	34	29	
36	53	32	21
37	58	34	24
38	55	41	14
39	61	44	17
40	64	46	18
41	67	48	19
42	63	-	
Medel:	49		20

Reduktion = (Differens/Inflöde)·100 = (20/49)·100 = 41%

Bilaga 14 - Beräkningsexempel, mängd

Nedan följer en exempelberäkning med avseende på mängden totalkväve in till MFSS. Beräkningsexemplet gäller för perioden vecka 38 till 42. I de egentliga beräkningarna av reduktion har samtliga veckor ingått i beräkningen varefter den totala mängden mellan ingående och utgående flöden har jämförts.

Flöde (l/dygn) är ett medelvärde för veckan utslaget per dygn.

Fetmarkerad rad anger veckodag för provtagning. Respektive dygn har utgjort utgångspunkt för beräkning av halten Tot-N dagarna mellan provtagningarna. Halten Tot-N har multiplicerats med Flöde för att erhålla Mängd.

Vecka	Datum	Tot-N (mg/l)	Flöde (l/dygn)	Mängd (mg/dygn)
38	2008-09-17	55	2700	148500
38	2008-09-18	56	2700	150525
38	2008-09-19	57	2700	152550
38	2008-09-20	57	2700	154575
38	2008-09-21	58	2700	156600
39	2008-09-22	59	2300	135125
39	2008-09-23	60	2300	136850
39	2008-09-24	60	2300	138575
39	2008-09-25	61	2300	140300
39	2008-09-26	61	2300	141286
39	2008-09-27	62	2300	142271
39	2008-09-28	62	2300	143257
40	2008-09-29	63	2400	150514
40	2008-09-30	63	2400	151543
40	2008-10-01	64	2400	152571
40	2008-10-02	64	2400	153600
40*	2008-10-03	64	2400	154629
40	2008-10-04	65	2400	155657
40	2008-10-05	65	2400	156686
41	2008-10-06	66	2650	174143
41	2008-10-07	66	2650	175279
41	2008-10-08	67	2650	176414
41	2008-10-09	67	2650	177550
41	2008-10-10	66	2650	176036
41	2008-10-11	66	2650	174521
41	2008-10-12	65	2650	173007
42	2008-10-13	65	3800	245914
42	2008-10-14	64	3800	243743
42	2008-10-15	64	3800	241571
42	2008-10-16	63	3800	239400
42	2008-10-17	63	3800	239400
42	2008-10-18	63	3800	239400
42	2008-10-19	63	3800	239400