

---

# Bra Små Avlopp

*Uppföljning av enskilda avloppsanläggningar  
2000 - 2007*

---

*Daniel Hellström, AP  
Lena Jonsson, AP*

*R nr 18, november 2007  
2:a reviderade upplagan*



## FÖRORD

Syftet med projektet var att fortsätta utvärderingen av de enskilda avloppsanläggningar som ingick i projektet Bra Små Avlopp för att få kunskap om dess långsiktiga funktion och driftsäkerhet. Även utvärdering av filterbäddsanläggningar som installerades 2002 omfattas av denna uppföljning.

Dessa filterbäddar har utvärderats i projektet ”Wastewater Treatment in Filter Beds 2002 - 2005”, som finansierades av Nordic Innovation Centre.

Denna uppföljning har finansierats av Regionplane- och trafikkontoret, Stockholms läns landsting, och Stockholm Vatten AB (SVAB). Uppföljningen har fokuserat på de långsiktiga reningseffekterna för syreförbrukande och eutrofierande ämnen. Allmänna drifterfarenheter, ekonomisk utvärdering och återförsl av närsalter beskrivs i slutrapporten från huvudprojektet (Hellström *et al.*, 2003).

Projektledare var Lennart Qvarnström, Stockholm Vatten, och biträdande projektledare var Daniel Hellström, Stockholm Vatten. För utvärdering och rapportskrivning svarar Daniel Hellström och Lena Jonsson.

Provtagningen har utförts av personal från Stockholm Vatten: Örjan Isgren, Lena Jonsson, Lennart Qvarnström, Peter Rådén, Gunnar Schön och Taisto Silander.

Provtagningsutrustningen har levererats och servats av Vattenresurs AB. Analyserna utförs av Stockholm Vattens ackrediterade laboratorium.

## SAMMANFATTNING

Syftet med projektet var att fortsätta utvärderingen av de enskilda avloppsanläggningar som ingick i projektet Bra Små Avlopp för att få kunskap om dess långsiktiga funktion och driftsäkerhet. Även utvärdering av filterbäddsanläggningar som installerades 2002 omfattas av denna uppföljning.

De första anläggningarna installerades 1999 och utvärdering har pågått under totalt drygt sju år (2000 – 2007). De anläggningar som ingått i utvärderingen redovisas i Tabell 1.

Tabell 1. Beskrivning av anläggningar som ingått i projektet.

| Anläggning (antal)   | Beskrivning av anläggning   |
|--|---|
| Biovac 5 pe (2)<br>Upoclean® 5 pe (1)                      | Reningsverk med satsvis aktiv-slam-process (SBR) och kemisk fällning.                                       |
| BioTrap (1)  | Reningsverk med rörligt bärmaterial i den biologiska processen kompletterat med kemisk fällning.            |
| Toalettstol EcoVac eller Clever samt WM-filtrer (2)        | Sluten tank för klosettavlopp och rening av BDT-vatten i slamavskiljare och liten markbädd.                 |
| Toalettstol Dubbletten från BB Innovation och markbädd (2) | Urinsorterande toalettstol och uppsamlingstank för urin. Slamavskiljare och markbädd för övrigt avlopp.     |
| EkoTreat (4)   | Markbädd kompletterat med kemisk fällning. Kemikalien doseras till avloppet inne i bostaden.                |
| Filtralite (2)   | Reningsanläggning med biobädd i form av Lecakulor följt av markbädd med reaktivt, fosforbindande, material. |

I denna rapport redovisas anläggningarnas reningseffekt med avseende på organiskt material, kväve och fosfor. Vidare kommenteras driftssäkerhet och allvarliga driftstörningar.

Samtliga anläggningar har klarat kravet på 90 % **BOD-reduktion**, och samtliga anläggningar har klarat eller har visat att man kan klara kravet på 90 % **fosforreduktion**. Kravet på 50 % **kvävereduktion** har dock inte alla anläggningar visat att man kan klara (Tabell 2). Sett över hela utvärderingsperioden har markbäddar kompletterade med kemisk fällning haft svårt att klara kravet på 50 % kvävereduktion. Av minireningsverken är det Biovac som har haft svårast att klara kravet på 50 % kvävereduktion. Samtliga markbäddar har uppvisat fungerande nitrifikation och utsläppen av ammoniumkväve har varit låga. Inget av minireningsverken har klarat att nitrifiera kväve ner till mindre än 5 mg NH<sub>4</sub>-N/l, förutom BioTrap som har klarat kravet efter år 2002.

Upoclean, BioTrap, BB Innovations och Filtralites anläggningar har uppvisat god **driftsäkerhet**. Biovac har haft allvarliga driftstörningar. Orsaken till Biovacs problem kan troligtvis avhjälpas genom bättre information till hyresgästerna samt genom en mer regelbunden tillsyn. Biovac och EkoTreat har haft störningar och problem när det gäller doseringen av fällningskemikalie. Samtliga leverantörer har dock bytt ut eller förbättrat doseringsutrustningen samt sett över rutiner för påfyllning av kemikalier och driftssäkerheten för kemikaliedoseringen har därför blivit allt bättre under projekttiden. För Wost Man Ecologys anläggningar har inga betydande driftstörningar noterats under uppföljningsperioden.

Tabell 2. Kravuppfyllelse med avseende på reduktion av syreförbrukande och eutrofierande ämnen. +++ = Betydligt bättre än kraven (MVG), ++ = Har klarat kraven (VG), + = Har klarat kraven periodvis, har bevisat potentialen (G), - = Har ej klarat kraven (U).

|                  | BOD <sub>7</sub><br>> 90 % | P<br>> 90 % | N<br>> 50 % | NH <sub>4</sub> -N<br>< 5 mg/l |
|------------------|----------------------------|-------------|-------------|--------------------------------|
| Biovac           | ++                         | +           | +           | -                              |
| Upoclean         | ++                         | ++          | ++          | -                              |
| BioTrap          | ++                         | +           | +++         | +(+)                           |
| Wost Man Ecology | +++                        | +           | +++         | +++                            |
| BB Innovation    | +++                        | +           | +++         | +++                            |
| EkoTreat         | +++                        | +++         | +           | +(+)                           |
| Filtralite       | +++                        | +++         | +(+)        | -                              |

Generellt för **samtliga anläggningar** gäller således att de visat att de har potential att klara de krav som under huvudprojektet ställdes för ”Bra Små Avlopp”. Dessa krav är desamma som gäller för hög nivå för miljöskydd enligt Naturvårdsverkets allmänna råd om små avloppsanläggningar för hushållspillvatten (Naturvårdsverket, 2006). För att säkerställa att anläggningarna klarar de uppställda kraven krävs fungerande organisationer för tillsyn och drift. För att de sorterande anläggningarna ska ge låga utsläpp krävs fosforfria tvätt-, disk- och rengöringsmedel samt att de sorterande toaletterna används på avsett sätt.

De viktigaste slutsatserna beträffande **minireningsverken** är:

- Det finns processtekniska lösningar som möjliggör god reduktion av syreförbrukande och eutrofierande ämnen och som, ur utsläppssynpunkt, är ett bättre alternativ än ”konventionella” markbäddar. Anläggningarna kräver dock regelbunden tillsyn samt professionell personal för service, underhåll och teknisk support.
- Kemikaliedoseringen är kritisk för att erhålla en god fosforreduktion. För flera anläggningar har doseringsutrustningen fallerat. För vissa anläggningar har dosering av fällningskemikalie varit otillräcklig. Under projektiden har emellertid de flesta tillverkarna förbättrat prestandan på utrustningen så att driftsäkerheten är acceptabel, förutsatt att det finns en fungerande regelbunden tillsyn av anläggningarna.
- Regelbunden, professionell, tillsyn är nödvändig.
- Larmfunktioner, eller andra tydliga indikatorer på om processen fungerar, måste utvecklas.
- Säkra rutiner för slamtömning och påfyllning av fällningskemikalier måste finnas.
- Serviceavtal är nödvändiga under anläggningens hela livslängd.

De viktigaste slutsatserna för de **källsorterande anläggningarna** är:

- Kombinationen av konventionella markbäddar och urinsortering såväl som slutna tank tillsammans med lokal BDT-vattenrening har uppvisat goda resultat med avseende på syreförbrukande ämnen och kväve. Av de studerade systemen är det denna typ av anläggningar som ger de lägsta kväveutsläppen lokalt.
- För att garantera små utsläpp av fosfor krävs att fosforfria tvätt-, disk- och rengöringsmedel används samt att de sorterande toaletterna används på avsett sätt. De små markbäddarna (6 m<sup>2</sup>) som används för BDT-vattenrening har en mycket begränsad fosforrenerande förmåga. De markbäddar som är anslutna till de urinsorterande anläggningarna är relativt stora (ca 50 m<sup>2</sup>), men det finns en tendens att fosforreduktionen försämrats under projektiden och att det på sikt kan bli svårt att klara målet på 90 % fosforreduktion.

- Säkra rutiner för slamtömning och tömning av svartvattentank och urintank måste finnas.

De viktigaste slutsatserna för system med *kemisk fällning och markbäddar* är:

- Anläggningarna ger mycket god reduktion med avseende på organiskt material och fosfor. Då kemikaliedoseringen inte fungerar sjunker reduktionsgraden för fosfor något, men kombinationen med markbädd gör att effekten inte blir lika kraftig som för minireningsverken.
- Anläggningarna kräver regelbunden tillsyn samt professionell personal för service, underhåll och teknisk support. Larmfunktioner, eller andra tydliga indikatorer på att doseringen fungerar, bör utvecklas.
- Säkra rutiner för slamtömning och påfyllning av fällningskemikalier måste finnas.
- Serviceavtal är nödvändiga under anläggningens hela livslängd.

De viktigaste slutsatserna för system med *filterbäddar med fosforbindande material* är:

- Anläggningarna ger mycket god reduktion med avseende på organiskt material och särskilt med avseende på fosfor, då ”kemikaliedoseringen” är inbyggd i markbädden.
- Markbäddarna är relativt stora (70 m<sup>2</sup>, 50 m<sup>2</sup>), men det finns en tendens att fosforreduktionen försämrats mot slutet av projekttiden och att det på längre sikt kan bli svårt att klara målet på 90 % fosforreduktion.
- Bäddmaterialet i markbädden blir till slut mättat med fosfor och måste då bytas ut.
- Säkra rutiner för slamtömning måste finnas.

|   |           |
|---|-----------|
| <b>FÖRORD</b> .....   | <b>2</b>  |
| <b>SAMMANFATTNING</b> .....   | <b>3</b>  |
| <b>1 INLEDNING</b> .....  | <b>9</b>  |
| 1.1 BAKGRUND .....  | 9         |
| 1.2 SYFTE .....   | 11        |
| 1.3 UPPLÄGG AV PROJEKTET - METODBESKRIVNING .....                   | 11        |
| 1.4 LÄSANVISNINGAR .....  | 12        |
| <b>2 BESKRIVNING AV ANLÄGGNINGARNA</b> .....                        | <b>13</b> |
| 2.1 MINIRENINGSVERK - ALLMÄNT .....                                 | 14        |
| 2.1.1 <i>Dränkta biobäddar</i> .....                                | 14        |
| 2.1.2 <i>Sequencing Batch Reactor (SBR)</i> .....                   | 14        |
| 2.2 MINIRENINGSVERK - BIOVAC .....                                  | 14        |
| 2.2.1 <i>Beskrivning av avloppsanläggningar</i> .....               | 14        |
| 2.2.2 <i>Utformning och material</i> .....                          | 15        |
| 2.2.3 <i>Processdata</i> .....                                      | 15        |
| 2.2.4 <i>Omhändertagande av restprodukter</i> .....                 | 16        |
| 2.3 MINIRENINGSVERK - UPOCLEAN® 5 PE .....                          | 16        |
| 2.3.1 <i>Beskrivning av avloppsanläggning</i> .....                 | 17        |
| 2.3.2 <i>Utformning och material</i> .....                          | 18        |
| 2.3.3 <i>Processdata</i> .....                                      | 18        |
| 2.3.4 <i>Omhändertagande av restprodukter</i> .....                 | 19        |
| 2.4 MINIRENINGSVERK - BIOTRAP .....                                 | 19        |
| 2.4.1 <i>Beskrivning av avloppsanläggning</i> .....                 | 19        |
| 2.4.2 <i>Utformning och material</i> .....                          | 20        |
| 2.4.3 <i>Processdata</i> .....                                      | 21        |
| 2.4.4 <i>Omhändertagande av restprodukter</i> .....                 | 21        |
| 2.5 SORTERANDE AVLOPPSANLÄGGNINGAR - ALLMÄNT .....                  | 21        |
| 2.6 SLUTEN TANK OCH MARKBÄDD FÖR BDT-VATTEN, WOST MAN ECOLOGY ..... | 21        |
| 2.6.1 <i>Beskrivning av avloppsanläggningar</i> .....               | 22        |
| 2.6.2 <i>Utformning och material</i> .....                          | 22        |
| 2.6.3 <i>Processdata</i> .....                                      | 23        |
| 2.6.4 <i>Omhändertagande av restprodukter</i> .....                 | 23        |
| 2.7 URINSORTERING OCH MARKBÄDD - BB INNOVATION .....                | 23        |
| 2.7.1 <i>Beskrivning av avloppsanläggningar</i> .....               | 23        |
| 2.7.2 <i>Utformning och material</i> .....                          | 24        |
| 2.7.3 <i>Processdata</i> .....                                      | 25        |
| 2.7.4 <i>Omhändertagande av restprodukter</i> .....                 | 25        |
| 2.8 KEMISK FÄLLNING OCH MARKBÄDD – ALLMÄNT .....                    | 25        |
| 2.9 KEMISK FÄLLNING OCH MARKBÄDD - EKO TREAT .....                  | 25        |
| 2.9.1 <i>Beskrivning av avloppsanläggningar</i> .....               | 26        |
| 2.9.2 <i>Utformning och material</i> .....                          | 26        |
| 2.9.3 <i>Processdata</i> .....                                      | 27        |
| 2.9.4 <i>Omhändertagande av restprodukter</i> .....                 | 27        |
| 2.10 FILTERBÄDDAR MED FOSFORBINDANDE MATERIAL - ALLMÄNT .....       | 27        |
| 2.11 FILTERBÄDDAR FRÅN MAXITGROUP .....                             | 27        |
| 2.11.1 <i>Beskrivning av avloppsanläggningar</i> .....              | 27        |
| 2.11.2 <i>Utformning och material</i> .....                         | 28        |
| 2.11.3 <i>Processdata</i> .....                                     | 29        |
| 2.11.4 <i>Omhändertagande av restprodukter</i> .....                | 29        |
| <b>3 METOD</b> .....  | <b>30</b> |
| 3.1 PROVTAGNING OCH ANALYS .....                                    | 30        |
| 3.1.1 <i>Kranvatten</i> .....                                       | 30        |
| 3.1.2 <i>Avloppsvatten</i> .....                                    | 30        |
| 3.1.3 <i>Provernas representativitet</i> .....                      | 32        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 3.2      | DRIFTSERFARENHETER .....   | 32         |
| <b>4</b> | <b>RESULTAT FÖR RESPEKTIVE ANLÄGGNING.....</b>                                       | <b>33</b>  |
| 4.1      | MINIRENINGSVERK BIOVAC.....  | 33         |
| 4.1.1    | Flöde .....  | 33         |
| 4.1.2    | In- och utgående halter .....  | 33         |
| 4.1.3    | Sammanfattande bedömning .....   | 38         |
| 4.2      | MINIRENINGSVERK UPOCLEAN® 5 PE .....   | 39         |
| 4.2.1    | Flöde och belastning .....   | 39         |
| 4.2.2    | Inkommande och utgående halter .....   | 39         |
| 4.2.3    | Sammanfattande bedömning .....   | 43         |
| 4.3      | MINIRENINGSVERK BIOTRAP.....   | 44         |
| 4.3.1    | Flöde och belastning .....   | 44         |
| 4.3.2    | In- och utgående halter samt reduktion.....  | 45         |
| 4.3.3    | Sammanfattande bedömning .....   | 51         |
| 4.4      | SLUTEN TANK OCH MARKBÄDD FÖR BDT-VATTEN, WOST MAN ECOLOGY .....                      | 52         |
| 4.4.1    | Flöde (BDT-vatten) och belastning.....   | 52         |
| 4.4.2    | Inkommande och utgående halter samt reduktion över markbädd för BDT-vatten .....     | 53         |
| 4.4.3    | Sammanfattande bedömning .....   | 60         |
| 4.5      | URINSORTERING OCH MARKBÄDD - BB INNOVATION .....                                     | 60         |
| 4.5.1    | Flöde och belastning .....   | 60         |
| 4.5.2    | Inkommande och utgående halter samt reduktion över markbädd.....                     | 62         |
| 4.5.3    | Sammanfattande bedömning .....   | 68         |
| 4.6      | KEMISK FÄLLNING OCH MARKBÄDD – EKO TREAT .....                                       | 68         |
| 4.6.1    | Flöde och belastning .....   | 68         |
| 4.6.2    | Inkommande och utgående halter samt reduktion över markbädd.....                     | 71         |
| 4.6.3    | Sammanfattande bedömning .....   | 79         |
| 4.7      | FILTERBÄDDAR MED FOSFORBINDANDE MATERIAL - FILTRALITE .....                          | 79         |
| 4.7.1    | Flöde och belastning .....   | 79         |
| 4.7.2    | Inkommande och utgående halter samt reduktion över markbädd.....                     | 81         |
| 4.7.3    | Sammanfattande bedömning .....   | 87         |
| <b>5</b> | <b>RESULTATSAMMANFATTNING .....</b>  | <b>88</b>  |
| 5.1      | RENINGSEFFEKT .....  | 88         |
| 5.1.1    | Allmänt.....   | 88         |
| 5.1.2    | Utgående koncentrationer av organiskt material, fosfor, kväve och ammoniumkväve..... | 88         |
| 5.1.3    | Reduktion av organiskt material .....  | 90         |
| 5.1.4    | Reduktion av fosfor .....  | 91         |
| 5.1.5    | Reduktion av kväve.....  | 93         |
| 5.2      | DRIFTSERFARENHETER .....   | 95         |
| 5.2.1    | Minireningsverk .....  | 95         |
| 5.2.2    | Sorterande anläggningar .....  | 95         |
| 5.2.3    | Kemisk fällning och markbädd.....  | 95         |
| 5.2.4    | Filterbäddar med fosforbindande material .....                                       | 95         |
| 5.3      | HUR HAR ANLÄGGNINGARNA KLARAT KRAVEN? .....  | 96         |
| <b>6</b> | <b>SLUTSATSER.....</b>   | <b>97</b>  |
| 6.1      | ALLMÄNT .....  | 97         |
| 6.2      | MINIRENINGSVERK .....  | 97         |
| 6.3      | SORTERANDE ANLÄGGNINGAR .....  | 97         |
| 6.4      | KEMISK FÄLLNING OCH MARKBÄDD .....   | 97         |
| 6.5      | FILTERBÄDDAR MED FOSFORBINDANDE MATERIAL .....                                       | 98         |
| 6.6      | PROJEKTET .....  | 98         |
| <b>7</b> | <b>REFERENSER .....</b>  | <b>99</b>  |
|          | <b>BILAGA 1: MEDVERKANDE LEVERANTÖRER.....</b>                                       | <b>100</b> |
|          | <b>BILAGA 2: PROVTAGNINGSFÖRFARANDE .....</b>  | <b>101</b> |
|          | <b>BILAGA 3. AVLOPPSVATTNETS TEMPERATUR.....</b>                                     | <b>103</b> |

|  |            |
|--|------------|
| <b>BILAGA 4. REDUKTIONER I ANLÄGGNINGARNA .....</b>  | <b>105</b> |
| <b>BILAGA 5. UTGÅENDE AVLOPPSVATTENS KONCENTRATIONER.....</b>                                      | <b>107</b> |
| <b>BILAGA 6. UTGÅENDE FRÅN BIOBÄDDAR OCH ALLA PROVPUNKTER I SAMMA DIAGRAM,<br/>FILTRALITE.....</b> | <b>108</b> |



# 1 INLEDNING

## 1.1 BAKGRUND

1998 utlyste Miljöteknikdelegationen och Stockholm Vatten en tävling med syfte att få fram ny teknik som minskar utsläppen från enskilda avlopp och göra det möjligt att återanvända näringsämnen i avloppsvattnet. Av ett trettiotal tävlingsbidrag valdes åtta anläggningstyper ut för noggrann utvärdering inom projektet ”Bra Små Avlopp”.

Målet var att få fram små reningsverk som är lika bra som stora reningsverk och uppfyller lika höga krav. De ska därför kunna avskilja minst 70 procent och helst över 90 procent fosfor, helst över 50 procent kväve och minst 70 procent men helst över 90 procent av syreförbrukande ämnen.

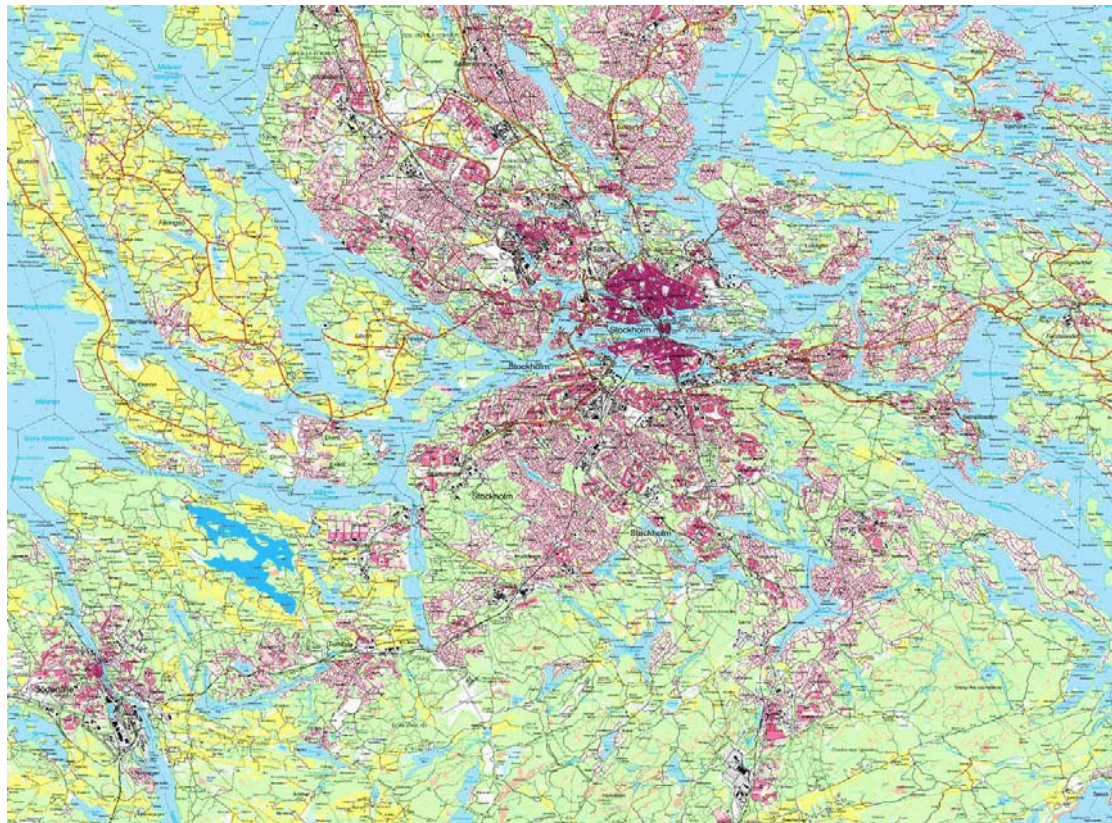
Anläggningarna ska ha god hygienisk standard, vara användarvänliga och ekonomiska och helst göra det möjligt att återföra växtnäringen från avloppsvattnet till jordbruket. Det är viktigt att anläggningarna inte förbrukar för mycket resurser i form av kemikalier, elektricitet, drivmedel för transporter etcetera. Uppföljningen har fokuserat på de långsiktiga reningseffekterna för syreförbrukande och eutrofierande ämnen. Allmänna drifterfarenheter, ekonomisk utvärdering och återförsel av närsalter beskrivs i slutrapporten från huvudprojektet ”Bra Små Avlopp” (Hellström *et al.*, 2003), där en utvärdering redovisas för de utvalda anläggningarna med avseende på dessa kriterier.

Tolv anläggningar installerades hösten 1999, och ytterligare tre anläggningar installerades under projekttiden, på fastigheter inom Bornsjöns tillrinningsområde. Under 2002 startades ett nordiskt samarbetsprojekt, Nordic Innovation project no 02056 Wastewater Treatment in Filter Beds 2002 - 2005, som omfattade utvärdering av filterbäddsanläggningar med fosforbindande material som installerades på olika platser i de skandinaviska länderna. Två anläggningar placerades i Bornsjöområdet och utvärderades enligt det program som användes för Bra Små Avlopp. De gemensamma erfarenheterna från samtliga anläggningar finns redovisat i Hellström *et al.*, 2003, och Hellström och Jonsson, 2005.

Bornsjön är belägen söder om Stockholm och utgör en reservvattentäkt för Stockholms stad. Redan vid förra sekelskiftet köpte Stockholms stad huvuddelen av tillrinningsområdet som idag ägs och förvaltas av Stockholm Vatten. Området runt Bornsjön utgör ett vattenskyddsområde med särskilda skyddsföreskrifter. Bornsjöns yta fridlystes 1919 för att skydda vattentäkten.

Bornsjön har under en längre period uppvisat höga fosforvärden. Som en följd av detta uppträdde algblooming och syrebrist vid mitten av 1970-talet. Åtgärder mot detta var att se över fosforläckage från jordbruk samt utsläpp från enskilda avloppsanläggningar inom Bornsjöns tillrinningsområde. Jord- och skogsbruk drivs idag med stor hänsyn till vattentäkten. Utsläpp från enskilda avloppsanläggningar är dock fortfarande ett problem. Det finns inom Bornsjöområdet omkring 100 enskilda avloppsanläggningar och arbetet med att förbättra dessa har pågått i drygt 20 år. Olika behandlingstekniker har använts med varierande resultat och många avloppsanläggningar runt Bornsjön behöver förbättras än idag. Detta är anledningen till att de avloppsanläggningar som ingick i projektet installerades i Bornsjöområdet.

Stockholm Vatten har installerat avloppsanläggningarna vid bostäder med permanent boende. Avgörande för val av installationsplats har varit hushållets behov av en ny avloppsanläggning samt för platsen speciella förutsättningar som förenklat antingen installationsarbetet eller driften av avloppsanläggningen. Kartan i figur 1 visar Stockholm och Bornsjön och kartan i figur 2 visar Bornsjön.



*Figur 1. Karta över Stockholm och Bornsjön markerad med en mörkare blå färg.*



Figur 2. Karta över Bornsjön. I nedre vänstra hörnet syns Södertälje.

## 1.2 SYFTE

Syftet med projektet är att utvärdera olika typer av enskilda avloppsanläggningar med avseende på dess långsiktiga reningsfunktion och driftsäkerhet. I denna rapport redovisas därför anläggningarnas reningsresultat med avseende på syreförbrukande och eutrofierande ämnen under den tid de varit i drift.

## 1.3 UPPLÄGG AV PROJEKTET - METODBESKRIVNING

Stockholm Vatten har valt ut de fastigheter som ska ingå i utvärderingsprojektet samt rekommenderat lämplig plats för installation av anläggning. Stockholm Vatten har svarat ekonomiskt och praktiskt för förberedelse- och återställningsarbete i samband med installation av anläggningarna. Leverantörerna har haft ansvaret för själva installationen av anläggningarna.

Service och underhåll har under uppföljningsperioden, maj 2003 – mars 2007, skett i enlighet med serviceavtal för respektive anläggningar där sådana funnits. Detta för att i möjligaste mån erhålla en så verklig driftssituation som möjligt. Till service och underhåll räknas bland annat

servicebesök, byte av reservdelar och påfyllnad av fällningskemikalier. Stockholm Vatten har ombesörjt och svarat för kostnaden för hantering av slam och urin från respektive anläggning.

Stockholm Vatten har svarat för provtagning, analys och utvärdering. Provtagningen beskrivs i kapitel 3.

#### **1.4 LÄSANVISNINGAR**

I kapitel 1 presenteras bakgrunden till projektet. I kapitel 2 beskrivs de olika anläggningarnas utformning, och grundläggande processdata anges. I kapitel 3 och bilaga 2 beskrivs provtagningsmetodiken och provanalyserna kortfattat. Resultat för respektive anläggning återfinns i kapitel 4. I kapitel 5 presenteras en sammanställning av resultat från samtliga anläggningar och kapitel 6 innehåller slutsatser.

## 2 BESKRIVNING AV ANLÄGGNINGARNA

I projektet ingick 17 anläggningar. Av dessa utgörs sju av minireningsverk, fyra av sorterande avloppsanläggningar, fyra av kemisk fällning i befintliga avloppsanläggningar och två av filterbäddar med fosforbindande material (Tabell 3). Här redovisas inte resultaten från 3 minireningsverk. Minireningsverk bygger på samma processer som finns i kommunala reningsverk, det vill säga aktivslamprocesser eller biobäddar för reduktion av organiskt material och kväve samt kemisk fällning för reduktion av fosfor. I sorterande system blandas inte olika sorters avloppsvatten utan hålls åtskilda och behandlas var för sig. Avloppsfraktioner med mycket näringsämnen, till exempel urin, kan sedan användas som gödning i jordbruket. I projektet ingick även avloppsanläggningar bestående av slamavskiljare och markbädd som kompletterats med utrustning för dosering av fällningskemikalie. Fällningskemikalien doseras automatiskt till avloppet inne i bostaden. I filterbäddar med fosforbindande material nyttjas i princip samma reningsmekanismer som i markbäddar, men den fosforrenande föreningen har förstärkts genom att ersätta markbäddssand med speciellt tillverkat material som har hög fosforbindande förmåga.

Tabell 3. Beskrivning av anläggningar som ingått i projektet<sup>1</sup>.

| Anläggning (antal)   | Beskrivning av anläggning   |
|--|---|
| Biovac 5 pe (2)<br>Upoclean® 5 pe (1)                      | Reningsverk med satsvis aktiv-slam process (SBR) och kemisk fällning.                                       |
| BioTrap (1)  | Reningsverk med rörligt bärrmaterial i den biologiska processen kompletterat med kemisk fällning.           |
| Toalettstol EcoVac eller Clever samt WM-filter (2)         | Sluten tank för klosettavlopp och rening av BDT-vatten i slamavskiljare och liten markbädd.                 |
| Toalettstol Dubbletten från BB Innovation och markbädd (2) | Urinsorterande toalettstol och uppsamlingstank för urin. Slamavskiljare och markbädd för övrigt avlopp.     |
| EkoTreat (4) <sup>2</sup>                                  | Markbädd kompletterat med kemisk fällning. Kemikalien doseras till avloppet inne i bostaden.                |
| Filtralite (2)   | Reningsanläggning med biobädd i form av Lecakulor följd av markbädd med reaktivt, fosforbindande, material. |

I detta kapitel ges en beskrivning av aktuella behandlingsprocesser för de avloppsanläggningar som ingick i projektet. För varje avloppsanläggning beskrivs även vattnets väg från bostaden genom avloppsanläggningen och vidare till recipient. Därefter beskrivs avloppsanläggningens utformning, material, processdata och slutligen hur restprodukter tas omhand.

<sup>1</sup> ALFA Miljöteknik/BAGA International AB bidrog med två olika minireningsverk. Då samarbetet mellan ALFA Miljöteknik och BAGA International upphörde våren 2005, och anläggningarna inte längre tillverkades, begärde BAGA att få installera egna anläggningar vilket gjordes hösten 2006. Utvärderingsperioden för de nya anläggningarna blev för kort för att resultat till denna rapport har kunnat erhållas. På något sätt kommer en utvärdering av dessa anläggningar att presenteras senare. En av BioTrap-anläggningarna från Ifö Sanitär tillverkas inte längre och ingår därför inte i denna uppföljningsrapport.

<sup>2</sup> Ursprungligen två anläggningar från Kemira och två från EkoTreat. Kemira har dock valt att lämna över dessa anläggningar till EkoTreat och doseringsutrustningen är nu densamma i samtliga anläggningar med markbädd och kemisk fällning.

## **2.1 MINIRENINGSVERK - ALLMÄNT**

Minireningsverk bygger på samma processer som finns i kommunala reningsverk. Sedimentering används för att avskilja partiklar från avloppsvatten, biologisk rening för att ta bort organiskt material och kväve samt kemikalier för utfällning av fosfor och små partiklar. Den biologiska reningen sker med aktiva mikroorganismer, främst bakterier, som förekommer som ett aktivt slam eller som biofilm på ett bärrmaterial, till exempel plastbitar. Kvävereduktion sker med hjälp av nitrifikation följt av denitrifikation. Nitrifikation innebär att olika grupper av bakterier i två steg oxiderar ammonium till nitrat. Denitrifikation sker i syrefri miljö och innebär att nitrat omvandlas till kvävgas vid samtidig oxidation av organiskt material.

Med jämna mellanrum måste minireningsverken tömmas på slam. Intentionen är att anläggningarna ska producera ett slam av sådan kvalitet att det kan användas som växtnäring i jordbruket.

### **2.1.1 Dränkta biobäddar**

I dränkta biobäddar sker biologisk behandling av avloppsvatten med hjälp av mikroorganismer som växer på ett bärrmaterial med hög specifik yta. Mikroorganismerna bildar en biofilm som växer sig allt tjockare efterhand som behandlingen fortgår. Då biofilmen blivit alltför tjock river det förbipasserande avloppsvattnet med sig det yttersta skiktet vilket ger plats för nya mikroorganismer. Det biologiska slam som bildas avskiljs sedan genom sedimentering.

Det finns bland annat fasta och suspenderade dränkta biobäddar. Fasta dränkta biobäddar har ett fast dränkt bärrmaterial med hög specifik yta. Bärrmaterialet i suspenderade dränkta biobäddar har förutom hög specifik yta även låg densitet. Detta medför att bärrmaterialet kan hållas i suspension antingen genom att avloppsvattnet luftas eller genom att vattnet drivs med hög hastighet genom biobädden.

### **2.1.2 Sequencing Batch Reactor (SBR)**

I en SBR behandlas avloppsvatten biologiskt och kemiskt satsvis i en reaktor. Även sedimentering sker i reaktorn. En processcykel kan se ut på följande sätt:

- Reaktorn fylls med avloppsvatten.
- Biologisk reaktion sker med hjälp av aktivt slam och luftning.
- Kemisk reaktion sker med hjälp av tillsatt fällningskemikalie.
- Sedimentering.
- Avtappning av behandlat avloppsvatten och överskottsslam.
- Eventuell viloperiod innan reaktorn fylls på nytt.

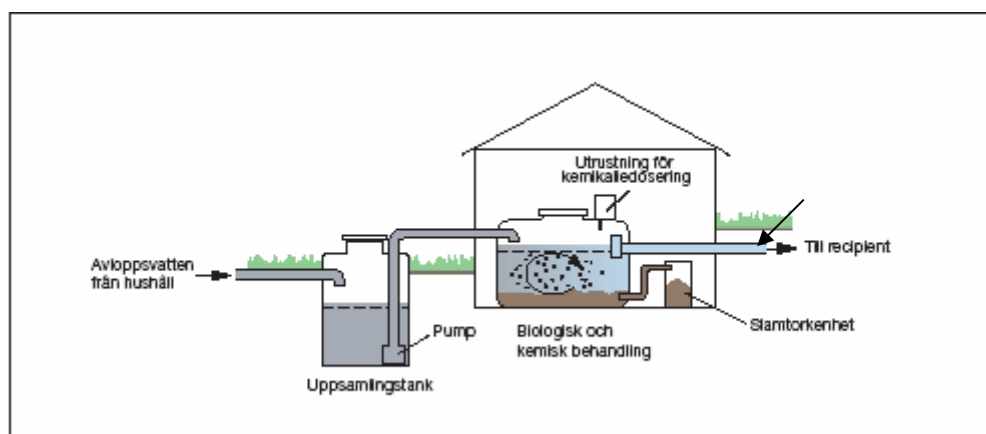
## **2.2 MINIRENINGSVERK - BIOVAC**

Två minireningsverk från Goodtech Biovac AS har utvärderats.

### **2.2.1 Beskrivning av avloppsanläggningar**

Anläggning A och B är identiska, med undantag för uppsamlingstanken som i anläggning A är nergrävd och har en volym på ca 3 m<sup>3</sup> medan den i anläggning B är installerad i samma källarutrymme som reaktorn och har en volym på drygt 1 m<sup>3</sup>.

Avloppsanläggningen utgörs av en uppsamlingstank, en reaktor som körs satsvis samt en slamtorkenhet (Figur 3). Från hushållet leds avloppsvattnet till uppsamlingstanken. Avloppsvattnet pumpas med en matarpump vidare till reaktorn och blandas med det aktiva slam som redan finns där. Därefter startas luftning varvid avloppsvatten och slam blandas om så att den biologiska processen påbörjas. I slutet av luftningsfasen doseras fällningskemikalie. Efter luftningsfasen får det suspenderade materialet, som till stor del består av mikroorganismer och utfälld fosfor, sedimentera. Efter sedimentering tappas det behandlade avloppsvattnet, via en ventil, ut i den gamla infiltrationsanläggningen. Utsläpp till dike är dock möjligt. En del av det sedimenterade slammet, överskottsslammet, pumpas ut ur reaktorn och lagras i slamtorkenheten. Resterande slam hålls kvar i reaktorn för att medverka i nästa behandlingscykel som ett aktivt slam.



Figur 3. Principskiss över minireningsverket Biovac. Illustration: Pertti Salonen.

### 2.2.2 Utformning och material

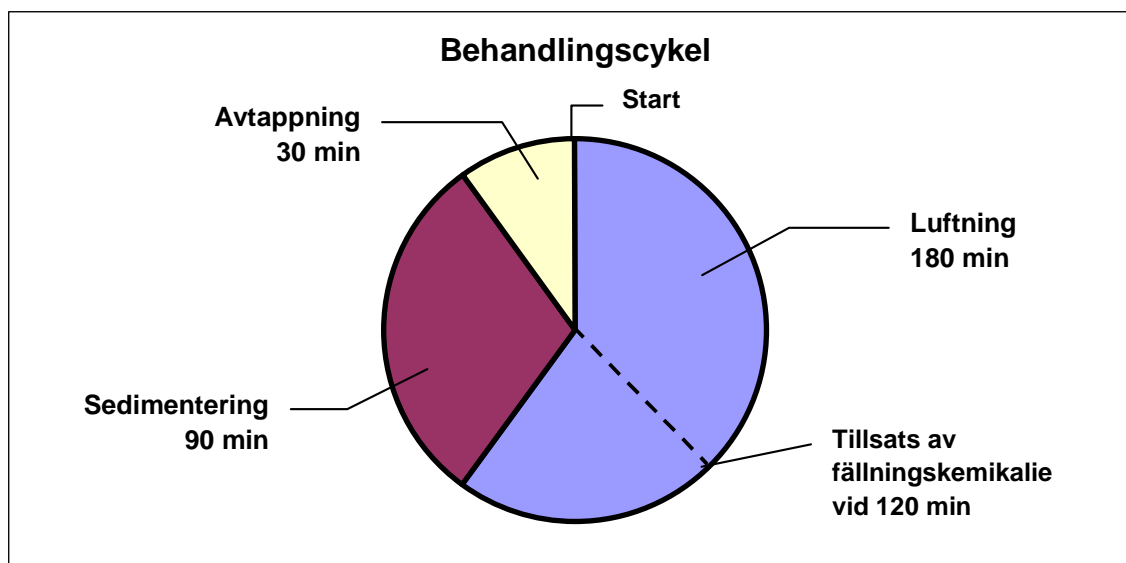
Biovac Anläggning A har en begagnad uppsamlingstank med en våtvolyms på 3 m<sup>3</sup>. Uppsamlingstanken för Biovac Anläggning B har en våtvolyms på 1 m<sup>3</sup> och den är tillverkad i rotationsgjuten polyeten. Reaktorn har en våtvolyms på 1,1 m<sup>3</sup> och är tillverkad i rotationsgjuten polyeten. Slamtorkenheten är tillverkad i polyeten och har en volym som uppgår till 2 gånger 80 l. Styr- och reglerutrustning är placerad i ett elskåp. Därtill kommer utrustning för luftning, pumpning samt dosering av kemikalier. Till styr- och reglerutrustningen kan en display kopplas för avläsning var i behandlingscykeln avloppsanläggningen befinner sig. Avloppsanläggningen är dimensionerad för 5 personer.

Reaktor och slamtorkenhet är stationerade i ett källarutrymme med separat ingång, väl avskilt från bostaden.

### 2.2.3 Processdata

För minireningsverket Biovac ser en behandlingscykel ut som följer (Figur 4):

1. Avloppsvatten från uppsamlingstanken pumpas in till reaktorn.
2. Biologisk behandling med hjälp av aktivt slam och luftning inleds. Luftningsfasen pågår under 180 minuter. Efter 120 minuter sker tillsats av fällningskemikalie för utfällning av fosfor.
3. Sedimentering och flockning sker under 90 minuter.
4. Avtappning av behandlat avloppsvatten pågår under 30 minuter. Efter 25 minuter sker pumpning av slam till slamtorkenheten i ca 20 sekunder eller sedermera 40 sekunder.



Figur 4. Behandlingscykel för Biovac. Vid varje cykel behandlas 250 l avloppsvatten.

- En behandlingscykel tar ca 5 timmar, vilket innebär ett maximalt antal cykler per dygn på ca 5 stycken. Vid varje cykel behandlas ca 250 l avloppsvatten. Eftersom belastningen på minireningsverket är sådan att en viss viloperiod inträffar mellan cyklerna sker en underhållsluftning på 30 minuter per timme under denna viloperiod.
- Kvarvarande volym i reaktorn efter avtappning uppgår till 830 l. Av denna volym är minst 300 l aktivt slam (den volym som finns under nivån för utloppet för överskottslam).
- En nivåvipa i uppsamlingstanken ger signaler till styr- och reglerutrustningen då en förutbestämd vattenvolym uppnåtts i tanken. Styr- och reglerutrustningen startar då matarpumpen som har en kapacitet på 5 l/s. När matarpumpen sammanlagt pumpat en förutbestämd tid startar den tidsstyrda behandlingscykeln i reaktorn.
- Under varje cykel pumpas ca 20 l vattenblandat slam/överskottsslam till en filterpåse i slamtorkenheten med hjälp av en centrifugalpump med kapaciteten 1 l/s. Efter att slammet avvattnats leds dräneringsvattnet tillbaka till reaktorn.
- Luftpumpen som används vid luftning har en kapacitet på 10 m<sup>3</sup> luft/h.
- Som fällningskemikalie används den aluminiumbaserade PAX 21 från Kemira (7,2 % Al, 0,7 % Fe, densitet 1,31 g/ml). En peristaltisk pump används vid doseringen.
- Larm finns i form av en ljudsignal vid för hög nivå i uppsamlingstanken.

#### 2.2.4 Omhändertagande av restprodukter

Slamtorkenheten består av två – tre plasttunnor utrustade med en insats av filterpåsar. Dessa används växelvis vilket innebär påfyllning och dränering av slam i en tunna och torkning av slam i en annan tunna samt enbart dränering i en eventuell tredje tunna. Torkningen sker genom att luft sugas genom tunnans med hjälp av den luftpump som används för luftning i reaktorn. Torkat slam avlägsnas genom byte av filterpåse. Det torkade slammet kan efter kompostering användas som jordförbättringsmedel.

### 2.3 MINIRENINGSVERK - UPOCLEAN® 5 PE

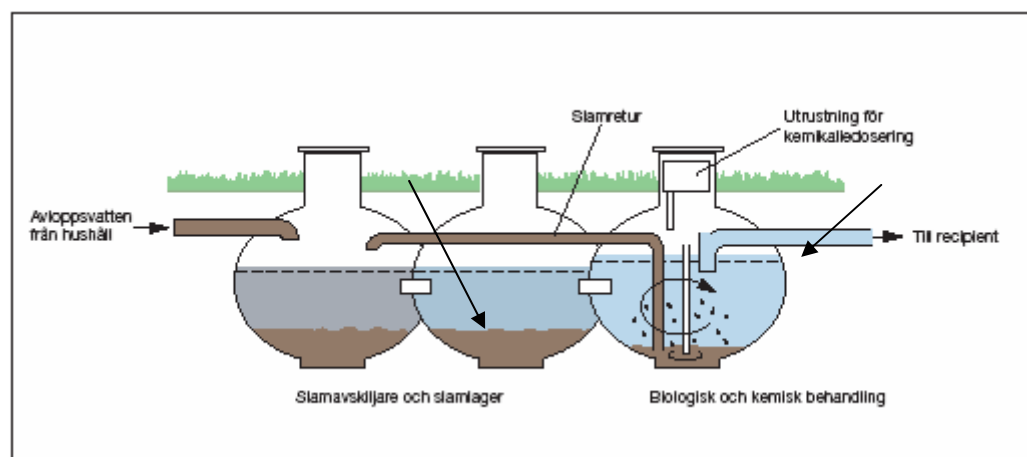
Ett minireningsverk baserad på SBR-teknik från Uponor Infrastruktur (f. d. Uponor AB), Upoclean® 5 pe, har utvärderats.



### 2.3.1 Beskrivning av avloppsanläggning

Avloppsanläggningen består av tre sammankopplade tankar tillverkade i plast, vilka levererades färdigmonterade försedda med lyftanordningar. De två första tankarna fungerar som slamavskiljare, slamlager samt uppsamlingstankar. Den tredje tanken utgör själva SBR-reaktorn (Figur 5).

Minireningsverket installerades under september månad 1999.



Figur 5. Principskiss över minireningsverket Upoclean® 5 pe. Illustration: Pertti Salonen.

Från hushållet leds avloppsvattnet till den första tanken för slamavskiljning. Avloppsvattnet leds vidare till den andra tanken varefter det pumpas med en mammutpump till reaktorn. Vid en viss uppnådd nivå i reaktorn startar luftningen och avloppsvattnet blandas med det aktiva slam som redan finns i reaktorn varefter den biologiska processen påbörjas. I slutet av luftningsfasen doseras en fällningskemikalie. Efter luftningsfasen får det suspenderade materialet, som till stor del består av mikroorganismer och utfälld fosfor, sedimentera. Efter sedimenteringsfasen pumpades förut det behandlade avloppsvattnet med hjälp av en mammutpump ut i den gamla infiltrationsanläggningen. Numera pumpas vattnet ut till diket. Överskottsslam pumpas, med hjälp av en mammutpump, ut ur reaktorn tillbaka till den första tanken för slamlagring.

På leverantörens initiativ togs under våren och sommaren 2001 jämförande prover på klarfasen i reaktorn. Det visade sig då att prover tagna i provtagningsbrunnen innehöll högre halter suspenderat material jämfört med prover tagna på klarfasen i reaktorn. Detta berodde på att slam ansamlades i utpumpningsröret under luftningsfasen och följde med de första litrarna som pumpades ut efter avslutad behandlingscykel. I början av 2002, 2002-02-19, installerades en ny utloppsanordning samt ny styranordning för denna. Den nya konstruktionen för utpumpning gjorde det möjligt att backspola utpumpningsröret före utpumpning. Ytterligare modifiering av utloppsanordning gjordes i augusti 2005, 2005-08-23. Då gick man tillbaka till den ursprungliga konstruktionen, men införde en trappliknade förlängning (1 dm) av inloppsröret till utloppsmodulen. I augusti 2005 drogs rören för utgående avloppsvatten direkt till diket istället för att först passera en infiltrationsanläggning av äldre modell. Denna infiltrationsanläggning kunde på grund av begynnande igensättning inte ta emot det höga flöde som uppstod när hela klarfasen på 160 liter motsvarande en cykel under endast 30 minuter pumpades ut ur anläggningen.

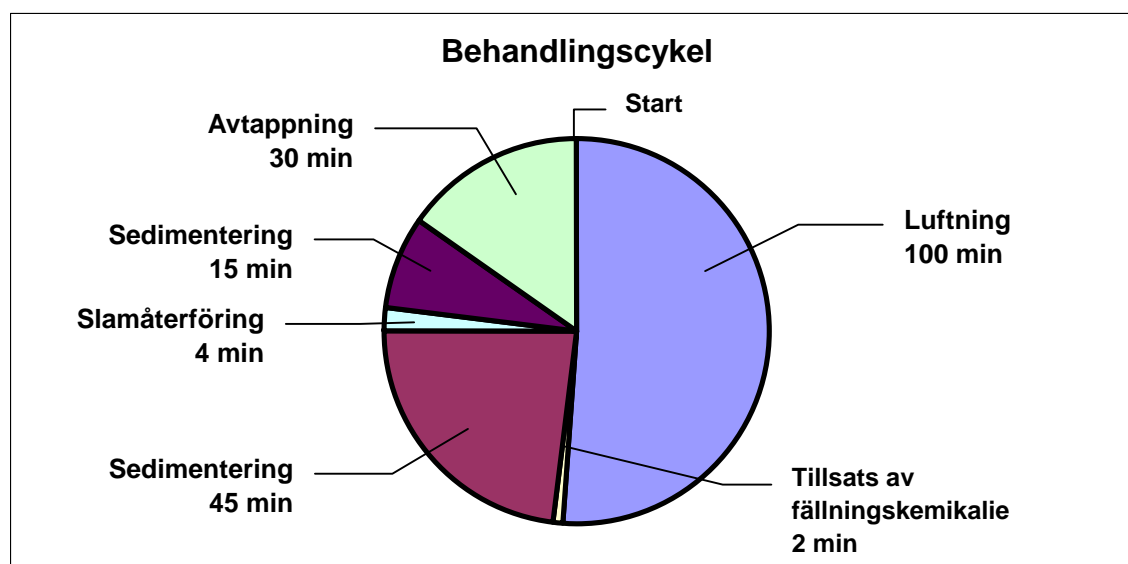
### 2.3.2 Utformning och material

Minireningsverket med produktnamnet Upoclean® 5 pe utgörs av tre klotformade tankar på vardera 1 m<sup>3</sup> tillverkade av rotationsgjuten polyeten. Intill avloppsanläggningen sitter ett automatiskåp innehållande all mekanisk och elektronisk utrustning såsom huvudströmbrytare, styrdator, luftpump, magnetventiler, nivåindikatorer, räkneverk för registrering av antal cykler samt felindikatorlampa. All pumpning och transport av vätskor sker med mammutpumpar. Dessa pumpar får sin luft från den gemensamma luftpumpen. Detta betyder att det inte finns några mekaniska pumpar eller rörliga delar under marknivå. Avloppsanläggningen är dimensionerad för 5 personer.

### 2.3.3 Processdata

För minireningsverket Upoclean® 5 pe ser en behandlingscykel ut som följer, se även Figur 6:

1. Reaktortanken fylls med slamavskilt avloppsvatten.
2. Biologisk behandling med hjälp av aktivt slam och luftning inleds. Luftningen pågår under 100 minuter.
3. Tillsats av fällningskemikalie för utfällning av fosfor under 2 minuter.
4. Sedimentering under 45 minuter.
5. Slamåterföring under 4 minuter.
6. Sedimentering under 15 minuter.
7. Avtappning av klarfas under 30 minuter.



Figur 6. Behandlingscykel för Upoclean® 5 pe.

- En behandlingscykel tar drygt 3 timmar, vilket innebär ett maximalt antal cykler per dygn på 7 stycken. Vid varje cykel behandlas 160 l avloppsvatten. Då belastningen på minireningsverket är mindre än 7 cykler per dygn går styrprogrammet över i en viloperiod varefter en underhållsluftning på 30 minuter per timme sker under denna viloperiod.

- Totala våtvolymer i reaktorn, när processen startar, är 870 liter. Kvarvarande volym aktivt slam i reaktorn efter slamreturpumpning är 265 liter.
- Den volym avskilt slam som kan lagras i de två första tankarna uppgår till 1,5 m<sup>3</sup>. Återförsel av slam från sista (reaktorn) till första tanken uppgår till ca 40 l per behandlingscykel.
- Inpumpning av avloppsvatten till reaktorn är tidsstyrd. Vid uppnådd startnivå i reaktorn påbörjas den tidsstyrda behandlingscykeln.
- Luftpumpen styrs automatiskt via en styr- och reglerutrustning och har en kapacitet på 3 m<sup>3</sup> luft/h. Luftpumpen driver mammutpumpar för avloppsvattenpumpning och slamåterföring samt dosering av fällningskemikalie. Kompressorn används också för luftning av det aktiva slammet.
- Som fällningskemikalie används den aluminiumbaserade PAX XL 60 från Kemira (7,3 % Al<sup>3+</sup>, densitet 1,31 g/ml)
- Doserpumpen styrs automatiskt via en styr- och reglerutrustning.
- Larm finns vid hög nivå i tank ett och två, vid behov av påfyllning av fällningskemikalie samt vid elavbrott. Larm indikeras med en felindikatorlampa placerad på utsidan av elskåpet.

#### **2.3.4 Omhändertagande av restprodukter**

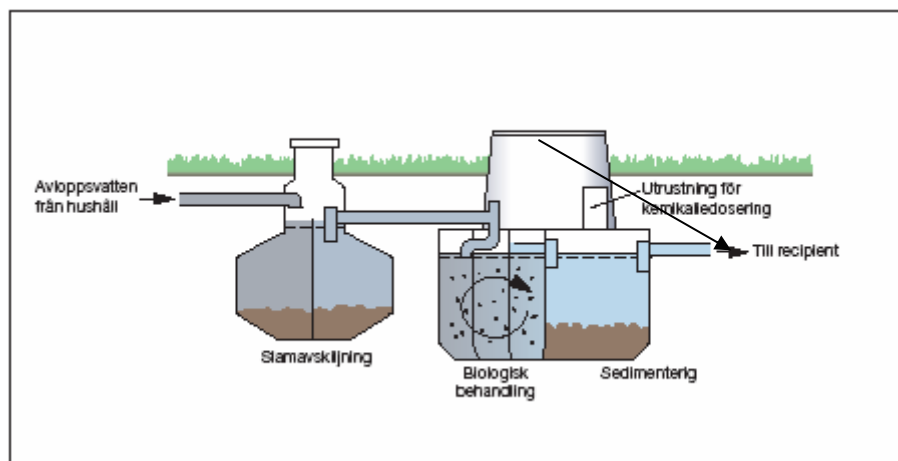
Det slam som bildas under behandlingscykeln sedimenterar för att efter slamtömning transporteras till kommunalt reningsverk för vidare behandling. Slamtömning rekommenderas ske minst två gånger per år.

## **2.4 MINIRENINGSVERK - BIOTRAP**

Två reningsverk, BioTrap, från Ifö Sanitär AB (f. d. Ifö EcoTrap Avloppssystem) ingick ursprungligen i projektet ”Bra Små Avlopp”. För uppföljningsprojektet redovisas dock endast resultat från den anläggning där man 2001 bytte ut reningsverket till den modell som idag tillverkas och saluförs.

### **2.4.1 Beskrivning av avloppsanläggning**

Avloppsanläggningen består av en slamavskiljare med efterföljande minireningsverk. I slamavskiljaren förbehandlas avloppsvattnet. Därefter leds avloppsvattnet vidare till minireningsverket för biologisk och kemisk behandling (Figur 7).



Figur 7. Principskiss över minireningsverket BioTrap. Illustration: Pertti Salonen.

Den biologiska behandlingsprocessen är uppdelad i tre steg där varje steg innehåller ett suspenderat bärmaterial av plast på vars yta verksamma mikroorganismer växer. I det första biosteget (Bio 1) sker denitrifikation i syrefri miljö. I det andra steget (Bio 2) tillförs syre genom luftning, varvid det organiska materialet bryts ned av bakterier som gynnas av den aeroba miljön. Syre tillförs även det tredje steget (Bio 3) där nitrifikation sker. Nitratrik avloppsvattnet återförs med en mammutpump till det första steget för att där genomgå denitrifikation.

Avloppsvattnet leds sedan vidare från det tredje steget till den kemiska behandlingen som är uppdelad i ett doseringssteg och ett sedimenteringssteg. I doseringssteget sker dosering av fällningskemikalie. Därefter pumpas avloppsvattnet med en mammutpump vidare till sedimenteringssteget. Det behandlade avloppsvattnet leds, efter sedimentering, ut till ett närliggande dike.

#### 2.4.2 Utformning och material

Anläggningen är dimensionerad för 5 personer. Ursprungligen användes en begagnad slamavskiljare med en våtvolymp på ca 2 m<sup>3</sup>. I maj 2001 byttes denna mot en slamavskiljare med produktnamnet ”Trapper 4000” med en våtvolymp som uppgår till 4 m<sup>3</sup>.

Under projektets gång har Ifö vidareutvecklat minireningsverket BioTrap och då man under 2001 upptäckte att anläggningen skadats byttes den första versionen av BioTrap ut mot den anläggning som beskrivs nedan.

Minireningsverket BioTrap har en totalvolym som uppgår till 4 m<sup>3</sup>, varav hälften utgörs av det biologiska behandlingssteget och hälften av den efterföljande sedimenteringen. Reaktorn är utformad som en stående cylinder med välvd botten. Styr- och reglerutrustning, luftpump samt utrustning för dosering av fällningskemikalie är placerade i utrymme direkt ovanför tanken.

Det första steget har en volym av 1000 l och de två övriga en volym på 500 l vardera. Bärarmaterialet med produktnamnet Natrix består av avpassade mängder av koniska moduler av formsprutad polyeten. Bitarna är ca 3 cm höga och har en diameter på ca 3,5 cm. Den specifika ytan uppgår till 330 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>.

### **2.4.3 Processdata**

- Den volym av slam som kan lagras i sedimenteringssteget uppgår till 1,8 - 2,0 m<sup>3</sup>.
- Luftpumpen har en kapacitet på ca 6 m<sup>3</sup> luft/h och luftning av andra och tredje steget sker kontinuerligt med hälften av luften till vardera steg. Luftning i Bio 1 sker en gång i halvtimmen under 10 sekunder i syfte att skapa omrörning varvid ventilerna till Bio 2 och Bio 3 är stängda. Pumpning från Bio 3 till doseringssteget styrs av nivågivare med två olika nivåer och sker normalt var 45:e minut med 20 liter åt gången. Direkt efter varje kemcykel, som varar i ca 2,5 minut, startar recirkulering av avloppsvatten från Bio 3 till Bio 1. Recirkuleringen sker i två minuter och återföringen av avloppsvatten från Bio 3 till Bio 1 uppgår till 40 liter per gång. Luftpumpen driver en mammutpump för vidarepumpning av avloppsvatten från doseringssteget till sedimenteringssteget vilket sker efter varje avslutad kemcykel.
- Som fällningskemikalie används den aluminiumbaserade PAX 16 från Kemira (8,2 % Al<sup>3+</sup>, densitet 1,33 g/ml). En peristaltisk pump används vid kemikaliedoseringen som sker automatiskt via styr- och reglerutrustningen.
- Larm finns, men har ej varit inkopplat på testanläggningarna.

### **2.4.4 Omhändertagande av restprodukter**

Slammet som bildas vid behandling transporteras efter slamtömning till det kommunala reningsverket för vidare behandling. Slamtömning rekommenderas ske minst 2 gånger per år.

## **2.5 SORTERANDE AVLOPPSANLÄGGNINGAR - ALLMÄNT**

I källsorterande system blandas inte olika sorters avloppsvatten, till exempel disk- och tvättvatten med toalettavloppsvatten eller urin. Istället hålls de olika flödena åtskilda och behandlas var för sig. För att underlätta hantering, eventuell behandling samt reducera lagrings- och transportbehov är det viktigt att tillförd spolvattenmängd är så liten som möjligt. Avloppsfraktioner med mycket näringsämnen, till exempel urin, kan sedan användas som gödning i jordbruket.

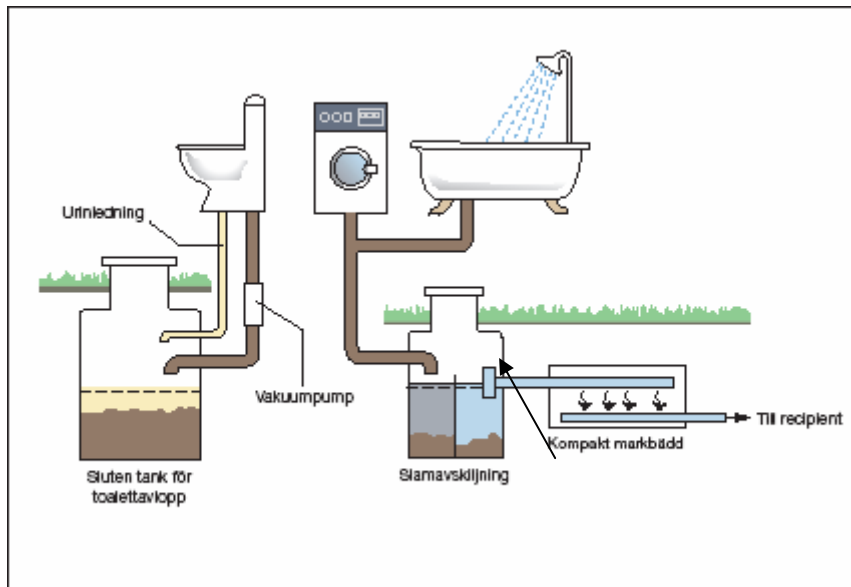
I de fall klosettavlopp avskiljs och samlas upp i en sluten tank kommer fosfor- och kvävebelastningen på behandlingsanläggningen att reduceras med 75 % respektive 90 % (Naturvårdsverket, 1995). Enklare metoder kan då användas för att behandla resterande avloppsvatten, det vill säga BDT-vattnet. En annan möjlighet är att endast avskilja urin vilket i sin tur innebär att belastningen på behandlingsanläggningen av fosfor och kväve kan reduceras med 50 % respektive 80 % (Naturvårdsverket, 1995). I urinsorterande system kan övrigt klosettavlopp och BDT-vatten antingen behandlas tillsammans eller var för sig.

## **2.6 SLUTEN TANK OCH MARKBÄDD FÖR BDT-VATTEN, WOST MAN ECOLOGY**

Två anläggningar från Wost Man Ecology AB ingick i projektet.

### 2.6.1 Beskrivning av avloppsanläggningar

Vid anläggning B har en snålspolande toalett installerats. Den toalett som installerats vid anläggning A är förutom snålspolande även urinsorterande. För respektive hushåll sker sedan uppsamling av klosettavloppet i en sluten tank. Vinsten med urinsortering vid anläggning A är, trots att urinen leds till den slutna tanken för klosettavlopp, att den totala vattenåtgången minskar. BDT-vattnet behandlas i slamavskiljare och specialutformad kompakt markbädd varefter det leds till en närliggande bäck (Figur 8).



Figur 8. Principskiss över de sorterande avloppsanläggningarna med separat uppsamling av klosettavlopp. Illustration: Pertti Salonen.

### 2.6.2 Utformning och material

Den snålspolande urinsorterande toalett som ingick i anläggning A har produktnamnet EcoVac. Toalettstolen är golvmonterad och tillverkad i porslin. Den är utrustad med två separata skålar och två från varandra oberoende spolsystem. Fekalier samlas upp i den bakre skålen varefter fekaliespolning sker med hjälp av ett mjukvakuumsystem. I detta tjänstgör vattenlåset som ventil och vakuumpumpen startas först när spolningsknappen trycks in. Vakuum genereras bara under själva spolningen, annars råder normaltryck. Detta system minimerar driftselektriciteten och det behövs ingen speciell vakuumentil i toaletten. Urin samlas upp i den främre skålen. Toaletten är förberedd för skålventilation som enligt tillverkaren kan ge mindre luktproblem jämfört med konventionella vattenklosetter.

Klosettavloppet leds till en begagnad liggande sluten tank i anläggning A och en ny stående tank i anläggning B, båda med en våtvolyms som uppgår till 3 m<sup>3</sup>. I anläggning A leds BDT-vattnet till en begagnad liggande slamavskiljare<sup>3</sup> med en våtvolyms som uppgår till 2 m<sup>3</sup>. I anläggning B installerades en ny slamavskiljare av typ ”Trapper 700”. Därefter passerar BDT-vattnet en nyanlagd kompakt markbädd med produktnamnet WM-filtret. Markbädden har en yta på 6 m<sup>2</sup> och innehåller en spridarledning samt en uppsamlingsledning. Höjden på markbädden uppgår till 0,8 m. De biologiska processerna i markbädden sker över ett artificiellt infiltrationslager som består av geotextil veckad över och inuti ett luftigt bärmaterial av polyetenplast. Denna enhet benämns Bioblock. Markbädden är inlagd i en

<sup>3</sup> som tidigare användes för ett blandat avloppsvatten (dvs. även klosettavlopp).

formsvetsad plastduk, vilket förhindrar in- och utläckage. Nedan följer en beskrivning på hur den kompakta markbädden är uppbyggt från toppen och nedåt.

- 170 mm Bioblock
- 400 mm markbäddssand (Ø 0 - 8 mm)
- 200 mm singel (Ø16 - 27 mm)
- 20 mm rörgravsgrus (Ø 0 - 8 mm)

Den snålspolande toalett som ingick i anläggning B från början hade produktnamnet Clever<sup>4</sup>. Toalettstolen var tillverkad av porslin och plast. En speciell vattenlåskonstruktion var tänkt att ge en extra låg vattenanvändning vid spolning. Klosettavloppet leds till en slutna tank. I inkommande rör till den slutna tanken har en liten fläkt monterats för att skapa undertryck. Lukt ska därmed inte komma in i huset. BDT-vattnet leds till en stående slamavskiljare med en våtvolum som uppgår till 0,7 m<sup>3</sup>. Därefter leds avloppsvattnet till en nyanlagd markbädd identisk med den i anläggning A.

De båda avloppsanläggningarna installerades under månadskiftet november/december 1999.

### **2.6.3 Processdata**

- För EcoVac uppgår, enligt tillverkaren, spolvattenmängden till 0,5 - 0,7 l för spolning av fekalier och 0,1 - 0,2 l för spolning av urin. Vakuumgeneratoren till EcoVac utgörs av en fläkt på 1,1 - 1,2 kW.
- För Clever uppgår, enligt tillverkaren, spolvattenmängden till 0,5 liter per spolning. 20 oktober 2000 ökades denna till 1,5 liter per spolning.

### **2.6.4 Omhändertagande av restprodukter**

Tömning av de slutna tankarna för klosettavlopp rekommenderas från tillverkaren att ske efter behov, det vill säga när tanken blir full. Tömningsfrekvensen kommer därför att variera beroende på hushållets storlek, spolfrekvens och eventuell tillförsel av annat vatten<sup>5</sup>. Efter tömning transporteras klosettavloppet till kommunalt reningsverk för vidare behandling. Det slam som bildas i slamavskiljarna transporteras också till kommunalt reningsverk för vidare behandling. Slamtömning rekommenderas ske minst 1 gång per år.

## **2.7 URINSORTERING OCH MARKBÄDD - BB INNOVATION**

Två urinsorterande avloppsanläggningar från BB Innovation & Co AB har utvärderats.

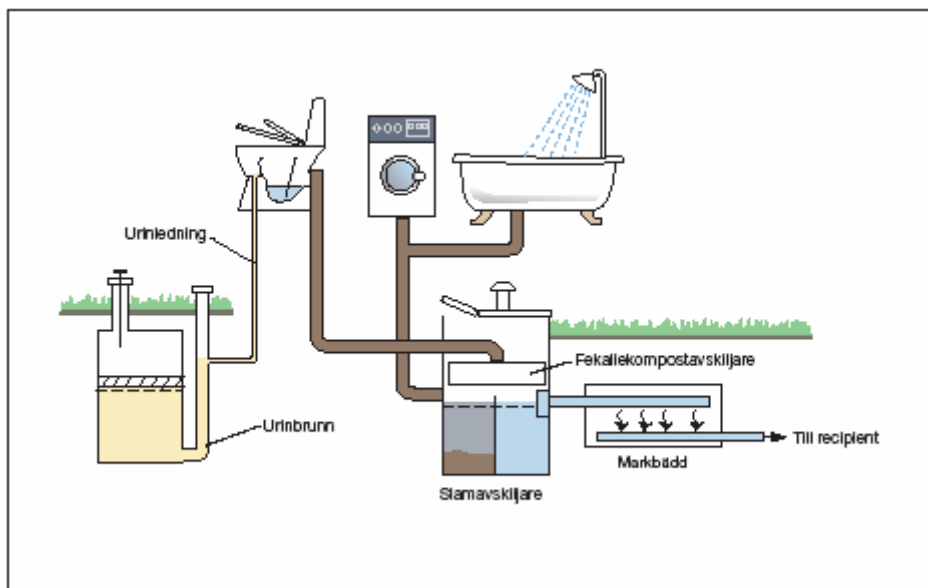
### **2.7.1 Beskrivning av avloppsanläggningar**

I hushållen installerades snålspolande urinsorterande toaletter. Utsorterad urin leds till en slutna uppsamlingstank. BDT-vattnet och resterande klosettavloppet leds gemensamt till en slamavskiljare följt av en markbädd (Figur 9). Det behandlade avloppsvattnet leds sedan till ett närliggande dike. I anläggning B kompletterades slamavskiljaren med en fekalieavskiljare. Denna togs dock bort i början av 2003 och har inte använts under uppföljningsperioden.

---

<sup>4</sup> I november 2002 byttes Clevertoaletten ut mot en urinsorterande toalett på grund av svåra problem med lukt inne i bostaden (vilket berodde på att fläkten inte fungerade). Clever finns inte längre i produktsortimentet.

<sup>5</sup> Exempelvis vatten från skurhink.



Figur 9. Principskiss över de sorterande avloppsanläggningarna med urinsortering (anläggning B). Illustration: Pertti Salonen.

Vid anläggning B upptäcktes hösten 2001 att avlopp från tvättstuga, dusch och handfat i duschrum ej var inkopplade på avloppet som gick till slamavskiljaren och markbädden. Detta åtgärdades i november 2001 så att allt avlopp från huset, utom utsorterad urin, därefter leddes till slamavskiljaren.

### 2.7.2 Utformning och material

De småspolande urinsorterande toaletterna har produktnamnet Dubbletten och är tillverkade av porslin. Vid anläggning B finns en vägghängd modell och vid anläggning A en golvmonterad. Dubbletten är utrustad med två separata skålar och två från varandra oberoende spolsystem. Fekalier samlas upp i den bakre skålen varefter fekaliespolning används. Till fekaliespolningen tas vatten från toalettens spolvattencistern. Urin samlas upp i den främre skålen, som är avskiljd från fekaliedelen med en mellanvägg av porslin. Spolning av urinskålen kräver mindre vattenmängd än fekaliespolningen och spolvatten kommer via en ventil direkt från inkommande vattenledning. Toalettsitsen är gjord av trä. För att hjälpa barn att använda rätt skål vid toalettbesök är toalettsitsen utrustad med en extra sittring som kan fällas ned så att barnen sitter på lämpligt sätt.

Utsorterad urin leds till en stående urintank i betong med produktnamnet UB 2. Urintanken har två kammare och den totala volymen uppgår till 2,2 m<sup>3</sup>. Kamrarna används växelvis vilket innebär att urin kan lagras i den ena kammaren medan den andra kammaren fylls upp. I detta projekt hade de båda kamrarna förbindelse med varandra. För att motverka ammoniakavgång under lagring och uppfyllning är urintanken utrustad med ett speciellt flottörsystem.

BDT-vattnet och det resterande klosettavloppet leds till slamavskiljare med en våtvolymer på cirka 1 m<sup>3</sup> och vidare ut till markbädd som anlades 1999/2000<sup>6</sup>. Markbädden har en yta på 50 m<sup>2</sup> och innehåller fyra spridarledningar samt två uppsamlingsledningar<sup>7</sup>. Markbäddens botten

<sup>6</sup> Slamavskiljare och markbädd ingick ej i BB Innovation & Co AB:s bidrag till projektet "Bra Små Avlopp".

<sup>7</sup> Endast halva markbädden har nyttjats för att erhålla en högre belastning.



och överdel har tätats med armerad vävplastduk för att förhindra okontrollerad infiltration respektive inläckage av ytvatten.

Markbädden är uppbyggd enligt följande från toppen och nedåt (Axelson, 2000):

- 300 mm tvättad singel (Ø 16 - 27 mm)
- 100 mm singel (Ø 8 - 12 mm)
- 800 mm markbäddssand (Ø 0 - 8 mm)
- 100 mm singel (Ø 8 - 12 mm)
- 300 mm tvättad singel (Ø 16 - 27 mm)
- 50 mm rörgravsgrus (Ø 0 - 8 mm)

Avloppsanläggningarna installerades i januari 2000.

### **2.7.3 Processdata**

- För Dubbletten uppgår, enligt tillverkaren, spolvattenmängden till 1,5 - 2 dl vid urinspolning, beroende på hur länge spolknappen hålls intryckt. För spolningen av fekalier och toalettpapper uppgår vattenmängden till 4 - 6 liter per spolning.

### **2.7.4 Omhändertagande av restprodukter**

Från urintankarna transporteras urin till ett mellanlager för att därefter spridas på åkermark. Det slam som bildas i slamavskiljaren transporteras efter slamtömning till kommunalt reningsverk för vidare behandling. Slamtömning rekommenderas ske minst 1 gång per år.

## **2.8 KEMISK FÄLLNING OCH MARKBÄDD – ALLMÄNT**

I projektet ingick avloppsanläggningar bestående av slamavskiljare och markbädd som uppgraderats genom installation av utrustning för dosering av fällningskemikalie. Fällningskemikalien doseras automatiskt till avloppet inne i bostaden och utfälld fosfor och småpartiklar sedimenterar i slamavskiljaren.

Vid kemisk fällning tillsätts ett fällningsmedel i avloppsvattnet varvid fosfor fälls ut och gelatinösa flockar bildas. Den utfällda fosfor är bunden till flockarna vilka sedimenterar och bildar ett kemslam. Fällningsmedlet bidrar också till medfällning av suspenderad substans samt adsorption av lösta ämnen.

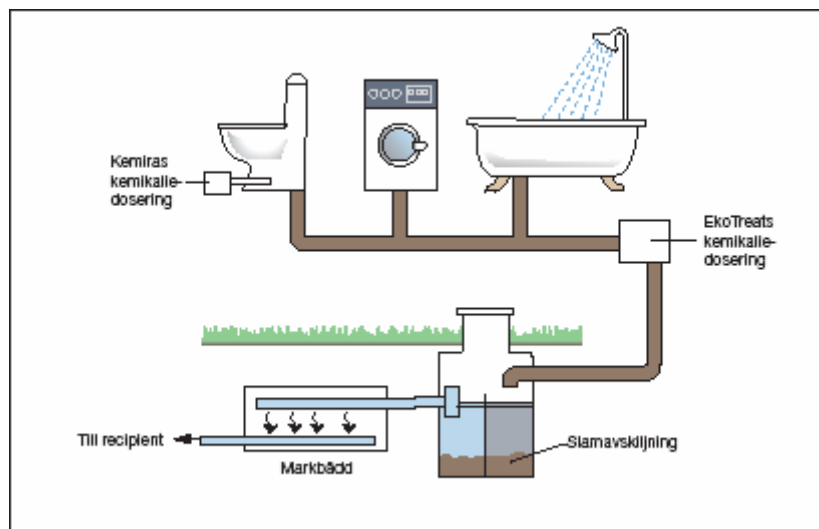
## **2.9 KEMISK FÄLLNING OCH MARKBÄDD - EKOTREAT**

EkoTreat har utrustning som kan användas för att uppgradera befintliga avloppsanläggningar. Utrustning från EkoTreat används numera även på de anläggningar inom Bornsjöområdet som tidigare var försedda med doseringsutrustning från Kemira (se Hellström *et al.*, 2003).

Utrustningen möjliggör kontrollerad tillsats av fällningskemikalie i avloppssystemet inomhus. Två anläggningar installerades i månadskiftet november/december 1999. Ytterligare två anläggningar, men med doseringsutrustning från Kemira, installerades sommaren 2001. I slutet av februari 2005 byttes doseringsutrustning i dessa anläggningar ut mot utrustning från EkoTreat.

### 2.9.1 Beskrivning av avloppsanläggningar

Avloppsanläggningarna består av utrustning för dosering av kemikalier till avloppet inomhus samt efterföljande behandling i slamavskiljare och markbädd (Figur 10).



Figur 10. Principskiss över kemisk fällning i befintlig avloppsanläggning. Illustration: Pertti Salonen.

I EkoTreats anläggning A tillsätts fällningskemikalien till avloppsledningen från tvättstugan och i anläggning D till avloppsledningen från diskbänken. I anläggning B och C tillsätts fällningskemikalien till det gemensamma avloppet från hela hushållet. Avloppsvattnet med tillsatt fällningskemikalie leds sedan till en slamavskiljare där fällningsreaktionen sker. Före utsläpp till närliggande dike passerar avloppsvattnet slutligen en markbädd.

### 2.9.2 Utformning och material

Kemikaliedoseringssystemet med produktnamnet EkoTreat 801 består av en styrenhet till vilken en behållare för fällningskemikalie samt en slang till hushållets avloppssystem är kopplad. Denna styrenhet är programmerad så att dosering av fällningskemikalie sker efter ett program som bestäms av familjestorlek, åldersfördelning, vanor etcetera.

Efter fällningskemikalietillsats leds avloppsvattnet från hushållet till slamavskiljare. I anläggning A, C och D har befintliga slamavskiljare behållits. De har alla tre kammare och en total våtvolyms på 2 m<sup>3</sup> vardera. Alla tre slamavskiljarna är tillverkade i glasfiberarmerad polyeten. I anläggning B finns en slamavskiljare av märket ALFA typ BAGA med en våtvolyms på knappt 3 m<sup>3</sup> i en kammare. Samtliga markbäddar<sup>8</sup> har en yta på 50 m<sup>2</sup> vardera och innehåller fyra spridarledningar samt två uppsamlingsledningar<sup>9</sup>. Markbäddens botten och överdel har tätats med armerad vävplastduk för att förhindra okontrollerad infiltration respektive inläckage av ytvatten. Markbädden är uppbyggd enligt följande från toppen och nedåt (Axelson, 2000):

<sup>8</sup> Markbädd ingick ej i EkoTreats och Kemiras bidrag till projektet ”Bra Små Avlopp”.

<sup>9</sup> Endast halva markbädden används för att öka belastningen och därmed studera om fosformättnad erhålls.

- 300 mm tvättad singel (Ø 16 - 27 mm)
- 100 mm singel (Ø 8 - 12 mm)
- 800 mm markbäddssand (Ø 0 - 8 mm)
- 100 mm singel (Ø 8 - 12 mm)
- 300 mm tvättad singel (Ø16 - 27 mm)
- 50 mm rörgravsgrus (Ø 0 - 8 mm)

### 2.9.3 Processdata

Data för EkoTreats anläggningar:

- Som fällningskemikalie används den aluminiumbaserade EkoTreat 801. Doseringspumpen styrs automatiskt via en styr- och reglerutrustning.
- Larm saknas.

### 2.9.4 Omhändertagande av restprodukter

Det slam som bildas i slamavskiljaren vid respektive reningsverk transporteras efter slamtömning till kommunalt reningsverk för vidare behandling. Slamtömning rekommenderas ske 2 - 3 gånger per år beroende på belastning och slamavskiljarens storlek.

## 2.10 FILTERBÄDDAR MED FOSFORBINDANDE MATERIAL - ALLMÄNT

Grundprincipen för denna teknik är att ersätta markbäddssanden med ett reaktivt, fosforbindande, material. Tanken är alltså att kunna behålla markbäddens fördelar i form av enkel och robust drift och samtidigt få en bra fosforreduktion. Filtreträddsanläggningar kan utformas på olika sätt och designas inte sällan på annat sätt än konventionella markbäddar.

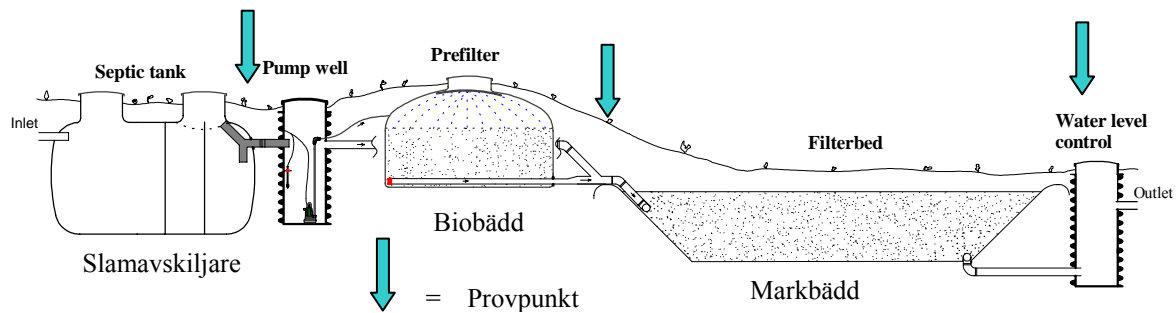
### 2.11 FILTERBÄDDAR FRÅN MAXITGROUP

MaxitGroup AS bidrog med två anläggningar, en på 10 pe benämnd anläggning A och en på 7 pe benämnd anläggning B. Anläggning A är ansluten till två hus och anläggning B är ansluten till Stockholm Vattens kontor vid Talby Nedergård på Bornsjöegendomen.

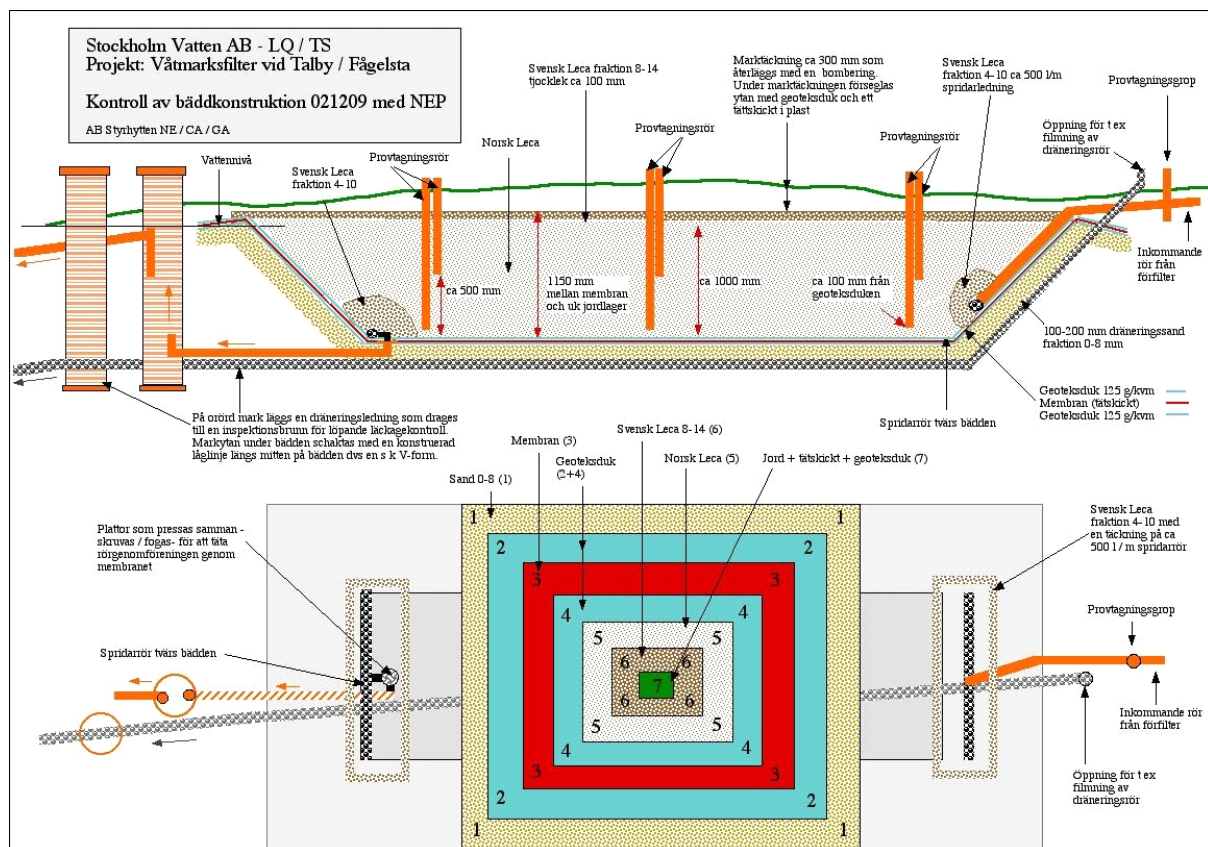
#### 2.11.1 Beskrivning av avloppsanläggningar

Avloppsanläggningarna består av slamavskiljare med efterföljande biobädd och markbädd (Figur 11). I slamavskiljaren avskiljs de grövsta slampartiklarna. I den efterföljande biobädden sker nedbrytning av organiskt material och nitrifikation i biohuden som växer på ytan av biobäddmaterialet bestående av små keramiska Lecakulor. Biobädden är syrerik och eftersom vattnet tillförs uppifrån genom två dysor är den inte dränkt.

I den efterföljande dränkta syrefria markbädden, som är fylld med krossade Lecakulor dopade med kalciumjoner, sker denitrifikation och fosforfällning varvid kalciumfosfat bildas. I markbädden, se Figur 12, är det tänkt att vattnet sakta ska strömma i horisontell riktning. I slutet av markbädden samlas avloppsvattnet i dräneringsrör och leds ut via en nivåkontrollerande utloppsbrunn till ett dike.



Figur 11. Principskiss över Filtralite anläggning A och B. Illustration: Nils Erik Pedersen, Haco AS.



Figur 12. Principskiss över markbädden i Filtralite anläggning A och B. Illustration: AB Stryhtten.

### 2.11.2 Utformning och material

I båda anläggningarna installerades en ny horisontell trekammarbrunn på 6 m<sup>3</sup>, Trapper 6000. Denna följs av en provtagningsbrunn med en diameter på 400 mm. Därefter rinner vattnet ned i en pumpbrunn och pumpas därifrån upp till två parallella biobäddar där vattnet sprids över ytan med 2 dysor per bädd. Varje biobädd har en bäddvolym på 2,3 m<sup>3</sup> och är tillverkade av en slamavskiljare från Ifö EcoTrap, Ifö Trapper 4000, med en innerdiameter på Ø 2,1 meter. Bäddmaterialet består av Filtralite 2 - 4, små keramiska Lecakulor. I botten på biobädden leds vattnet ut genom dräneringsrör på Ø 110 mm och vidare till en provtagningsbrunn med en diameter på 110 mm. Därefter rinner vattnet ned i botten på markbädden genom spridarrör, Ø 110 mm, och förväntas passera markbädden horisontellt. Markbädden är till största delen fylld

med Filtralite P 0 - 4 mm vilket består av krossade keramiska Lecakulor dopade med kalciumjoner för kalciumfosfatfällning. Runt inlopps- och utloppsrören består bäddmaterialet av Svensk Leca 4 - 10. Vattnet samlas upp i Ø 110-rör i andra ändan av markbädden och leds upp i en nivåkontrollerande utloppsbrunn där provtagning sker. Därefter leds det slutligen ut i ett dike. Markbädden har ett djup på ca 1 meter. I anläggning A, 10 pe, har markbädden en yta på 70 m<sup>2</sup>, och i anläggning B, 7 pe, en yta på 50 m<sup>2</sup>. Markbäddens vätskenivå regleras med ett utloppsskibord i utloppsbrunnen. Vanligtvis drivs anläggningen med helt vätskefylld markbädd. Under markbäddens tätskikt finns en dräneringsledning för att leda bort dränvatten.

Markbädden är uppbyggd av ”Styrhytten AB” enligt följande från ytan och nedåt:

- gräs
- ca 300 mm jord
- vattentät presenning
- materialåtskiljande geotextil (glasfiberarmerad duk)
- 100 mm Filtralite (Ø 8 - 14 mm)
- 1000 mm Filtralite P (Ø 0 - 4 mm)
- materialåtskiljande geotextil (glasfiberarmerad duk)
- vattentätt membran i gummiliknande material
- materialåtskiljande geotextil (glasfiberarmerad duk)
- 100 - 200 mm sand för dränering (Ø 0 - 8 mm)
- rör för dränering, Ø 110 mm, svarta, under markbäddens nivå dragna parallellt med flödesriktningen, dessa är försedda med provtagningsbrunnar och inspektionsbrunnar.

### **2.11.3 Processdata**

Data för Filtraliteanläggningarna:

- Spridningspumpen före biobädden styrs automatiskt med en nivåvipa.
- Larm saknas.

### **2.11.4 Omhändertagande av restprodukter**

Det slam som bildas i slamavskiljaren vid respektive reningsverk transporteras efter slamtömning till kommunalt reningsverk för vidare behandling. Slamtömning rekommenderas ske var 18de månad eller 1 gång per år beroende på belastningen. När kalciumjonerna tagit slut i markbädden, måste bäddmaterialet bytas ut. Det gamla bäddmaterialet bör vara lämpligt för spridning på åkermark (Føllesdal, 2005).

## 3 METOD

### 3.1 PROVTAGNING OCH ANALYS

#### 3.1.1 Kranvatten

Stockholm Vatten har genomfört provtagning och analys av kranvattnet i de hus som berörts av projektet (se vidare Hellström *et al.*, 2003).

#### 3.1.2 Avloppsvatten

För provtagningen har en provtagningsutrustning från Vattenresurs AB använts (se Bilaga 2: Provtagningsförfarande).

Flödesproportionella samlingsprov har, där så varit möjligt, tagits på inkommande och utgående avloppsvatten under perioder om fyra till åtta veckor för respektive anläggning. Viss komplettering med stickprovtagning har skett, vilket redovisas separat för respektive anläggning. Provtagare för inkommande avloppsvatten har även innehållit utrustning för flödesmätning som styrt provtagningsfrekvensen för båda provtagarna. Samlingsproverna utgjordes av dygnsprover, tvådygnsprover, veckoprover eller tvåveckorsprover, se bilaga 2 samt Hellström *et al.* (2003). Prover på inkommande avloppsvatten har tagits efter slamavskiljare där så varit möjligt, det vill säga när behandlat avloppsvatten eller slam inte återförts till slamavskiljaren. Automatisk provtagning på inkommande, ej slamavskiljt, vatten har ej fungerat. Därför används schablonberäkning baserat på data från Hellström *et al.* (2003) för dessa anläggningar. Provtagningspunkter för respektive anläggning anges i Tabell 4. Efter avslutad provtagningsperiod har provtagningsutrustningen flyttats till nästa anläggning.

Vid ett antal tillfällen har det inte varit möjligt att ta prov på utgående vatten från markbäddarna. Detta har framförallt orsakats av att vatten saknats i provtagningsbrunnarna.

Under tiden för uppföljningsprojektet har veckoproverna analyserats med avseende på organiskt material (COD och TOC), fosfor, Kjeldahlkväve, ammoniumkväve och summa nitrit och nitrat. Tvådygnsproverna (söndag och måndag) har analyserats med avseende på grumlighet, konduktivitet och fosfatfosfor. Ett mer omfattande analyspaket användes under ”Bra Små Avlopp”, vilket redovisas av Hellström *et al.* (2003).

Samtliga prov under 2003 - 2007 har analyserats av Stockholm Vattens ackrediterade laboratorium enligt Tabell 5.

Tabell 4. Provtagningspunkter för respektive anläggning.

| Anläggning  | Provtagningspunkter  |
|---|--|
| Biovac (2 st.)<br>Upoclean (1 st)                                     | Utgående efter sista behandlingssteg   |
| BioTrap (1st.)  | Inkommande på slamavskilt avlopp<br>Utgående efter sista behandlingssteg                             |
| BB Innovation (2 st.)<br>Wost Man Ecology (2 st.)<br>EkoTreat (4 st.) | Inkommande till markbädd efter<br>slamavskiljning<br>Utgående efter markbädd                         |
| Filtralite (2 st.)  | Inkommande på slamavskilt avlopp<br>Utgående från biobädden före markbädd<br>Utgående efter markbädd |

Tabell 5. Analysmetoder och noggrannhet.

| Parameter  | Analysmetod                                     | Noggrannhet, %<br>med 95 % sannolikhet<br>(k = 2) |
|--|---|---|
| SS, Suspended Solids   | SS 028112 – 3                                   | 50 – 22   |
| VSS, Volatile suspended solids                                     | SS - EN ISO 872 – 1                             | 50 – 22   |
| COD, Chemical oxygen demand  | SS 028142 - 2 mod                               | 26 – 12   |
| BOD <sub>7</sub> , Biochemical oxygen demand under 7 dygn          | SS 028143 - 2 och<br>SS EN 25814 – 1            | 24 – 10   |
| TOC, Total organic carbon  | SS - EN 1484 – 1                                | 15 – 9  |
| Tot-P, Totalfosfor   | SS 028127 – 2<br>vid koncentrationer < 1 mg/l   | 34 – 11   |
| Tot-P, Totalfosfor   | ASN 5240 - SE *<br>vid koncentrationer ≥ 1 mg/l | 22 – 12   |
| PO <sub>4</sub> -P, Fosfatfosfor                                   | SS 028126 – 2                                   | 34 – 11   |
| Kj-N, Organiskt bunden kväve och ammoniumkväve                     | AN 300/ASN 3503 *                               | 50 – 10   |
| NH <sub>4</sub> -N, Ammoniumkväve                                  | AN 300 *  | 46 – 10   |
| (NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> )-N, Nitratkväve och nitritkväve | AN 5201 *                                       | 18 – 10   |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Alkalinitet                        | SS - EN ISO 9963 - 2                            | 18 – 13   |
| pH   | pH-mätare WTW340 med sonden SenTix21            |   |
| Konduktivitet  | SS - EN 27888 - 1                               | 26 – 4  |
| E. coli  | Colilert®-18/MPN-metod                          | **  |
| Fecal enterococci  | Enterolert <sup>TM</sup>                        | **  |

\* Applikation inte enligt Foss/Tecator, \*\* inte tillämplig

pH har mätts med sonden SenTix21 monterad på pH-mätare WTW340 SET-2 i samband med beredning av prover för analys. Temperaturen har loggats kontinuerligt på inkommande och/eller utgående avloppsvatten, se bilaga 3. Flödet mättes med flödesmätaren ”Danfoss Magflo FLOWmeter Type MAG 5000” och värdena har loggats kontinuerligt.

### ***3.1.3 Provernas representativitet***

Av praktiska skäl var det nödvändigt att ta dygnsprover under måndagar (och tvådygnsprov togs söndag-måndag). Jämförelser med veckoproverna visar att inkommande mängder, och i vissa fall även koncentrationer, ligger lägre under måndagsdygnet jämfört med övriga veckan. Detta innebär att de, i kapitel 4, redovisade inkommande halterna i dygnsamlingsproven (BOD<sub>7</sub>, ammoniumkväve, 2000 - 2002, och fosfatfosfor) inte är direkt jämförbara med de inkommande halterna i veckosamlingsproverna (COD, totalkväve och totalfosfor). Dygnsproverna har emellertid under 2000 - 2002 analyserats med avseende på samtliga parametrar och förhållandet mellan de ovan angivna parametrarna finns därför fastlagt.

I kapitel 4 och 5 redovisas reduktionen av COD, BOD<sub>7</sub>, TOC, kväve och fosfor för de olika anläggningarna. Reduktionsgraden har beräknats utifrån inkommande och utgående mängder för samma provtagningsvecka (COD, TOC, kväve och fosfor) respektive provtagningsdygn (BOD<sub>7</sub>). Eftersom den hydrauliska uppehållstiden för de flesta anläggningarna är relativt lång innebär det att de tagna inkommande och utgående proverna inte har tagits på samma vatten, särskilt inte dygnsproverna.

## **3.2 DRIFTSERFARENHETER**

Utlåtande om driftserfarenheter baseras sig på uppgifter från Stockholm Vattens personal om inte annat sägs.

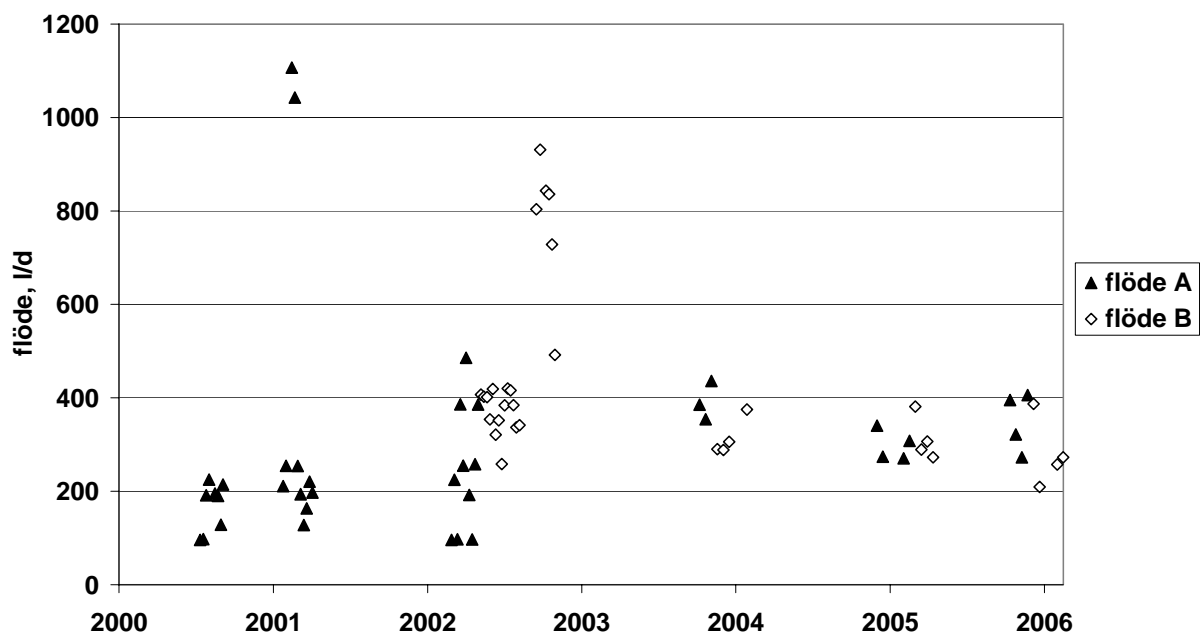


## 4 RESULTAT FÖR RESPEKTIVE ANLÄGGNING

### 4.1 MINIRENINGSVERK BIOVAC

#### 4.1.1 Flöde

Flödet har uppskattats utifrån antal processcykler som har gått. Flödet för anläggning A har under 2000 och 2001 mestadels legat mellan 100 och 250 l/d. Under 2002 - 2006 var flödet något högre och varierade då mellan 100 och 500 l/d. För anläggning B har flödet varierat mellan 200 och 500 l/d med värden upp mot 950 l/d hösten 2002 (Figur 13).



Figur 13. Flöde till anläggningarna, l/d, minireningsverket Biovac A och B.

#### 4.1.2 In- och utgående halter

Då kranvattnets beskaffenhet kan påverka anläggningens prestanda har (stick)prover tagits på detta (Se Tabell 6 och Hellström *et al.*, 2003).

Tabell 6. Kranvattnets beskaffenhet i hushåll anslutna till Biovacs anläggningar.

|                                     | Anläggning A | Anläggning B |
|-------------------------------------|--------------|--------------|
| pH                                  | 7,7 - 7,9    | 6,7 - 6,8    |
| Hårdhet, dH/Ca i mg/l               | ca 8         | 8 - 9        |
| Alkalinitet, mg HCO <sub>3</sub> /l | 150 - 170    | ca 100       |
| Järn, mikrogram/liter               | 100 - 1400   | 50 - 130     |
| Koppar, mikrogram/liter             | < 25*, 86**  | 30 - 100     |
| Mangan, mikrogram/liter             | 5 - 200      | < 10         |
| Kalcium, mg/l                       | 40 - 45      | 40 - 45      |
| Magnesium, mg/l                     | ca 10        | ca 10        |

\*kallvatten, 10 min spolning, \*\*varmvatten

För att uppskatta halter i inkommande avloppsvatten har prover tagits i uppsamlingstanken. Dessa blir emellertid inte helt representativa eftersom rejekt från slamavvattningen också leds dit. Vidare finns en viss ansamling av slam från inkommande avloppsvatten i botten på

tanken. Dessutom går, vid sista påfyllningen i reaktorn, en viss del aktivt slam i retur till uppsamlingstanken. I anläggningen Biovac A har familjen och därmed belastningen utökats i mars 2003 efter provtagningen på inkommande. Halterna borde dock förhoppningsvis ligga på ungefär samma värden. Inkommande avloppsvatten är mycket heterogent och koncentrationerna är mycket höga. De uppskattade halterna redovisas i Tabell 7. Kvoten COD/TOC har i de flesta avloppsvattentyper visat sig ligga runt 3,4 i prover analyserade på Stockholm Vattens huvudlaboratorium på Torsgatan i Stockholm. Denna kvot används för att räkna ut schablonvärdet för TOC.

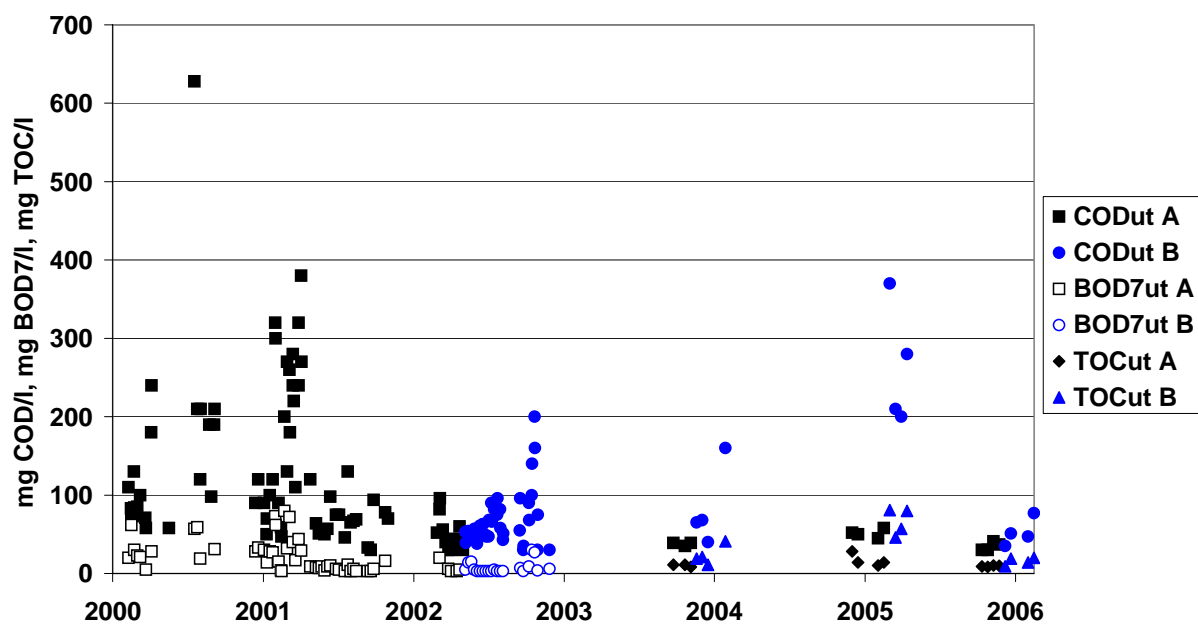
Tabell 7. Uppskattade halter i mg/l i inkommande avloppsvatten till minireningsverken Biovac.

|                  | Anläggning A    | Anläggning B    |
|------------------|-----------------|-----------------|
| BOD <sub>7</sub> | 200 - 400, 300  | 250 - 500, 375  |
| COD              | 700 - 1000, 850 | 600 - 1200, 900 |
| TOC              | 206 - 294, 250  | 176 - 353, 265  |
| Tot-N            | 90 - 140, 115   | 90 - 120, 105   |
| Tot-P            | 10 - 20, 15     | 10 - 20, 15     |

Vid anläggning A kompletterades den automatiska provtagningen på utgående vatten med stickprov under 2000 (Hellström *et al.*, 2003). Anläggning A drabbades under de första åren av ett antal allvarliga driftsstörningar som antingen resulterat i utebliven eller för låg dosering av fällningskemikalie eller skapat annan obalans i processen. Dessa störningar har resulterat i utsläpp av relativt höga halter av suspenderat material och fosfater från anläggning A. Vidare upptäcktes vid intensivprovtagning sommaren 2001 att slamhalten i reaktorn var hög. Detta medförde att slam inte hann sedimentera under sedimenteringsfasen (Hellström *et al.*, 2003). Slamvolymindex låg däremot inte för högt. Ett ökat uttag av överskottsslam löste detta problem och under uppföljningen har driften stabiliserats och endast vid något provtagningstillfälle har kraftigt förhöjda halter i utgående vatten noterats.

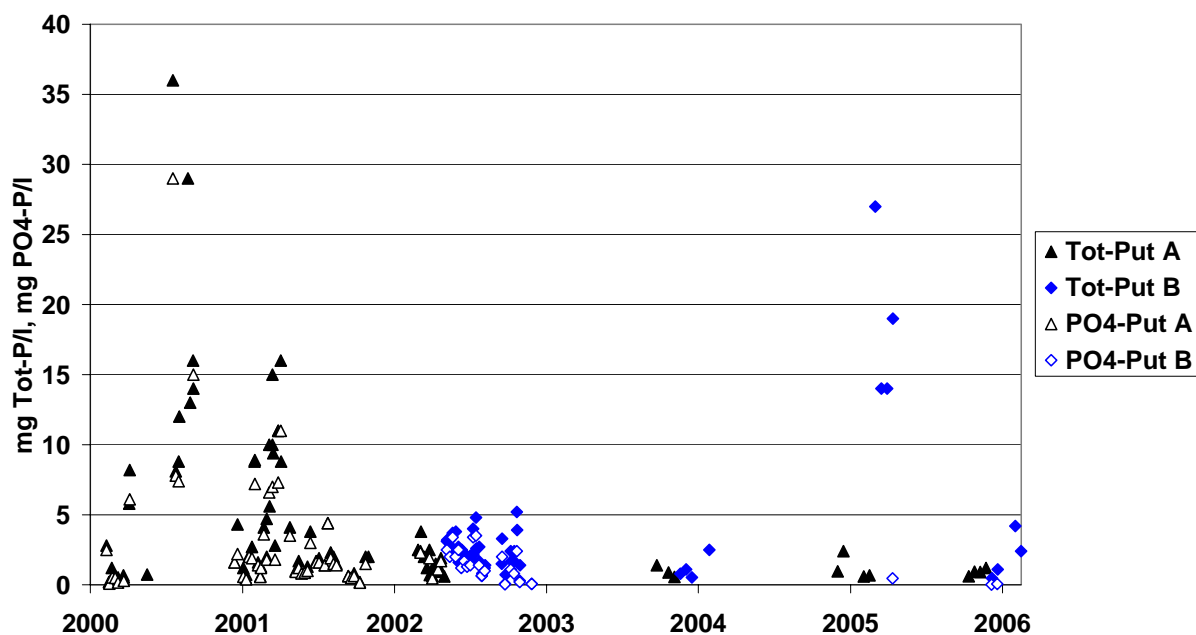
Även anläggning B har drabbats av allvarliga driftsstörningar som troligtvis påverkat provtagningsresultaten. Här har satt igen rörledningarna med flödesstopp som följd. Under uppföljningen har denna anläggning vid flera provtagningstillfällen uppvisat mycket höga utgående halter. Detta förklaras sannolikt av för höga slamhalter i reaktorn vilket i sin tur beror på ett för lågt uttag av överskottsslam.

Under perioder med stabil drift har halten av organiskt material varit låg, och det som kommit ut har i huvudsak utgjorts av suspenderat material - det vill säga slam som bildats under behandlingscykeln (Figur 14). Under 2003 - 2006 har utgående COD-halter varierat mellan 10 och 70 mg COD/l i båda anläggningarna förutom vid de tillfällen då slamflykt har skett i anläggning B. Vid dessa tillfällen har utgående COD gått upp mot 400 mg COD/l. I anläggning A har utgående TOC-halt varierat mellan 8 och 28 mg TOC/l och i B mellan 9 och 21 mg TOC/l men med toppar upp mot 80 mg TOC/l vid slamflykt under 2003 - 2006. Under 2001 uppstod slamflykt ofta även i anläggning A med värden upp mot 400 mg COD/l. Under 2002 låg utgående BOD<sub>7</sub>-halter på 3 - 30 mg BOD<sub>7</sub>/l i båda anläggningarna.



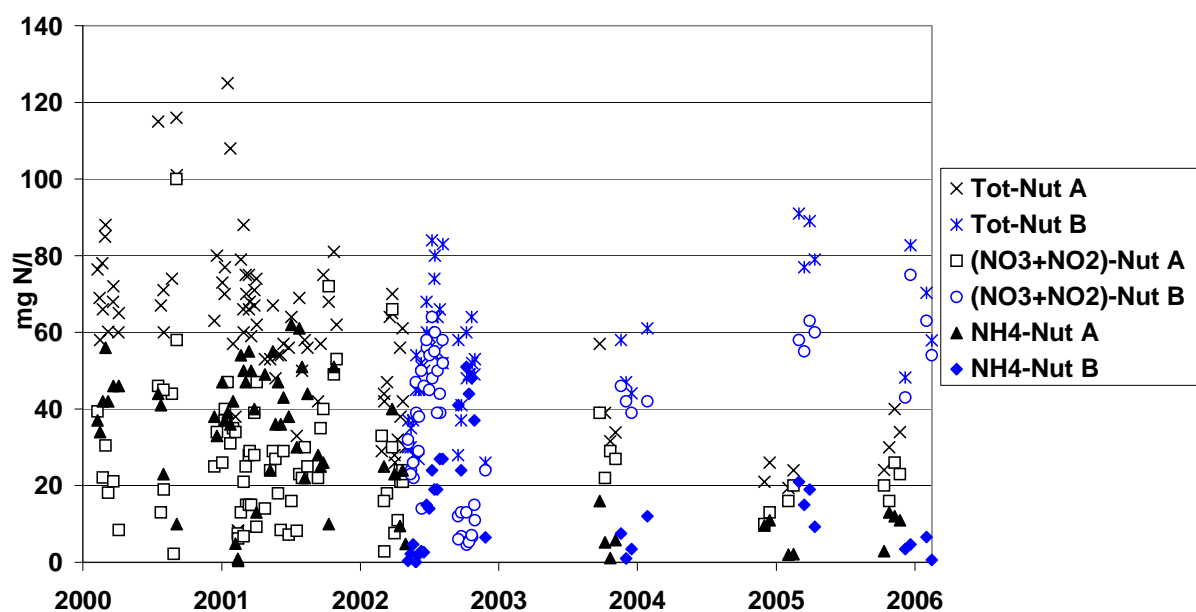
Figur 14. Halt av organiskt material i utgående avloppsvatten, minireningsverket Biovac - anläggning A och B.

På grund av de störningar som beskrivits ovan har utgående halter av fosfor från anläggning A varit höga under långa perioder (Figur 15). Under sommaren 2000 låg utgående halt från anläggning A vid några tillfällen över 15 mg P/l. Ett prov hade till och med en totalfosforhalt på 36 mg/l. Efter våren 2001 har utgående koncentrationer sjunkit och legat under 5 mg P/l för anläggning A och mestadels i anläggning B. Under en provtagningsperiod 2005 uppvisade anläggning B mycket höga utgående halter av totalfosfor medan fosfatfosfor var låg, 0,46 mg PO<sub>4</sub>-P/l. Detta berodde på den ovan omtalade slamflykten av bioslam. Detta syns även i början av 2006 i anläggning B. Totalfosforhalterna ligger visserligen under 5 mg P/l men fosfatfosforhalterna ligger mycket lågt vilket skulle innebära ett mycket lågt värde på utgående totalfosforhalt om slamflykt kan undvikas. Under 2003 - 2006 låg utgående halter i båda anläggningarna mellan 0,5 och 2,5 mg P/l vid tillfällen utan större slamflykt och förmodligen på 0,5 - 1,5 mg P/l vid tillfällen helt utan slamflykt.



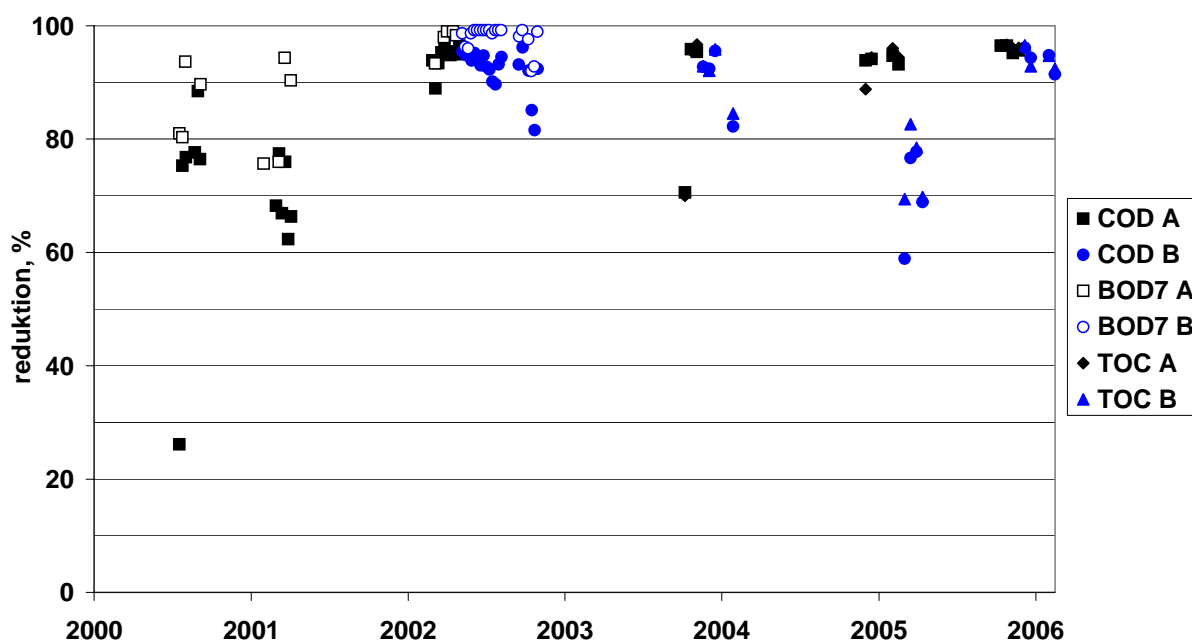
Figur 15. Halt av total- och fosfatfosfor i utgående avloppsvatten, minireningsverket Biovac - anläggning A och B.

Utgående kvävehalter har med få undantag legat mellan 25 och 90 mg N/l i både anläggning A och anläggning B (Figur 16) En stor andel av utsläppt kväve går ut som nitrat. Detta visar på en fungerande biologisk process och styrker slutsatsen att de relativt höga halterna av organiskt material beror på dålig avskiljning av bildat slam. På grund av en väl tilltagen luftning har nitrifikationen alltså fungerat väl men denitrifikationen har inte varit helt tillfredställande, vilket också ledde till höga utgående nitratkvävehalter och därmed höga totalkvävehalter. Förmodligen har denitrifikationen helt eller delvis inhiberats på grund av för höga syrehalter i reaktorn. Ammoniumkvävehalterna har legat relativt lågt under 2003 - 2006 med värden under 20 mg  $\text{NH}_4\text{-N/l}$  i båda anläggningarna.

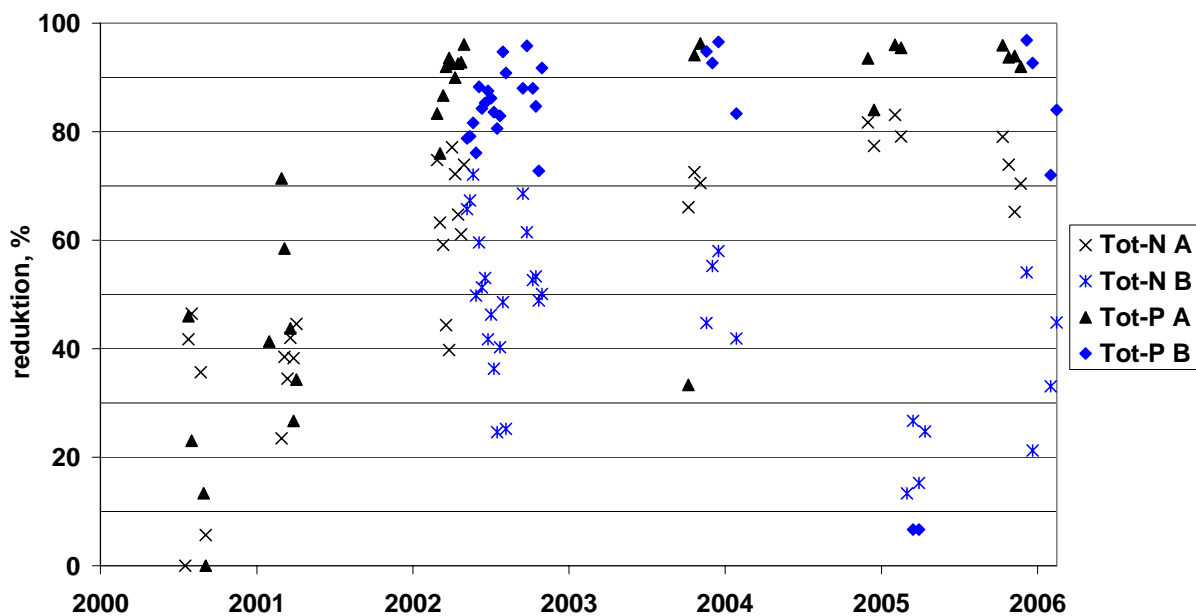


Figur 16. Halt av kväve och kvävefraktioner i behandlat avloppsvatten från Biovacanläggningarna A och B.

Reduktionsgraden med avseende på organiskt material, kväve och fosfor för de båda anläggningarna visas i Figur 17 och Figur 18. Reduktionsgraden för anläggning A var inledningsvis måttlig på grund av störningar. Under 2002 har reduktionen av BOD legat över 90 % i båda anläggningarna. En stabil fosforreduktion över 90 % har dock inte erhållits. Den kraftiga slamflykten under 2005 och den något mindre slamflykten i början av 2006 i anläggning B påverkar rektionsgraderna tydligt, se figur 17 och figur 18. Om man bortser från perioder med betydande slamflykt, kan man se att reduktionen av organiska ämnen och fosfor legat över 80 % 2003 - 2006 i båda anläggningarna. Värdena mellan 80 och 90 % reduktion beror troligtvis på en viss slamflykt. Kvävereduktionen under 2003 - 2006 har påverkats av både slamflykt och ytterst begränsad denitrifikation i anläggning B, medan anläggning A har ett lägsta värde på kvävereduktionen på 65 %. Intervallet var under 2003 - 2006 för A 65 - 85 % kvävereduktion, vilket är betryggande, och i B 15 - 60 % kvävereduktion.



Figur 17. Uppskattad reduktion av organiskt material för minireningsverken Biovac A och B.



Figur 18. Uppskattad kväve- och fosforreduktion för minireningsverken Biovac A och B.

I Tabell 8 nedan redovisas reduktionen över hela anläggningen av organiska ämnen, kväve och fosfor under tre perioder som medianvärden.

Tabell 8. Beräknad reduktion, %, som medianvärden för minireningsverken Biovac A och B under perioderna 2000/2001 - 2002/2003 – 2007.

| anläggning | COD |       |       | BOD <sub>7</sub> |       |       | TOC |       |       | Tot-N |       |       | Tot-P |       |       |
|------------|-----|-------|-------|------------------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | 00  | 01-02 | 03-07 | 00               | 01-02 | 03-07 | 00  | 01-02 | 03-07 | 00    | 01-02 | 03-07 | 00    | 01-02 | 03-07 |
| Biovac A   | 77  | 94    | 95    | 85               | 94    |       |     |       | 96    | 36    | 52    | 74    | 6,7   | 83    | 94    |
| Biovac B   |     | 93    | 92    |                  | 99    |       |     |       | 92    |       | 51    | 37    |       | 85    | 84    |

#### 4.1.3 Sammanfattande bedömning

När anläggningarna har fungerat, har de klarat kravet på 90 % fosforreduktion och 90 % BOD<sub>7</sub>-reduktion samt 90 % reduktion med avseende på COD och TOC. Anläggningarna har periodvis också gett en god nitrifikation (anläggningarna har dock varit måttligt belastade). Anläggning A har klarat kravet på 50 % kvävereduktion, men inte anläggning B.

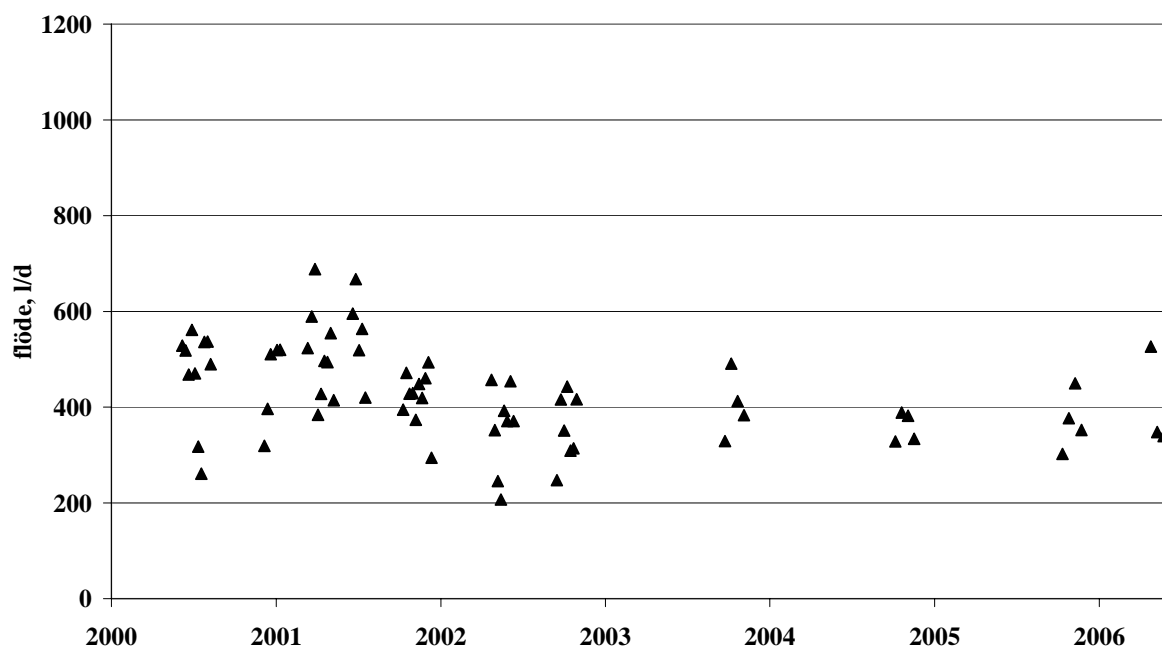
Stickprov på utgående avloppsvatten för analys av bakteriehalter visar att anläggningarna har haft svårt att klara gränsvärdet för badvattenkvalitet.

Antalet driftsstörningar har varit relativt stort och det är nödvändigt med regelbunden professionell tillsyn för att säkerställa att anläggningen ska klara högt ställda reningskrav.

## 4.2 MINIRENINGSVERK UPOCLEAN® 5 PE

### 4.2.1 Flöde och belastning

Flödet in till anläggningen har vissa perioder varit relativt stort (Figur 19), men har för det mesta varierat mellan 300 och 600 l/d. Det finns även en tendens att flödena har minskat under utvärderingsperioden. Belastningen har uppskattats utifrån stickprovtagning och uppmätta flöden och redovisas i Tabell 10.



Figur 19. Flöde till anläggningen, l/d, minireningsverket Upoclean® 5 pe.

### 4.2.2 Inkommande och utgående halter

Då kranvattnets beskaffenhet kan påverka anläggningens prestanda har stickprover tagits på detta vid några tillfällen (Tabell 9 och Hellström *et al.*, 2003).

Tabell 9. Kranvattnets beskaffenhet i hushåll anslutet till Upoclean.

|                                     | Upoclean   |
|-------------------------------------|------------|
| pH                                  | ca 7,2     |
| Hårdhet, dH/Ca i mg/l               | ca 6       |
| Alkalinitet, mg HCO <sub>3</sub> /l | 130 – 140  |
| Järn, mikrogram/liter               | 70 – 110   |
| Koppar, mikrogram/liter             | 40*, 350** |
| Mangan, mikrogram/liter             | < 10       |
| Kalcium, mg/l                       | 35 – 40    |
| Magnesium, mg/l                     | ca 4       |

\*kallvatten, 10 min spolning, \*\*varmvatten

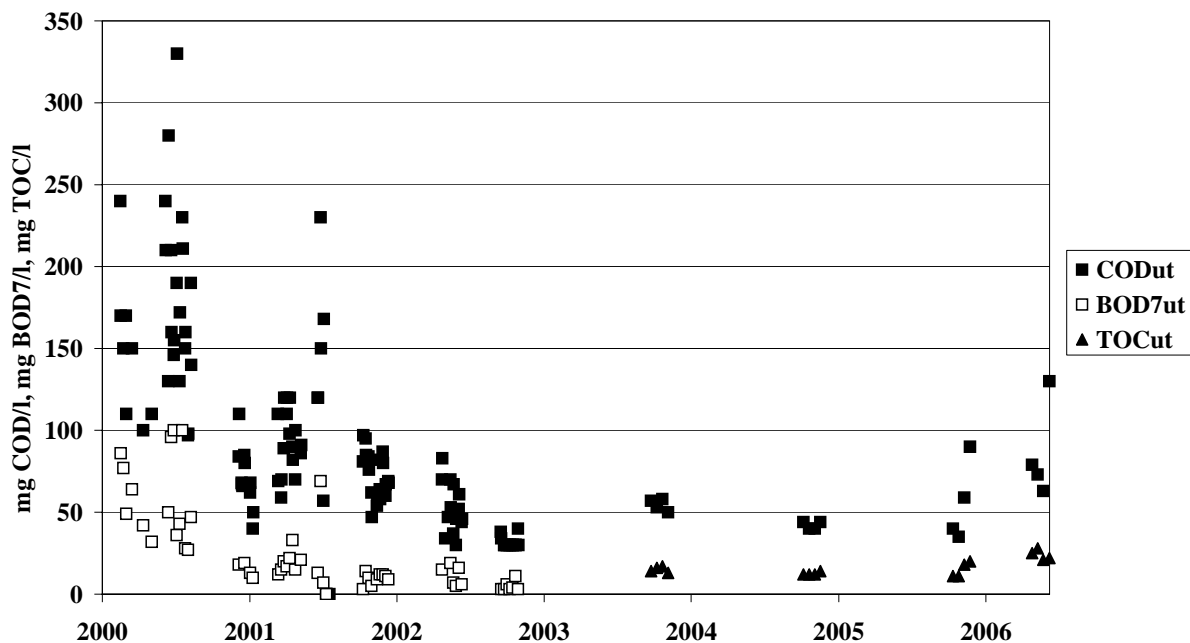
För att uppskatta inkommande halter har stickprov tagits i första tanken. Dessa är emellertid inte helt representativa eftersom överskottsslam från processen också leds dit. Vidare avskiljs slam från inkommande avloppsvatten i tanken. Inledningsvis togs även prov på inkommande avloppsvatten. Detta fungerade dock endast sporadiskt på grund av att vattnet var kraftigt heterogent. Resultaten från provtagningen indikerar att inkommande halter ligger i närheten

av de förväntade, det vill säga cirka 10 mg P/l och 50 - 80 mg N/l (Tabell 10). Värdet 3,4 på kvoten COD/TOC har enligt tidigare diskussion använts för att räkna ut ett schablonvärde på TOC. Medelhalten i intervallet för inkommande halter har använts för att beräkna reduktionerna i Tabell 11 samt i diagrammen i Figur 23 och Figur 24.

Tabell 10. Uppskattade halter i inkommande avloppsvatten och belastning på minireningsverket Upoclean® 5 pe.

|                  | Inkommande halt, mg/l | Belastning, g/d |
|------------------|-----------------------|-----------------|
| BOD <sub>7</sub> | 200 – 300, 250        | 70 - 180        |
| COD              | 400 – 600, 500        | 150 - 350       |
| TOC              | 120 – 180, 147        | 40 - 110        |
| Tot-N            | 50 – 80, 65           | 20 - 50         |
| Tot-P            | 5 – 15, 10            | 3 - 7           |

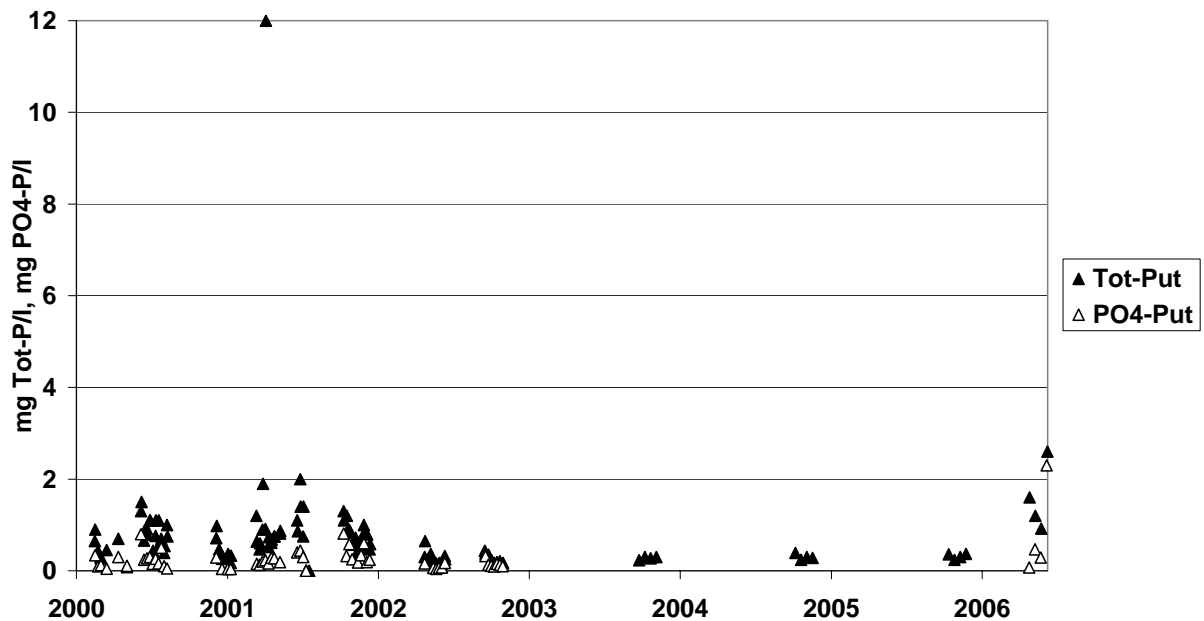
Utgående halter av COD och BOD var under första halvåret relativt höga (Figur 20). Detta förklaras troligtvis av för låg syresättning av vattnet i reaktorn. Grovblåsigt luftare ersattes med finblåsigt tubluftare med högre kapacitet i september 2000. Därefter har utgående halter sjunkit till under 20 mg BOD<sub>7</sub>/l och mellan 30 och 100 mg COD/l. Kompressorn byttes till en större den 8 maj 2000 men detta visade sig ha mindre betydelse för syresättningskapaciteten än bytet av luftaren. TOC-halterna har legat under 20 mg TOC/l förutom under den sista provtagningsperioden 2006, då både organiska ämnen och fosforhalter låg något högre än vanligt.



Figur 20. Halt av organiskt material i behandlat avloppsvatten från minireningsverket Upoclean® 5 pe.

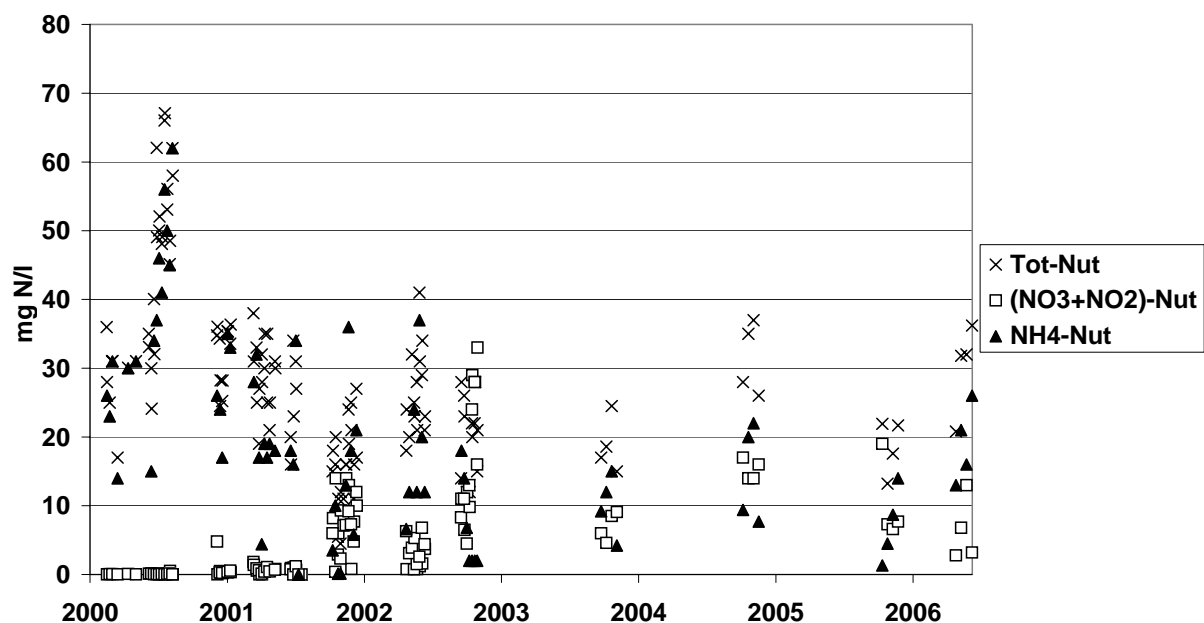
Utgående fosforhalter har, sett över hela försöksperioden, i regel legat under 1,0 mg P/l (Figur 21). Efter modifiering av utloppsmodulen i februari 2002 har utgående fosfor genomgående legat under 0,5 mg P/l.





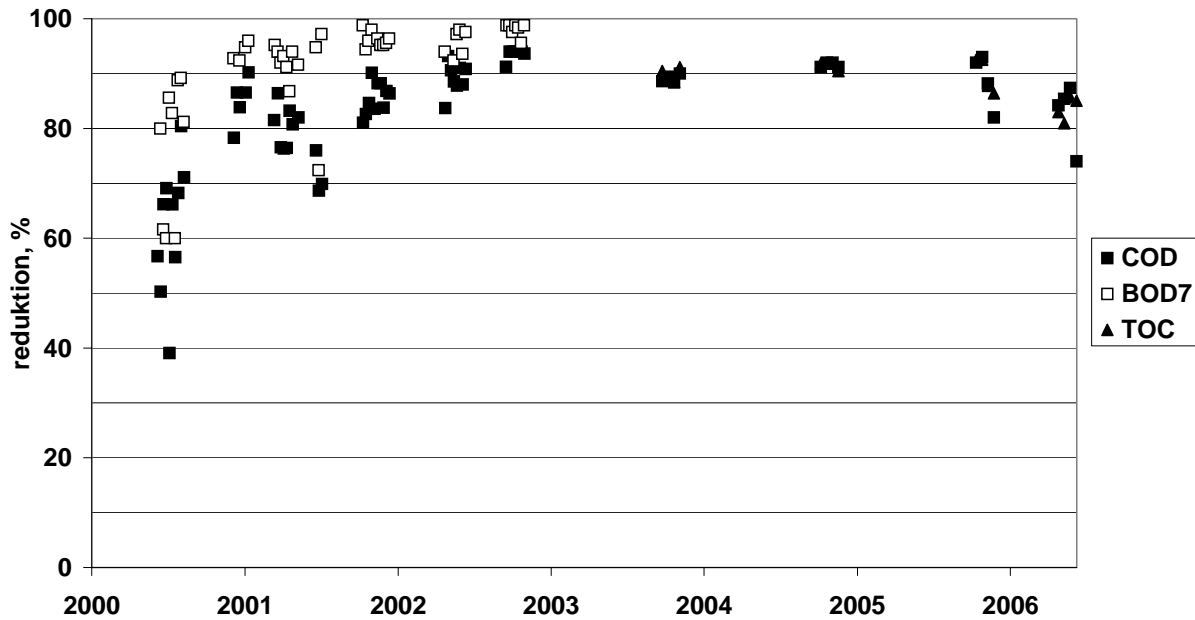
Figur 21. Halt av total- och fosfatfosfor i behandlat avloppsvatten från minireningsverket Upoclean® 5 pe.

Utgående kvävehalter var inledningsvis relativt höga och de mycket låga nitrathalterna tyder på att det inte skedde någon betydande nitrifikation under denna period. För de flesta veckor från september 2001 till april 2006 noterades en betydande grad av nitrifikation samt, i jämförelse med tidigare, låga halter av kväve i behandlat avloppsvatten, vanligtvis 15 - 35 mg N/l (Figur 22). Detta kan troligtvis förklaras av förbättrad syresättning med de finblåsiga luftarna. Under april 2006 var temperaturen låg, se bilaga 3. Trots detta erhöles nitrifikation och med stor sannolikhet också denitrifikation eftersom totalkvävehalten i utgående vatten tydde på mist 50 % kvävereduktion (Figur 24). Under 2003 - 2006 har utgående ammoniumkvävehalter oftast legat på 1 - 20 mg  $\text{NH}_4\text{-N/l}$ .



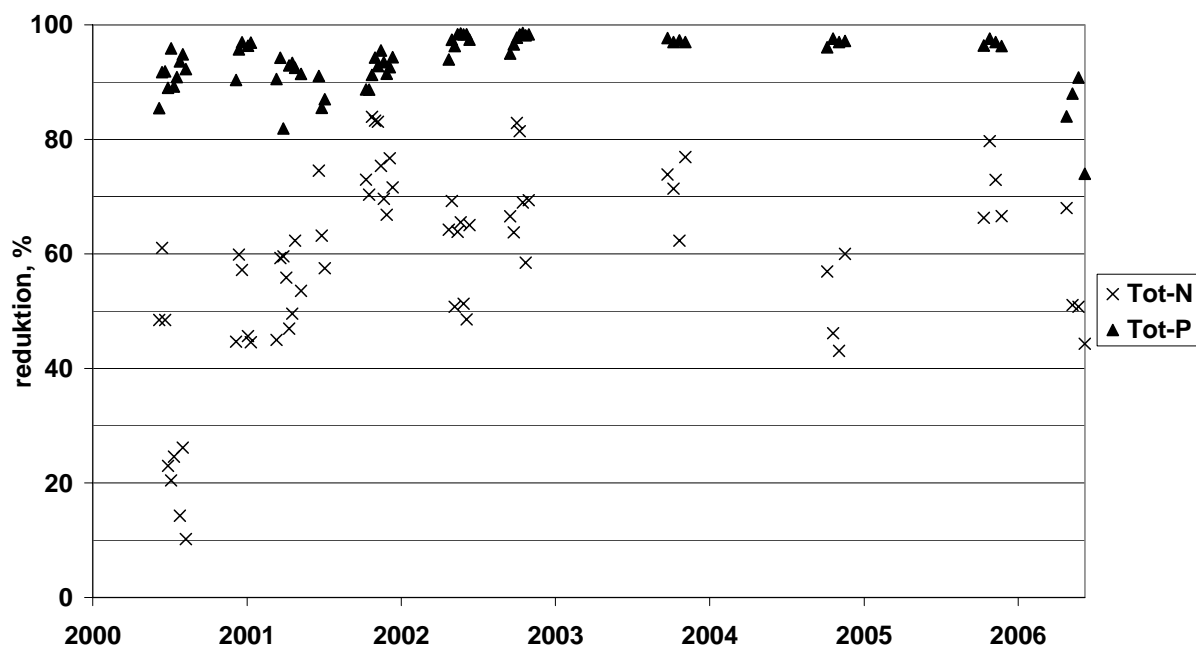
Figur 22. Halt av kväve och kvävefraktioner i behandlat avloppsvatten från minireningsverket Upoclean® 5 pe.

Efter att luftaren åtgärdades i september 2001 har anläggningen klarat kravet på 90 % BOD-reduktion och efter att utloppsmodulen modifierades första gången i februari 2002 har BOD-reduktionen oftast varit bättre än 95 % (Figur 23). Efter byte av utloppsmodul blev även COD-reduktionen hög (> 90 %) fram till november 2005 då den gick ned till mellan 80 och 90 % COD-reduktion. TOC-reduktionen har följt värdena för COD-reduktionen.



Figur 23. Reduktion av organiskt material för minireningsverket Upoclean® 5 pe (beräknat utifrån uppskattade värden på inkommande avloppsvatten).

Fosforreduktionen har genomgående varit hög och efter byte av utloppsmodul har den som regel legat över 95 % (Figur 24). Under tiden 2002 - 2006 har reningsverket i stort sett även klarat kravet på 50 % kvävereduktion. Eftersom reduktionen beräknats på uppskattade värden finns en osäkerhet kring angiven reduktionsgrad.



Figur 24. Kväve- och fosforreduktion för minireningsverket Upoclean® 5 pe (beräknat utifrån uppskattade värden på inkommande avloppsvatten).

Mitt under den näst sista provtagningsperioden i slutet av oktober 2005, har utgående halter av organiskt material ökat. Det är osäkert vad detta beror på. I augusti 2005 byttes utloppsmodulen igen. Detta kan eventuellt påverka utgående halter negativt. Under den näst sista provtagningsperioden var emellertid både utgående halter av kväve och fosfor låga. Sedan steg dessa under den sista provtagningsperioden 2006. Under tiden för det sista provet i den näst sista provtagningsperioden 2005 samt under hela den sista provtagningsperioden, låg dosen av fällningskemikalier per m<sup>3</sup> avloppsvatten lägre än vanligt. Detta kan vara en förklaring till varför fosfor låg så högt under den sista provtagningsperioden. Utgående kvävehalter under 2006 ligger i nivå med värdena under 2004 men märkbart högre än under 2005.

Medianvärden för reduktionsgraden med avseende på organiskt material, kväve och fosfor under de olika etapperna redovisas i Tabell 11. I bilaga 4 redovisas även hur stor andel som uppskattningsvis avskiljs via slammet.

Tabell 11. Reduktion i % som medianvärden i minireningsverket Upoclean® 5 pe under perioderna 2000/2001 - 2002/2003 - 2007.

| anläggning | COD |       |       | BOD <sub>7</sub> |       |       | TOC |       |       | Tot-N |       |       | Tot-P |       |       |
|------------|-----|-------|-------|------------------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | 00  | 01-02 | 03-07 | 00               | 01-02 | 03-07 | 00  | 01-02 | 03-07 | 00    | 01-02 | 03-07 | 00    | 01-02 | 03-07 |
| Upoclean   | 68  | 87    | 89    | 83               | 96    |       |     |       | 90    | 26    | 65    | 64    | 92    | 94    | 97    |

#### 4.2.3 Sammanfattande bedömning

Anläggningen har i stort sett klarat uppställda krav på 90 % reduktion med avseende på BOD<sub>7</sub>, TOC, COD och fosfor under 2002 - 2005. Under 2002 - 2006 har anläggningen även i stort sett klarat kravet på 50 % kvävereduktion.

Under hösten 2002, det vill säga efter det att utloppsmodulen modifierats, togs ett begränsat antal stickprov på utgående avloppsvatten för att analysera bakteriehalterna. Samtliga dessa prov klarade gränsvärdet för badvattenkvalitet. Vid den första stickprovtagningssomgången, som inträffade före modifiering av utloppsmodul, klarade anläggningen inte kravet på badvattenkvalitet.

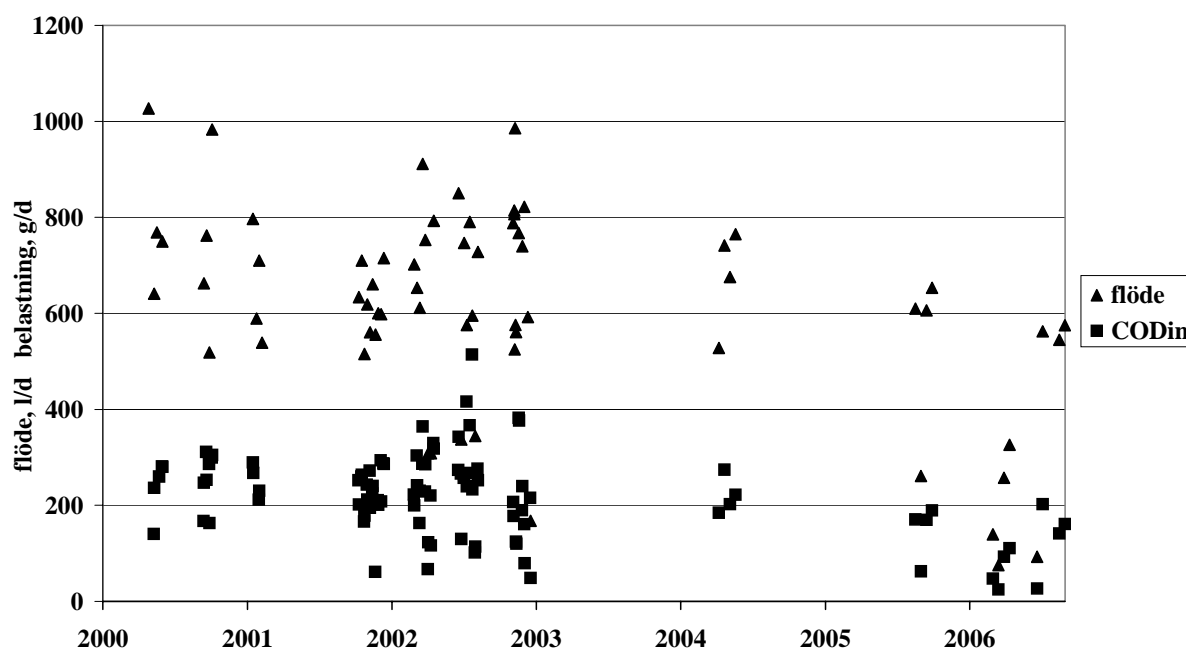
Driften har varit stabil och efter det att problemen under intrimningsfasen åtgärdats har inga större processtörningar noterats.

### 4.3 MINIRENINGSVERK BIOTRAP

Nedan redovisas endast resultat från den anläggning där reningsverket 2001 byttes ut till den modell som idag finns på marknaden<sup>10</sup>. Prov har även tagits vid den andra anläggningen, som är en äldre modell och inte längre saluförs, och dessa resultat konfirmerar i stort resultat från tidigare utvärdering redovisad av Hellström *et al.* (2003).

#### 4.3.1 Flöde och belastning

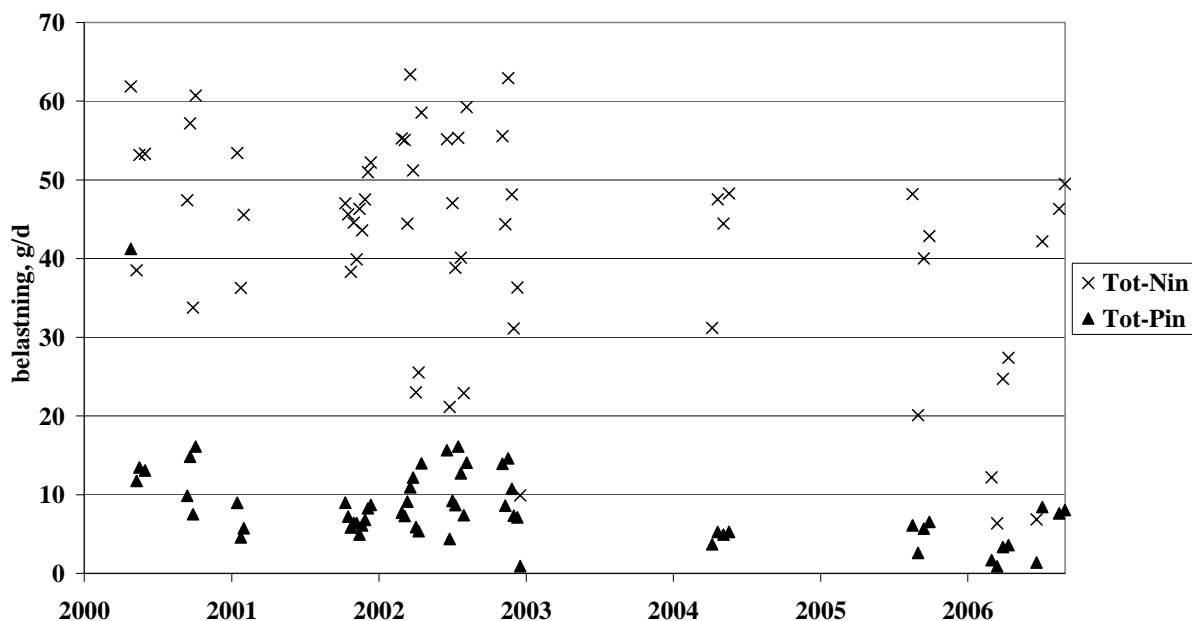
Veckomedelflödet har mestadels varierat mellan 250 och 900 l/d och den organiska belastningen har vanligtvis legat på 50 - 400 g COD/d (Figur 25). Flödet och belastningen har sjunkit de senaste åren.



Figur 25. Flöde (l/d) till, och organisk belastning (g COD/d) på minireningsverket BioTrap (efter slamavskiljare).

Kvävebelastningen på anläggningen var 7 - 65 g N/d (Figur 26), och motsvarande värde för fosforbelastningen är 1 - 16 g P/d (Figur 26).

<sup>10</sup> I slutrapporten för ”bra Små Avlopp” (Hellström *et al.*, 2003) benämnd ”anläggning B”



Figur 26. Kväve- och fosforbelastning (g/d) på minireningsverket BioTrap (efter slamavskiljare).

#### 4.3.2 In- och utgående halter samt reduktion

Då kranvattnets beskaffenhet kan påverka anläggningens prestanda har stickprover tagits på detta (Tabell 12 och Hellström *et al.*, 2003). Det aktuella kranvattnet har ett relativt lågt pH och relativt hög hårdhet.

Tabell 12. Kranvattnets beskaffenhet i hushåll anslutet till BioTrap.

|                                     | BioTrap   |
|-------------------------------------|-----------|
| pH                                  | 6,9 - 7,0 |
| Hårdhet, dH                         | ca 9      |
| Alkalinitet, mg HCO <sub>3</sub> /l | ca 120    |
| Järn, mikrogram/liter               | 10 – 400  |
| Koppar, mikrogram/liter             | 5 – 300   |
| Mangan, mikrogram/liter             | 5 – 30    |
| Kalcium, mg/l                       | ca 50     |
| Magnesium, mg/l                     | Ca 10     |

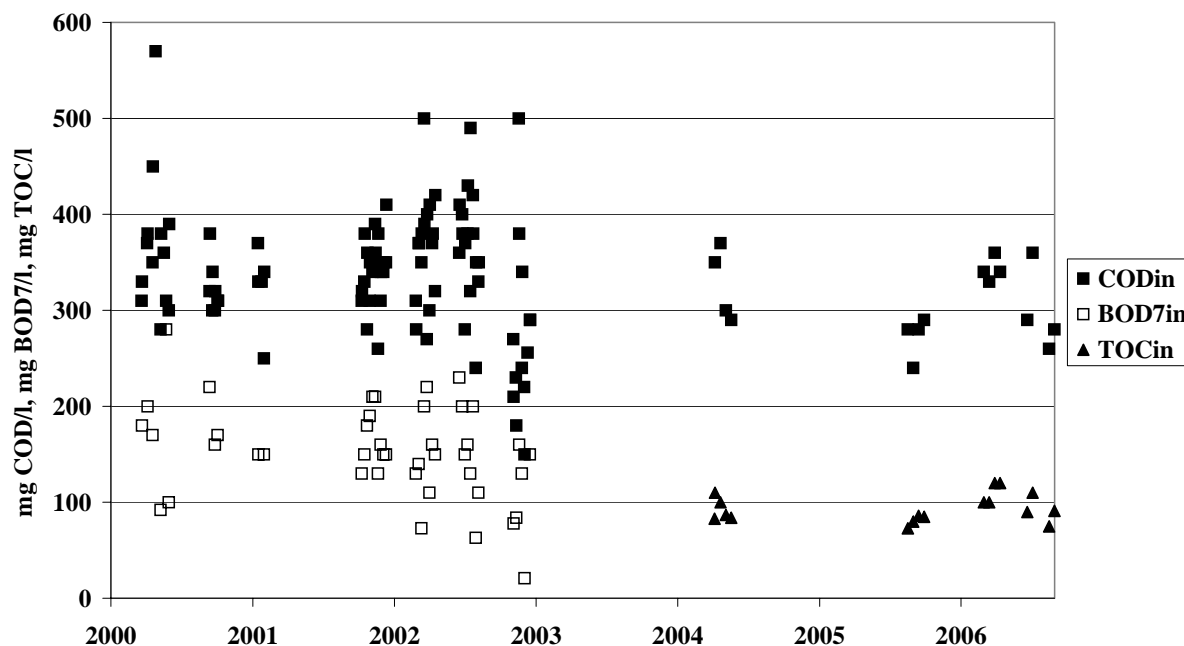
\*kallvatten, 10 min spolning, \*\*varmvatten

Provtagning har gjorts på utgående avlopp från slamavskiljaren samt behandlat avlopp efter reningsverket. Inkommande mängder till slamavskiljaren har uppskattats genom massbalanser, det vill säga genom att addera de mängder som uppskattningsvis tagits ut via slammet till de mängder som registrerats i utgående avlopp från slamavskiljaren. Fördelningen mellan dessa mängder har sedan använts för att beräkna förhållandet mellan inkommande till slamavskiljaren och inkommande till själva reningsverket (Tabell 13).

Tabell 13. Uppskattade halter i inkommande avloppsvatten till slamavskiljare före BioTrap (SA är slamavskiljaren).

|                  | Inkommande halt, mg/l             |
|------------------|-----------------------------------|
| BOD <sub>7</sub> | 1,302 * BOD <sub>7</sub> efter SA |
| COD              | 1,302 * COD efter SA              |
| TOC              | 1,302 * TOC efter SA              |
| Tot-N            | 1,059 * Tot-N efter SA            |
| Tot-P            | 1,096 * Tot-P efter SA            |

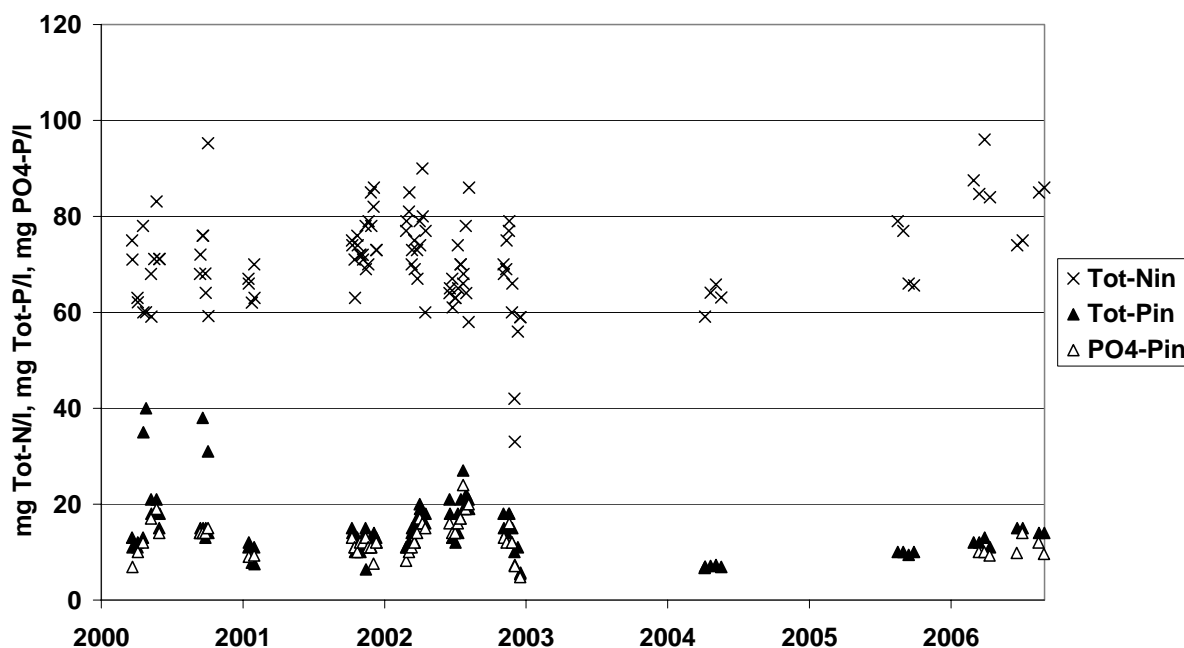
Inkommande halter efter slamavskiljare av organiskt material har mestadels varierat mellan 80 och 220 mg BOD<sub>7</sub>/l respektive 250 och 450 mg COD/l. Halterna på inkommande TOC har varierat mellan 80 och 120 mg TOC/l (Figur 27).



Figur 27. Halt av organiskt material i inkommande avloppsvatten efter slamavskiljare, minireningsverket BioTrap.

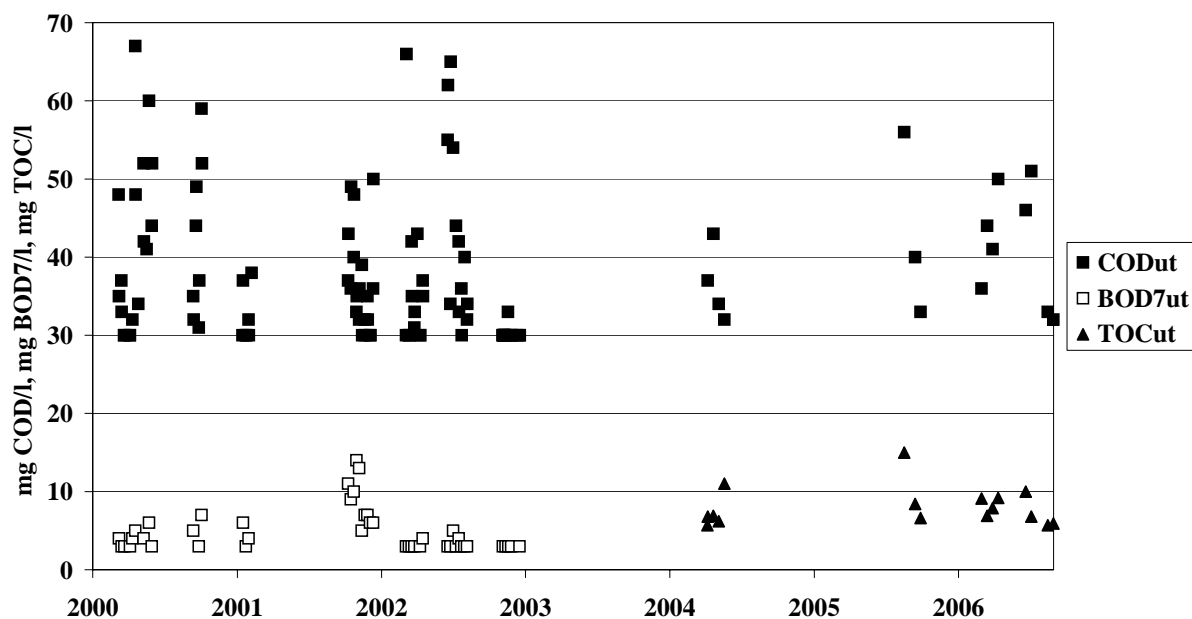
Inkommande kvävehalter har, med få undantag, legat mellan 60 och 90 mg N/l (Figur 28). Trots att belastningen har sjunkit ligger halterna relativt jämnt över hela den utvärderade perioden.

Inkommande fosforhalter har för det mesta legat mellan 5 och 20 mg P/l. Ett antal prov har dock innehållit mycket höga halter, upp mot 40 mg P/l (Figur 28).



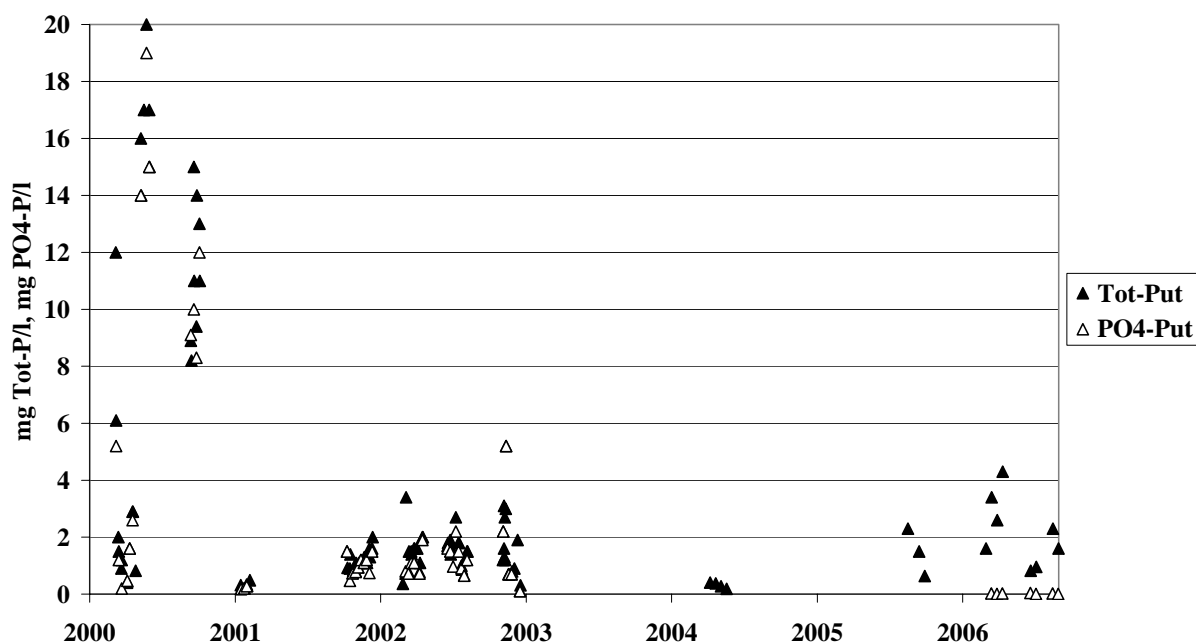
Figur 28. Halt av kväve och fosfor i avloppsvatten efter slamavskiljare, minireningsverket BioTrap.

Utgående halter av organiskt material har varit låga och legat under 15 mg BOD<sub>7</sub>/l (Figur 29). Under 2002 har samtliga värden legat under 5 mg BOD<sub>7</sub>/l. Utgående COD-halter har legat mellan 30 och 70 mg COD/l utom vid två provtagningstillfällen. Vid det ena tillfället, då halten ut var 79 mg COD/l, hade ett slamprov tagits innan varvid omrörning har skett i sedimenteringssteget. Vid det andra tillfället, då utgående halt var 91 mg COD/l, hade sedimenteringssteget nyligen tömts på slam. Detta kan låta paradoxalt, men troligtvis är det ”flytslam” som följer med utgående vatten ut då nivån i sedimenteringssteget stiger. Utgående TOC-halter har legat mellan 5 och 15 mg TOC/l, förutom vid ett provtagningstillfälle direkt efter nämnda slamtömning då värdet uppgått till 17 mg TOC/l. 15 mg TOC/l erhöles vid provet taget alldeles före slamtömningen. Det något höga värdet kan bero på att sedimenteringssteget i reaktorn var fullt med slam och därmed läckte ut suspenderat material. I början av december 2002 togs slamprov i reaktorns slamavskiljare varvid slammet rördes om. I slutet av augusti 2005 slamtömdes reaktorns slamavskiljare. Både utgående halter och reduktioner av organiskt material och närsalter påverkades kraftigt och dessa värden togs därför bort från diagram och tabeller.



Figur 29. Halt av organiskt material i utgående avloppsvatten från BioTrap.

Under de första åren har utgående fosforhalter varit höga under långa perioder på grund av för låg dosering av fällningskemikalie eller på grund av problem med doseringsutrustningen. Dessa problem åtgärdades i samband med byte av modell och efter 2001 har utgående koncentrationer genomgående varit betydligt lägre. Under perioden 2002 – 2006 har utgående halt legat under 2 mg P/l i ca 70 % av tagna prov och knappt 30 % har legat under 1 mg P/l. De flesta prov har legat under 4 mg P/l i utgående vatten (Figur 30). Under 2006 har fosfatfosforhalterna som högst varit 0,04 mg PO<sub>4</sub>-P/l, vilket tyder på en väl fungerande kemisk utfällning av fosfor.

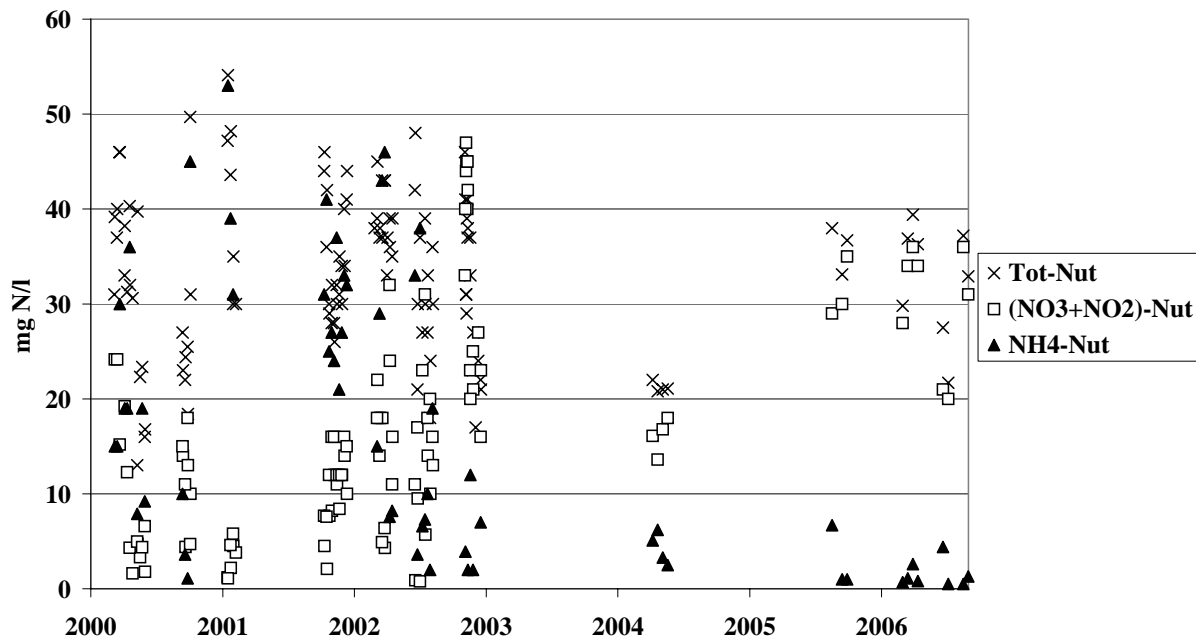


Figur 30. Halt av total- och fosfatfosfor i utgående avloppsvatten från BioTrap.



Utgående kvävehalter från BioTrap låg mellan 15 och 50 mg N/l till och med 2002. Därefter har utgående halter varierat mellan 20 och 40 mg N/l<sup>11</sup> med de lägsta halterna under sommaren 2004 (Figur 31).

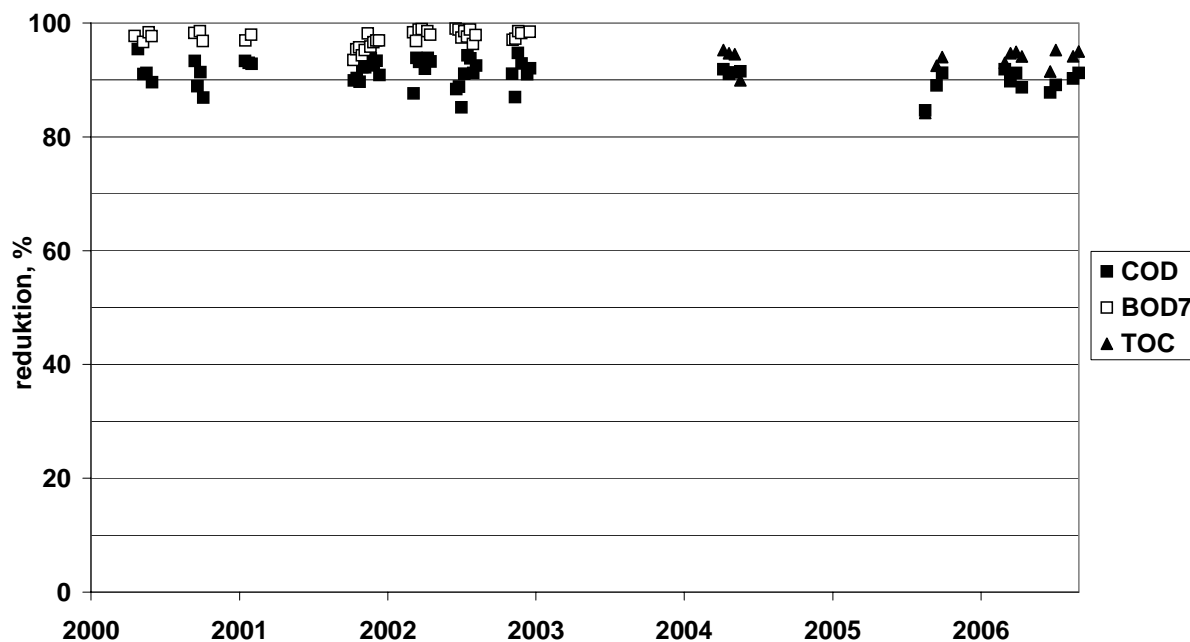
Utgående ammoniumhalter varierade kraftigt under de första åren och nitrifikationen var periodvis marginell. Under den avslutande uppföljningsperioden, 2004 – 2006, har utgående ammoniumhalter ej överstigit 7 mg NH<sub>4</sub>-N/l. Vid fungerande nitrifikation har utgående nitratkvävehalt legat på 14 - 36 mg NO<sub>3</sub>-N/l. Uppskattningsvis ligger denitrifikationsgraden, det vill säga andelen nitrat som omvandlas till kvävgas, på cirka 50 %.



Figur 31. Halt av kväve och kvävefraktioner i behandlat avloppsvatten från BioTrap.

Reduktionen med avseende på organiskt material har varit god (Figur 32). Reduktionen med avseende på BOD över hela anläggningen har legat över 95 % och med avseende på både COD och TOC har reduktionen vanligtvis varit 85 - 95 %.

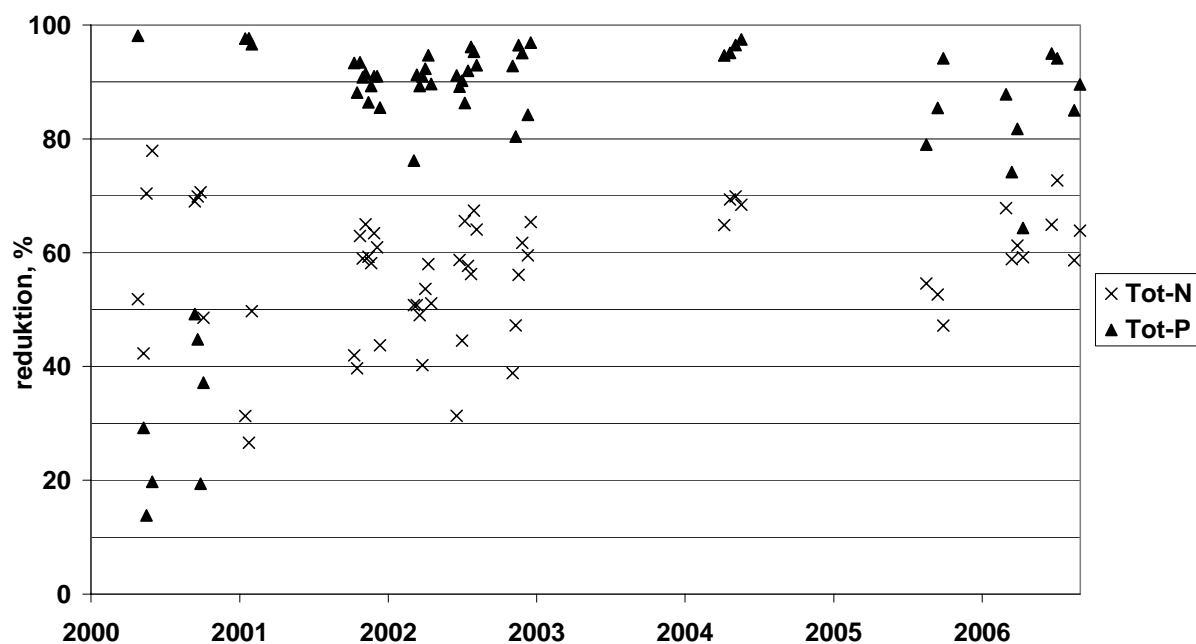
<sup>11</sup> Resultat från Sjöström (2003) tyder på att denitrifikationen begränsas av en för kraftig syretillförsel samt brist på kolkälla.



Figur 32. Reduktion med avseende på organiskt material över hela anläggningen (slamavskiljare och minireningsverk) BioTrap.

Kvävereduktion har legat mellan 30 och 70 % 2000 - 2003 och mellan 50 och 70 % under uppföljningsperioden 2004 – 2006 (Figur 33). En delförklaring till den förbättrade kvävereduktionen är att belastningen på anläggningen var lägre under uppföljningsperioden (Figur 25 och Figur 26).

Den nya typen av BioTrap, som ersatte den ursprungliga i september 2001, har uppvisat relativt god och stabil fosforreduktionen fram till och med 2004. Efter september 2001 har medianvärdet för reduktionen varit cirka 90 % (Figur 33). Under 2005 och 2006 har reduktionen varierat mer trots en till synes god fällningskemikalieåtgång.



Figur 33. Reduktion med avseende på kväve och fosfor över hela anläggningen (slamavskiljare och minireningsverk) BioTrap.

Medianvärden för reduktionsgraden med avseende på organiskt material, kväve och fosfor under de olika etapperna redovisas i Tabell 14. Reduktionen med avseende på kväve och fosfor över slamavskiljaren var marginell (se bilaga 4). Kvävet reduceras huvudsakligen via nitrifikation/denitrifikation och fosfor genom kemisk fällning.

Tabell 14. Reduktion i % som medianvärden för BioTrap under perioderna 2000/2001 - 2002/2003 - 2007.

| anläggning | COD |       |       | BOD <sub>7</sub> |       |       | TOC |       |       | Tot-N |       |       | Tot-P |       |       |
|------------|-----|-------|-------|------------------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | 00  | 01-02 | 03-07 | 00               | 01-02 | 03-07 | 00  | 01-02 | 03-07 | 00    | 01-02 | 03-07 | 00    | 01-02 | 03-07 |
| BioTrap    | 91  | 92    | 91    | 98               | 98    |       |     |       | 94    | 69    | 56    | 64    | 33    | 91    | 90    |

#### 4.3.3 Sammanfattande bedömning

BioTrap har klarat kravet på 90 % BOD<sub>7</sub>- och TOC-reduktion och 50 % kvävereduktion.

Den modell av BioTrap som nu saluförs har klarat kravet på 90 % fosforreduktionen och COD-reduktion, om medel-/medianvärde beaktas. Denna reduktionsgrad har dock inte uppnåtts vid samtliga provtagningstillfällen. COD-reduktionen ligger emellertid alltid över 85 %.

Stickprov på utgående avloppsvatten för analys av bakteriehalter visar att anläggningen har klarat gränsvärdet för badvattenkvalitet.

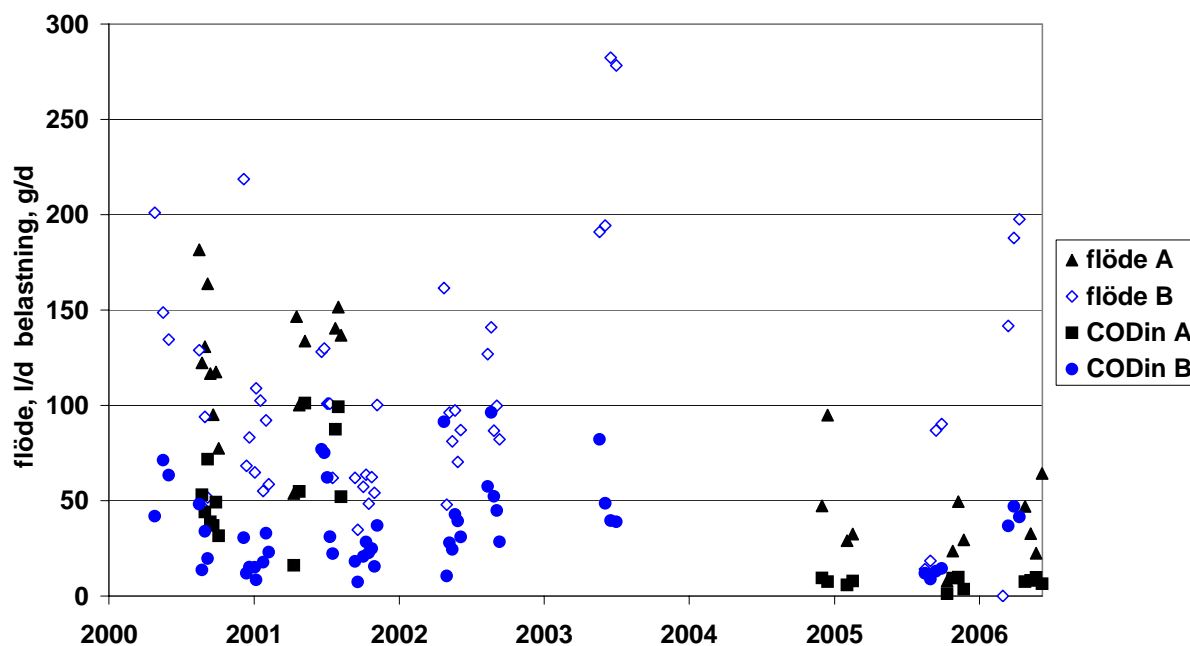
Efter byte till den BioTrap som nu saluförs har driften varit stabil och inga större störningar har noterats.

## 4.4 SLUTEN TANK OCH MARKBÄDD FÖR BDT-VATTEN, WOST MAN ECOLOGY

### 4.4.1 Flöde (BDT-vatten) och belastning

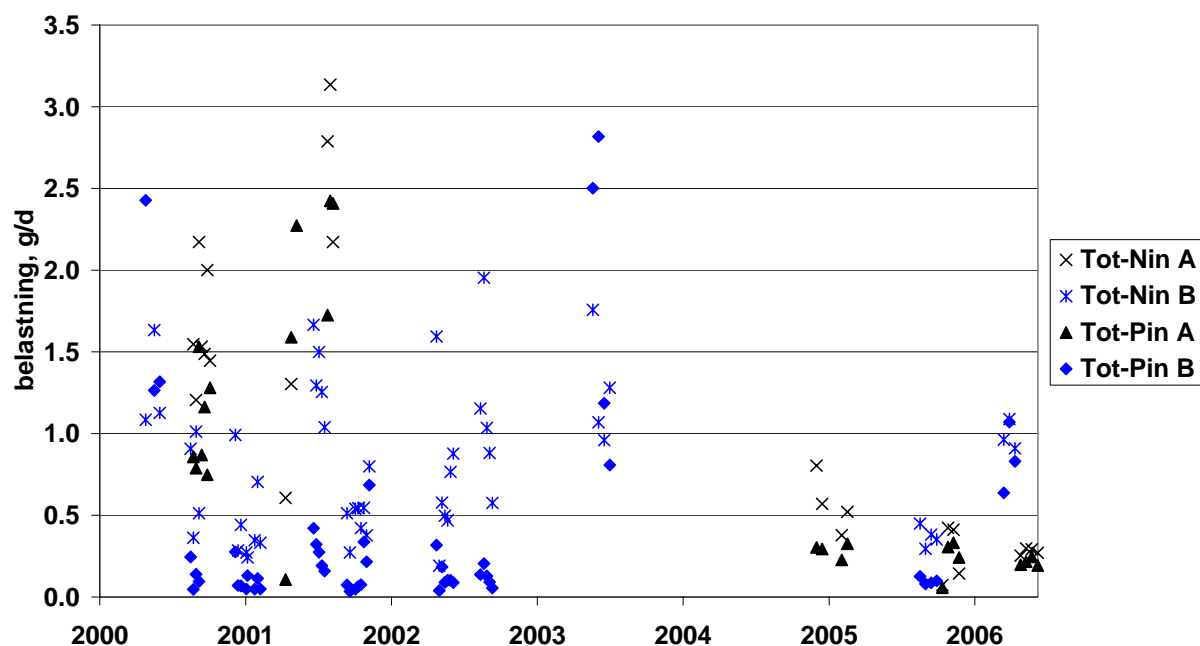
Markbäddarna har varit relativt lågt belastade med avseende på såväl flöde som organiskt material och närsalter (Figur 34 och Figur 35). Till viss del förklaras detta av att det endast är BDT-vatten som går till markbädden, men i huvudsak av att få personer bott i respektive hus. Detta betyder att markbäddarnas påstådda kapacitet inte har testats i detta projekt.

Flödet av BDT-vatten till anläggning A har varierat mellan 25 och 150 l/d under tre olika hyresgäster, och mellan 50 och 200 l/d i anläggning B. COD-belastningen till anläggning A varierade mellan 1 och 100 g COD/d, och mellan 9 och 100 g COD/d i anläggning B. Den senaste hyresgästen i anläggning A använde extremt lite vatten, runt 30 l/d.



Figur 34. Flöde till respektive markbädd (WM-filtret) i Wost Man Ecologys anläggningar A och B samt organisk belastning efter slamavskiljare.

Kvävebelastningen av BDT-vatten till anläggning A har legat på 0,2 - 3,0 g N/d och i anläggning B på 0,2 - 1,7 g N/d. Motsvarande för fosforbelastningen har varit 0,1 - 2,4 g P/d i anläggning A och 0,1 - 2,5 g P/d i anläggning B. Belastningen har varit lägre under den avslutande uppföljningsperioden (Figur 35).



Figur 35. Kväve- och fosforbelastning på respektive markbädd (WM-filtret) efter slamavskiljare, Wost Man Ecologys anläggningar A och B.

#### 4.4.2 Inkommande och utgående halter samt reduktion över markbädd för BDT-vatten

Då kranvattnets beskaffenhet kan påverka anläggningens prestanda har stickprover tagits på detta vid några tillfällen (Tabell 15 och Hellström *et al.*, 2003).

Tabell 15. Kranvattnets beskaffenhet i hushåll anslutna till Wost Man Ecologys anläggningar.

|                                     | Anläggning A | Anläggning B |
|-------------------------------------|--------------|--------------|
| pH                                  | 7,8 - 8,9    | 7,7 - 7,9    |
| Hårdhet, dH                         | 2 - 4        | ca 8         |
| Alkalinitet, mg HCO <sub>3</sub> /l | ca 160       | 150 - 170    |
| Järn, mikrogram/liter               | 100 - 2600   | 100 - 1400   |
| Koppar, mikrogram/liter             | 20*, 140**   | < 25*, 86**  |
| Mangan, mikrogram/liter             | 30 - 40      | 5 - 200      |
| Kalcium, mg/l                       | 15 - 30      | 40 - 45      |
| Magnesium, mg/l                     | 1 - 3        | ca 10        |

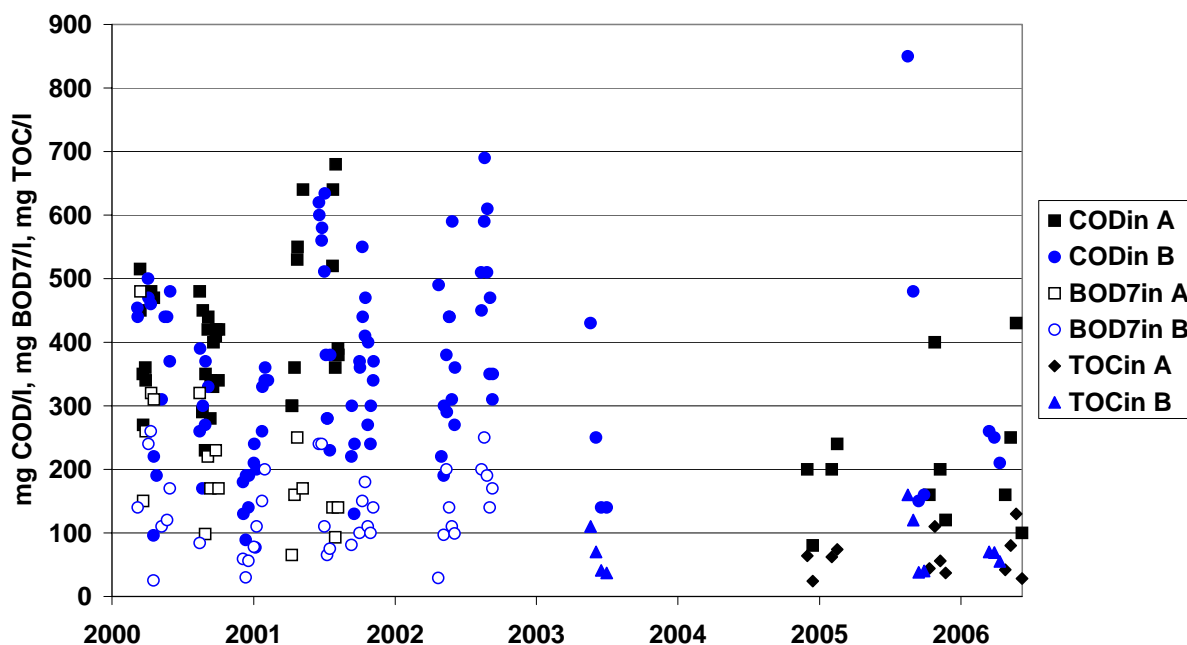
\*kallvatten, 10 min spolning, \*\*varmvatten

Schablonvärden används för rimliga och tänkbara halter på ett tänkt blandat hushållsspillvatten (Tabell 16). Värdena baserar sig på medelvärden för inkommande halter till Henriksdals reningsverk år 1997 - 2001 multiplicerat med 2, eftersom dagvatten, dräneringsvatten och industrivatten, som normalt ingår i Henriksdals inkommande flöde, inte ingick i de slutna systemen i detta projekt. Schablonvärdena används för att räkna ut reduktionen av organiskt material, fosfor och kväve.

Tabell 16. Uppskattade halter i blandat hushållsspillvatten om använts för att beräkna total reduktion av organiskt material, kväve och fosfor för Wost Man Ecologys anläggningar.

|                  | Inkommande halt, mg/l |
|------------------|-----------------------|
| BOD <sub>7</sub> | 380                   |
| COD              | 820                   |
| TOC              | 241                   |
| Tot-N            | 70                    |
| Tot-P            | 12                    |

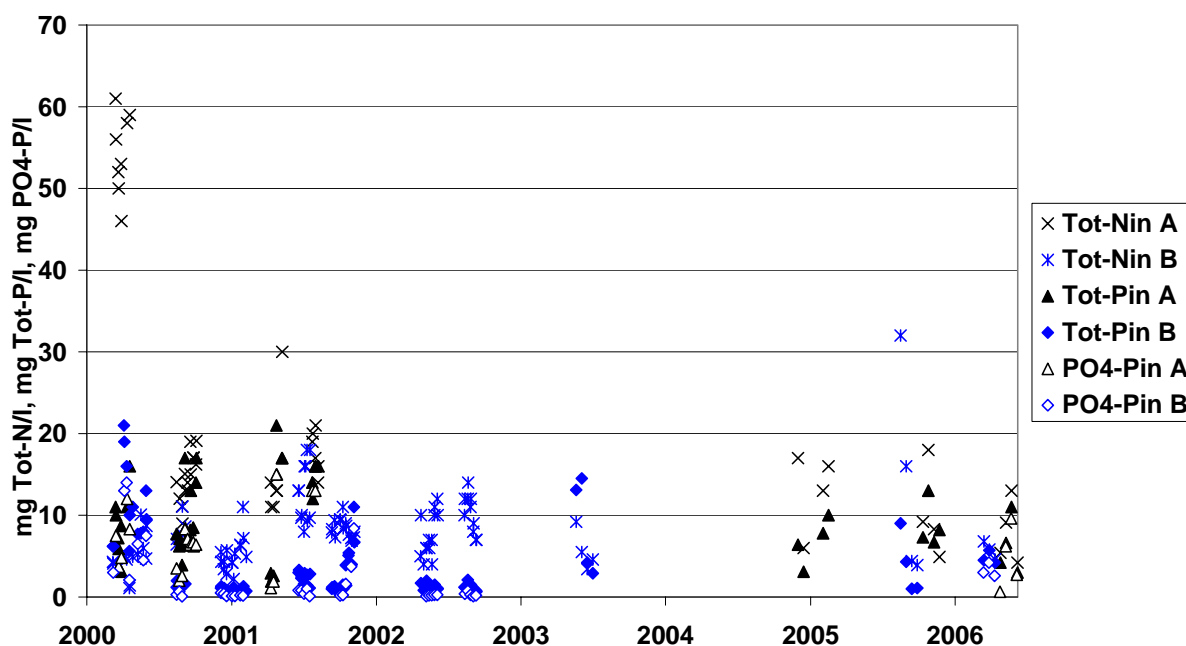
Halter av organiskt material i slamavskilt BDT-vatten redovisas i Figur 36. Koncentrationerna har varierat relativt mycket, 50 - 320 mg BOD<sub>7</sub>/l, 100 - 700 mg COD/l och 20 - 130 mg TOC/l i anläggning A, och 20 - 270 mg BOD<sub>7</sub>/l, 100 - 700 mg COD/l och 30 - 170 mg TOC/l i anläggning B. Det är ingen större skillnad mellan anläggningarna som synes. Inkommande COD-halterna till filtren är lika för de båda anläggningarna. Anläggning A har något högre BOD-halt men något lägre TOC-halt.



Figur 36. Halt av organiskt material i slamavskilt BDT-vatten vid Wost Man Ecologys anläggningar A och B.

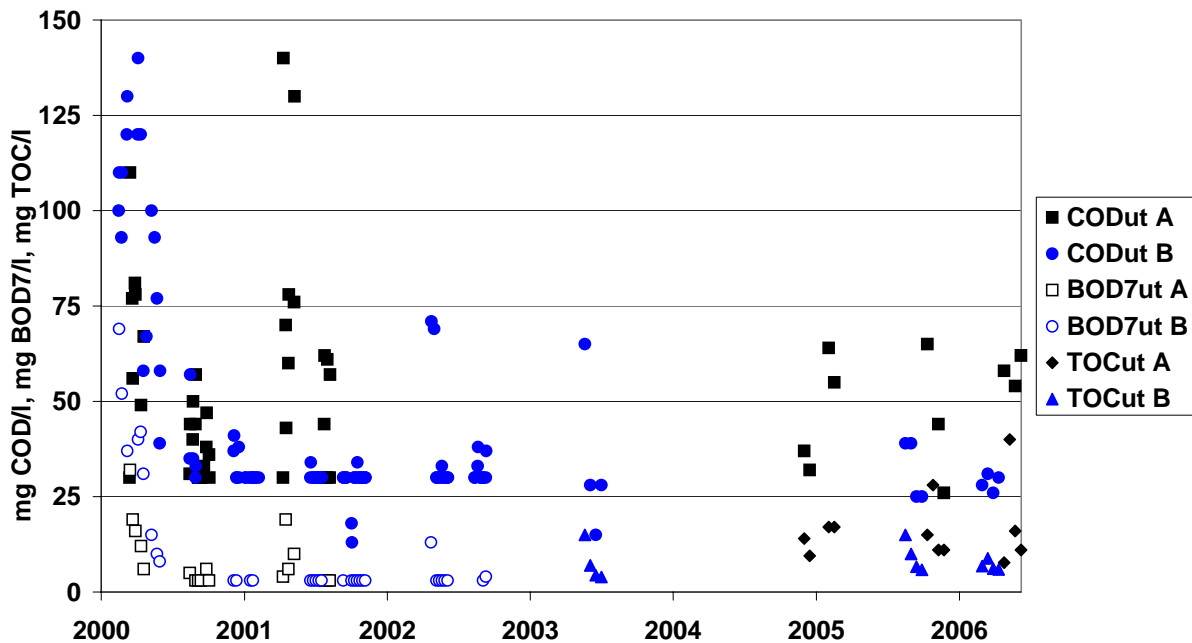
Kvävehalten i slamavskilt BDT-vatten har vid i princip nästan alla provtagningstillfällen legat under 20 mg N/l, med ett medianvärde på 15 mg N/l för anläggning A och 7 mg N/l för B (Figur 37). De höga halterna i anläggning A i början av 2000 förklaras av att en inte helt rengjord trekammarbrunn inledningsvis användes.

Fosforhalten har varierat mellan 2 och 21 mg P/l i BDT-vatten från slamavskiljare i anläggning A, medan motsvarande halt för anläggning B vanligtvis legat mellan 1 och 21 mg P/l med betydligt färre värden över 10 än för anläggning A (Figur 37).



Figur 37. Halt av kväve och fosfor i slamavskilt BDT-vatten vid Wost Man Ecologys anläggningar A och B.

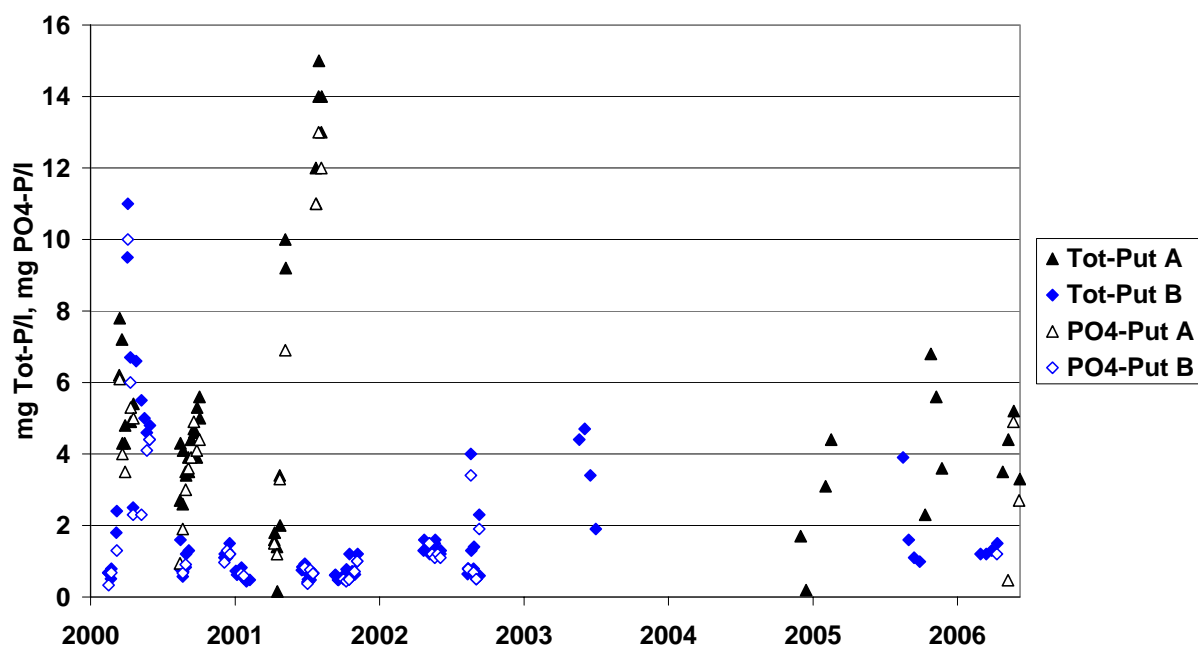
Utgående halter av organiskt material har vid ett flertal provtagningstillfällen legat under detektionsgränsen, det vill säga mindre än  $< 30$  mg COD/l respektive  $< 3$  mg BOD<sub>7</sub>/l (Figur 38). Utgående TOC-halter låg under uppföljningsperioden på 8 - 30 mg/l i anläggning A och på 4 - 15 mg/l i anläggning B. Inledningsvis var dock halterna högre, vilket kan förklaras av att det tar tid innan en aktiv biofilm utvecklas i markbädden (Pell, 1991). De något högre halterna från anläggning A under våren 2001 kan eventuellt förklaras av att anläggningen ej var belastad under de föregående månaderna eftersom det då inte bodde någon i huset och det tog därför sannolikt längre tid för biofilmen att utvecklas. De något högre utgående TOC-halterna i anläggning A under 2005 och 2006 kan förklaras av ett extremt lågt flöde genom anläggningen och därmed ett mer koncentrerat utgående avloppsvatten.



Figur 38. Halt av organiskt material i BDT-vatten efter markbäddarna (WM-filtrena) i anläggning A och B.

Det är en märkbar skillnad mellan anläggningarna när det gäller utgående fosforhalter (Figur 39). 0,2 - 15 mg P/l, medianvärde 4,4 mg P/l, i anläggning A och 0,4 - 11 mg P/l, medianvärde 1,1 mg P/l, med många värden under 2 i anläggning B. Detta förklaras av skillnaden i inkommande halter till markbäddarna (se Figur 37). För att utgående fosforhalt ska vara låg krävs att de boende inte använder tvätt- och diskmedel som innehåller fosfor. Resultat från anläggning B visar dock att det med Wost Man Ecologys system är möjligt att få låga utsläpp av fosfor. Detta styrks även av mätningar från Norge där slamavskilt BDT-vatten från enskilda hushåll innehåller 1 - 2 mg P/l (Westlie, 1997). Betydelsen av att, ur fosforsynpunkt, välja rätt tvätt- och diskmedel understryks av resultaten från en kampanj i Vibyåsen, Sollentuna, där fosforhalten i BDT-vattnet reducerades med drygt 60 % efter att kommunen delat ut fosfatfria tvätt- och diskmedel till de boende samtidigt som de informerade om motivet bakom kampanjen (Sundström, 2000).

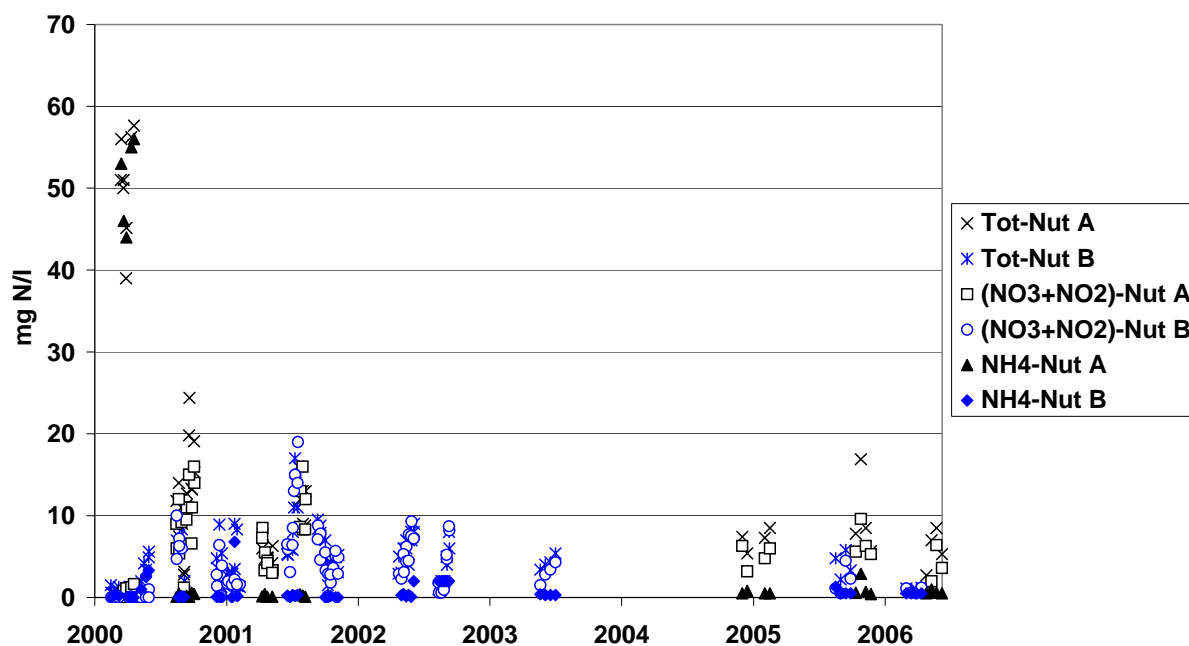




Figur 39. Halt av total- och fosfatfosfor i BDT-vatten efter WM-filtret i anläggning A och B.

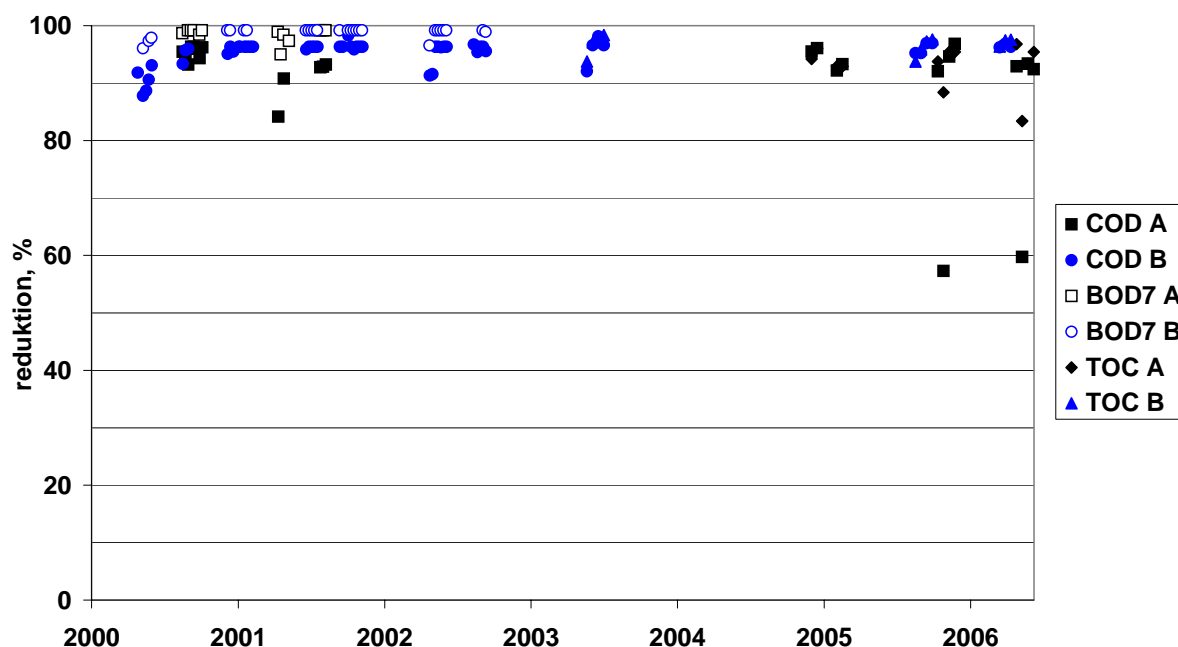
Utgående kvävehalter har generellt varit lägre än 20 mg N/l vid samtliga provtagningsstillfällen<sup>12</sup>. Från hösten 2001 har endast ett värde överstigit 10 mg N/l i utgående avloppsvatten och för anläggning B har medianvärdet varit så lågt som 4 mg N/l (se Figur 40). Låga utgående halter beror framförallt på låga halter i inkommande avloppsvatten. Nitrifikationen har varit god och utgående ammoniumhalter har vanligtvis legat under 1 mg NH<sub>4</sub>-N/l. Den största kvävekällan, urinen, uppsamlas i klosettavloppstanken och passerar aldrig anläggningen.

<sup>12</sup> Förutom första halvåret 2000 vid anläggning A där användandet av befintlig slamavskiljare orsakade högre halter.



Figur 40. Halt av kväve och kvävefraktioner i behandlat BDT-vatten efter WM-filtret i anläggning A och B.

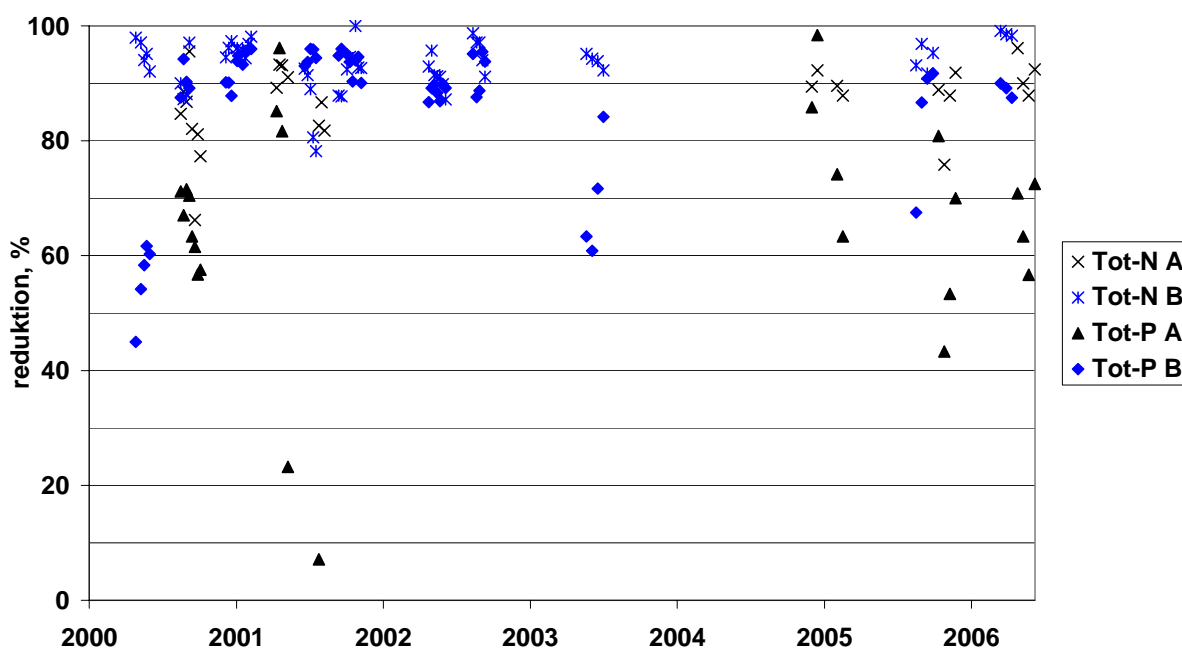
Reduktionen med avseende på organiskt material över anläggningarna som helhet, markbädd, slamavskiljare och klosettavloppstank, har varit god och legat över 95 % som medianvärde, oftast mellan 90 och 99 % (Figur 41). Två COD-reduktioner ligger betydligt lägre än övriga värden under 2005 och 2006, beroende på höga utgående COD-halter. Även utgående totalfosfor för motsvarande prover, men inte fosfatfosfor 2006, och utgående kväve för motsvarande prov 2006 ligger högre än normalt. Vad detta beror på är inte klarlagt.



Figur 41. Reduktion med avseende på organiskt material för Wost Man Ecologys anläggningar A och B (WM-filtret, slamavskiljaren och klosettavloppstanken).

Reduktionen<sup>13</sup> med avseende på kväve över anläggningen som helhet, markbädd, slamavskiljare och klosettavloppstank, har varit god. Reduktionen överstiger 75 % för båda anläggningarna. Under 2000 - 2002 har den legat mellan 75 och 95 % och 2005 - 2006 mellan 85 och 95 % för anläggning A. Motsvarande kvävereduktion för anläggning B har legat mellan 75 och 99 % under 2000 - 2002 och mellan 90 och 99 % under 2003 - 2006 (Figur 42).

Reduktionen med avseende på fosfor över anläggningarna som helhet, markbädd, slamavskiljare och klosettavloppstank, har inte klarat kravet på 90 % reduktion. Reduktionen i anläggning A, vars hyresgäster troligtvis inte har använt fosforfria tvätt- och diskmedel, har varierat kraftigt men överstiger vanligtvis 50 %. Fosforreduktionen i anläggning B har vanligtvis överstigit 85 % men med några provtagningstillfällen där reduktionen går ned mot 60 % (Figur 42). Anläggning B har nästan klarat 90 % fosforreduktion om man ser på medianvärdena, 88 % 2000, 94 % 2001 - 2002 och 87 % 2003 - 2007.



Figur 42. Reduktion med avseende på kväve och fosfor över hela anläggningen (WM-filtret, slamavskiljaren och klosettavloppstanken) i anläggning A och B.

Reduktionen i % som medianvärden över anläggningarnas olika delar visas i Tabell 17. Motsvarande data i form av medelvärden redovisas i bilaga 4. Där redovisas även hur stor andel av kväve och fosfor som avskiljs genom uppsamling till klosettavloppstank samt i slamavskiljaren för BDT-vatten.

Tabell 17. Reduktion i % som medianvärden för Wost Man Ecologys anläggningar under perioderna 2000/2001 - 2002/2003 - 2007.

| anläggning | COD |       |       | BOD <sub>7</sub> |       |       | TOC |       |       | Tot-N |       |       | Tot-P |       |       |
|------------|-----|-------|-------|------------------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | 00  | 01-02 | 03-07 | 00               | 01-02 | 03-07 | 00  | 01-02 | 03-07 | 00    | 01-02 | 03-07 | 00    | 01-02 | 03-07 |
| WM A       | 96  | 93    | 93    | 99               | 99    |       |     |       | 94    | 83    | 89    | 90    | 65    | 23    | 70    |
| WM B       | 93  | 96    | 97    | 98               | 99    |       |     |       | 97    | 95    | 93    | 95    | 88    | 94    | 87    |

<sup>13</sup> Reduktion = (1 - (föroreningsmängd till lokal recipient)/(föroreningsmängd från hushåll)) \* 100 %

### **4.4.3 Sammanfattande bedömning**

Anläggningarna som helhet, det vill säga om även uppsamling i klosettavloppstankarna inkluderas, har klarat kravet på 90 % reduktion av organiska ämnen och med god marginal 50 % reduktion av totalkväve. Anläggning A klarade inte kravet på 90 % fosforreduktion, medan resultaten från anläggning B visar att det är möjligt att klara kravet på 90 % med denna anläggningstyp.

Markbäddarna har klarat uppställda krav på reduktion av organiskt material. Belastningen på markbäddarna har dock varit relativt låg och det går därför inte att dra några säkra slutsatser om anläggningen fungerar tillfredställande för en större familj.

Stickprov på utgående avloppsvatten för analys av bakteriehalter visar att anläggningarna har klarat gränsvärdet för badvattenkvalitet.

Lokalt blir utsläppen av kväve låga. För att de totala utsläppen ska bli låga krävs att klosettavloppet behandlas i reningsverk med kväverening eller tas om hand av lantbrukare som, efter behandling, kan använda det som gödselmedel.

Kravet på låga fosforutsläpp kan endast klaras om de boende använder fosfatfria tvätt-, disk- och rengöringsmedel.

Anläggningarna har uppvisat stabil drift.

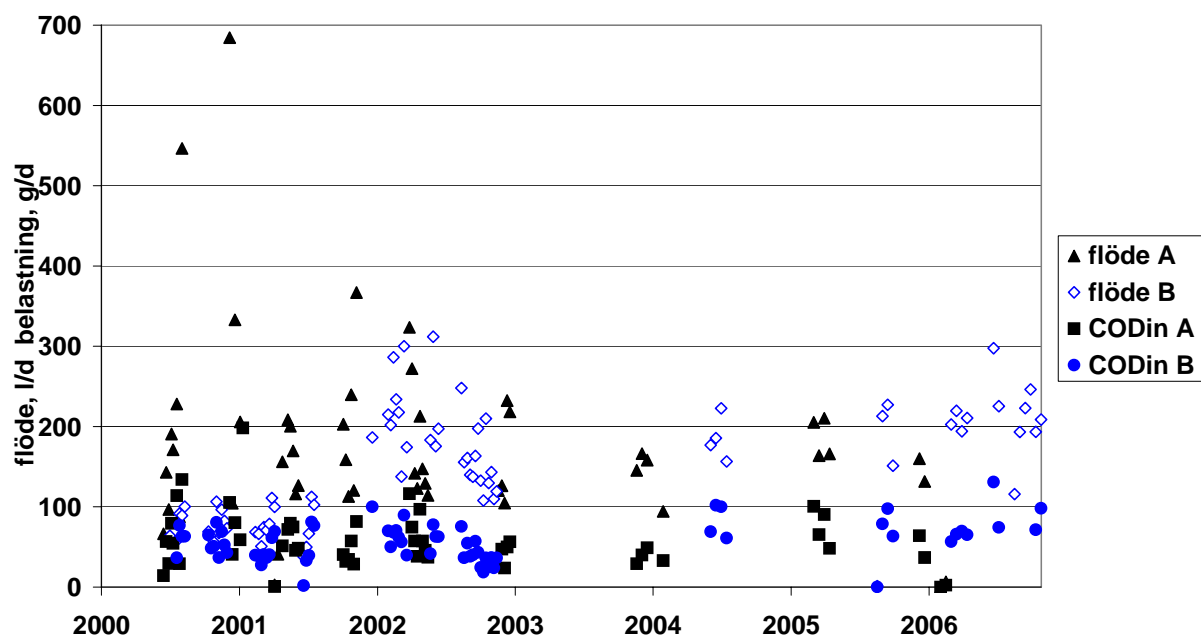
## **4.5 URINSORTERING OCH MARKBÄDD - BB INNOVATION**

### **4.5.1 Flöde och belastning**

Flödet till anläggning A har vanligtvis legat mellan 100 och 350 l/d. Under uppföljningsperioden 2003 - 2006 har flödet minskat till 100 - 200 l/d. Under vintern 2000/2001 läckte vatten in i avloppsledningen till anläggning A vilket gjorde att betydligt högre flöden noterades under denna period, se Figur 43. I januari 2001 noterades ett veckomedelflöde så högt som 1140 l/d för anläggning A.

I november 2001 åtgärdades det felkopplade avloppet vid anläggning B, se avsnitt ”2.7 Urinsortering och markbädd - BB Innovation”, och nya hyresgäster flyttade in. Fram till hösten 2001 låg flödet vanligtvis mellan 50 och 100 l/d och under 2002 - 2006 har flödet legat mellan 100 och 300 l/d.

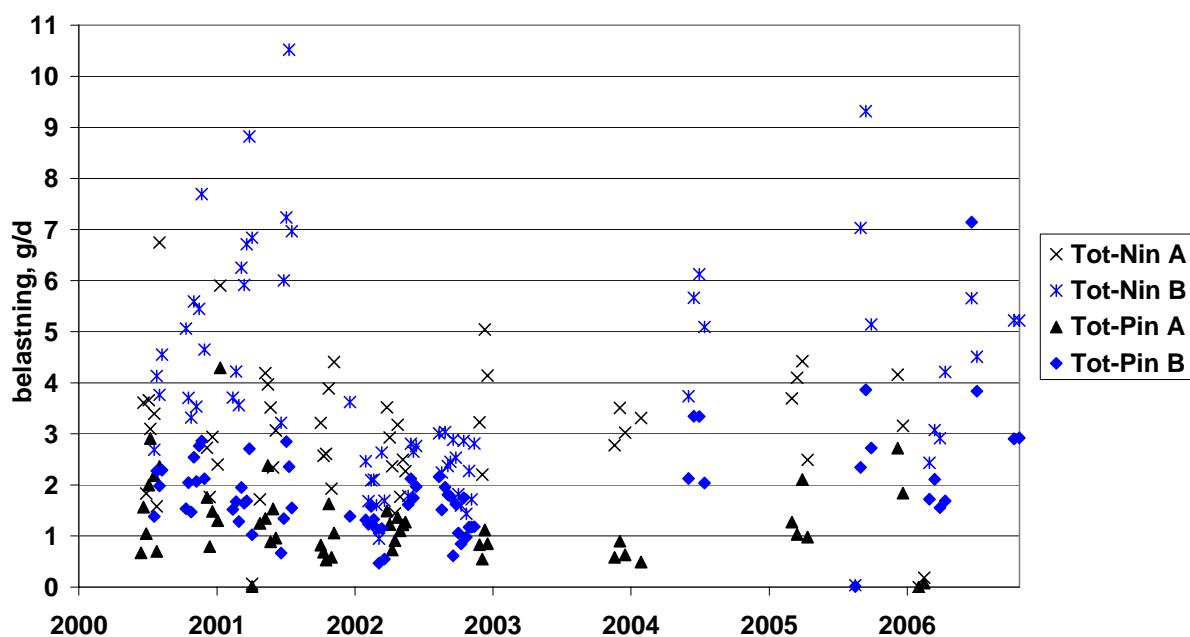
Den organiska belastningen på respektive markbädd har varierat mellan 25 och 125 g COD/d (Figur 43).



Figur 43. Flöde (l/d) till och organisk belastning (g COD/d) på markbäddar anslutna till BB Innovations anläggningar A och B.

Kvävebelastningen på markbädden i anläggning A har vanligtvis legat mellan 1,0 och 5,0 g N/d med ett medianvärde på 3,1 g N/d. För anläggning B varierade belastningen till och med hösten 2001 mellan 3,0 och 8,0 g N/d med ett medianvärde på 4,7 g N/d. Under 2002 har belastningen varit lägre, 1,0 - 3,0 g N/d och ett medianvärde på 2,4 g N/d, för att sedan åter öka 2003 - 2006 till 2,0 - 7,0 g N/d med medianvärdet 5,1 g N/d (Figur 44).

För anläggning A varierade fosforbelastningen mellan 0,5 och 3,0 g P/d, med något lägre värden hösten 2002 - 2003, 0,5 - 1,0 g P/d. Motsvarande värden för anläggning B är 0,5 - 3,0 g P/d till och med hösten 2001 varefter fosforbelastningen sedan minskade till 0,5 - 2,2 g P/d under 2002 för att slutligen öka igen 2004 - 2006 till 1,5 - 4,0 g P/d (Figur 44).



Figur 44. Kväve- och fosforbelastning (g/d) på markbäddar anslutna till BB Innovations anläggningar A och B.

#### 4.5.2 Inkommande och utgående halter samt reduktion över markbädd

Då kranvattnets beskaffenhet kan påverka anläggningens prestanda har (stick)prover tagits på detta (se Tabell 18 och Hellström *et al.*, 2003).

Tabell 18. Kranvattnets beskaffenhet i hushåll anslutna till BB Innovations anläggningar.

|                                     | Anläggning A | Anläggning B |
|-------------------------------------|--------------|--------------|
| pH                                  | 6,9 - 7,0    | 7,5 - 7,8    |
| Hårdhet, dH                         | ca 9         | 6 - 7        |
| Alkalinitet, mg HCO <sub>3</sub> /l | ca 120       | ca 110       |
| Järn, mikrogram/liter               | 20 – 50      | 140 - 390    |
| Koppar, mikrogram/liter             | < 25*, 550** | < 45*, 230** |
| Mangan, mikrogram/liter             | ca 80        | 5 - 45       |
| Kalcium, mg/l                       | ca 50        | 30 - 35      |
| Magnesium, mg/l                     | ca 10        | 7 - 10       |

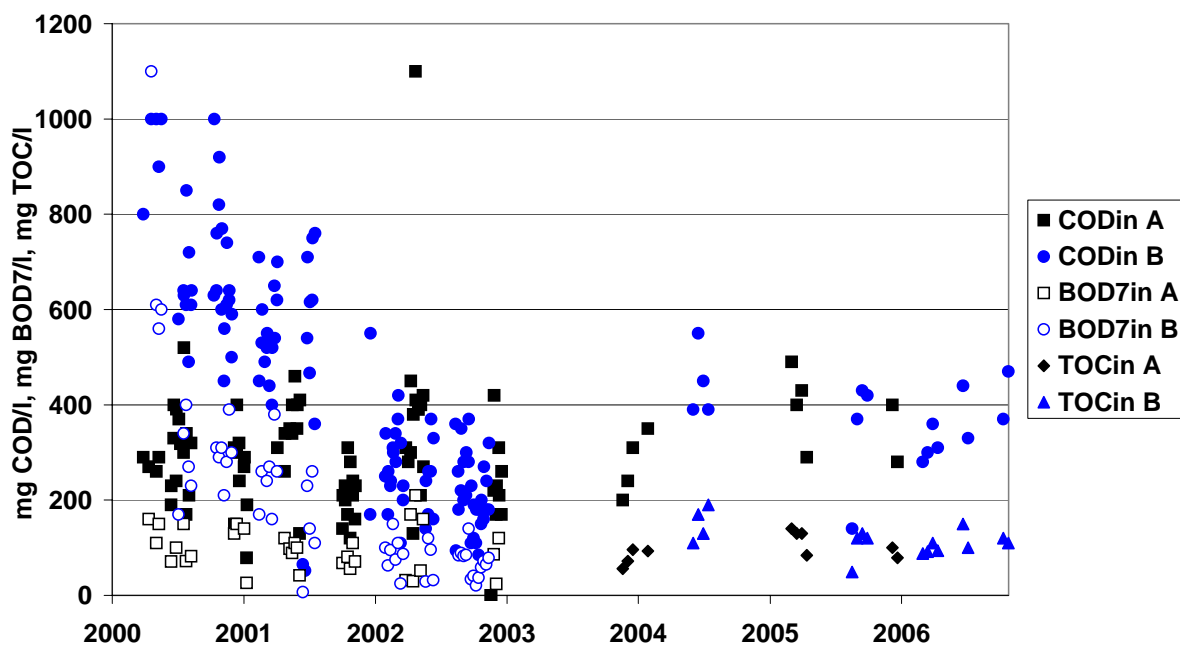
\*kallvatten, 10 min spolning, \*\*varmvatten

Schablonvärden har använts för att beräkna reduktionen av COD, BOD<sub>7</sub>, TOC, totalkväve och totalfosfor över anläggningarna, se Tabell 19.

Tabell 19. Uppskattade halter i inkommande avloppsvatten till BB Innovations anläggningar före slamavskiljare och urintank.

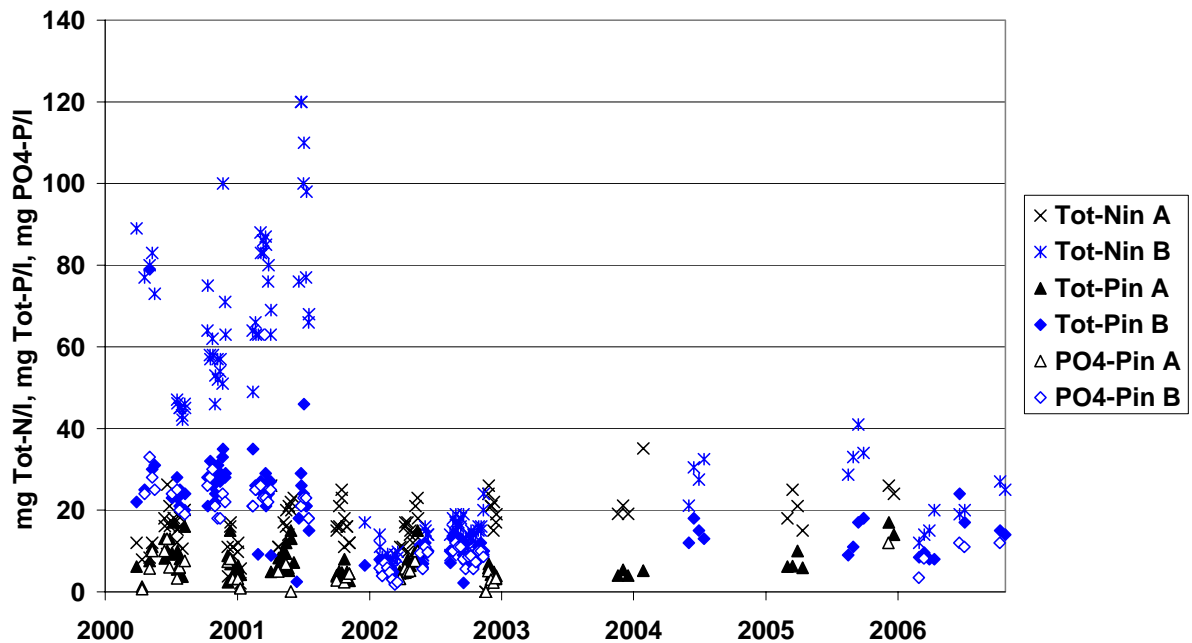
|                  | Inkommande halt, mg/l |
|------------------|-----------------------|
| BOD <sub>7</sub> | 380                   |
| COD              | 820                   |
| TOC              | 241                   |
| Tot-N            | 70                    |
| Tot-P            | 12                    |

Halten organsikt material i inkommande avloppsvatten till markbäddarna visas i Figur 45. För båda anläggningarna ligger koncentrationerna mellan 100 och 500 mg COD/l respektive 50 och 150 mg BOD<sub>7</sub>/l, utom för anläggning B före november 2001 då avloppsvattnet från tvättstuga och duschrum ännu inte var påkopplade. 2003 - 2006 analyserades också TOC. I anläggning A ligger halterna på 50 -150 mg TOC/l och i anläggning B på 50 - 200 mg/l dvs. på ungefär samma nivå.



Figur 45. Halt av organiskt material i slamavskiljt avloppsvatten från hushåll utrustade med den urinsorterande toaletten Dubbletten (anläggning A och B).

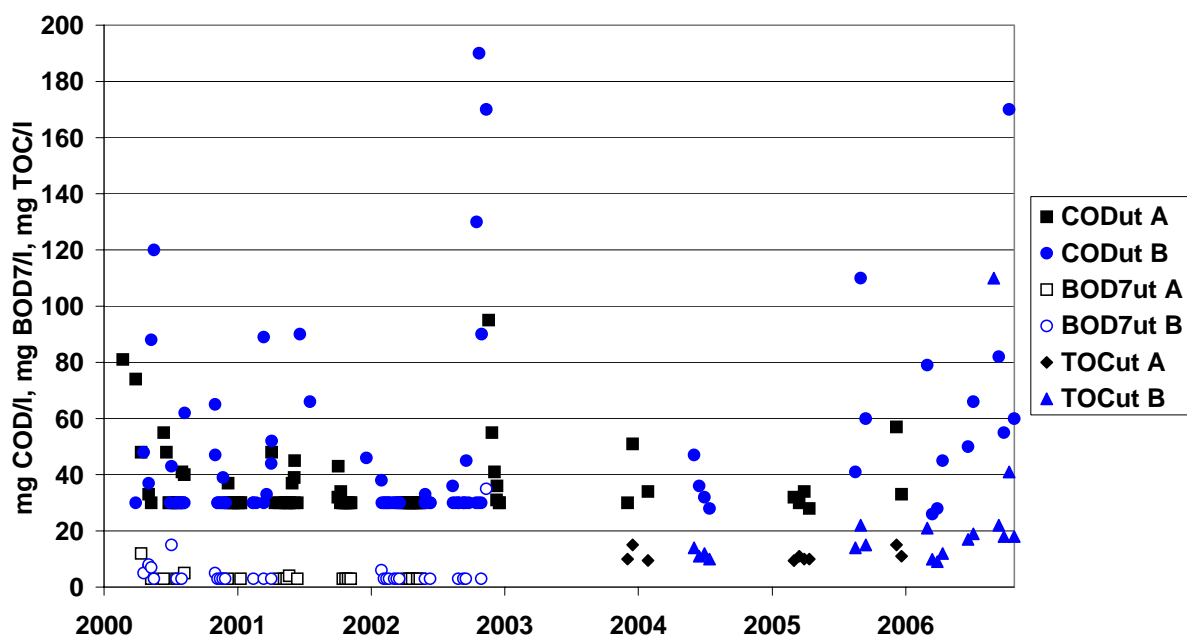
Halterna av kväve och fosfor i inkommande avloppsvatten till markbäddarna har varierat mellan 5 och 30 mg N/l i anläggning A och mellan 10 och 35 mg N/l i anläggning B samt mellan 0 och 20 mg P/l för båda anläggningarna (Figur 46). Före november 2001, då avlopp från tvättstuga och duschrum ännu ej var påkopplade, uppgick värdena emellertid till 120 mg N/l och 40 mg P/l.



Figur 46. Halt av kväve och fosfor i slamavskilt avloppsvatten från hushåll utrustade med den urinsorterande toaletten Dubbletten (anläggning A och B).

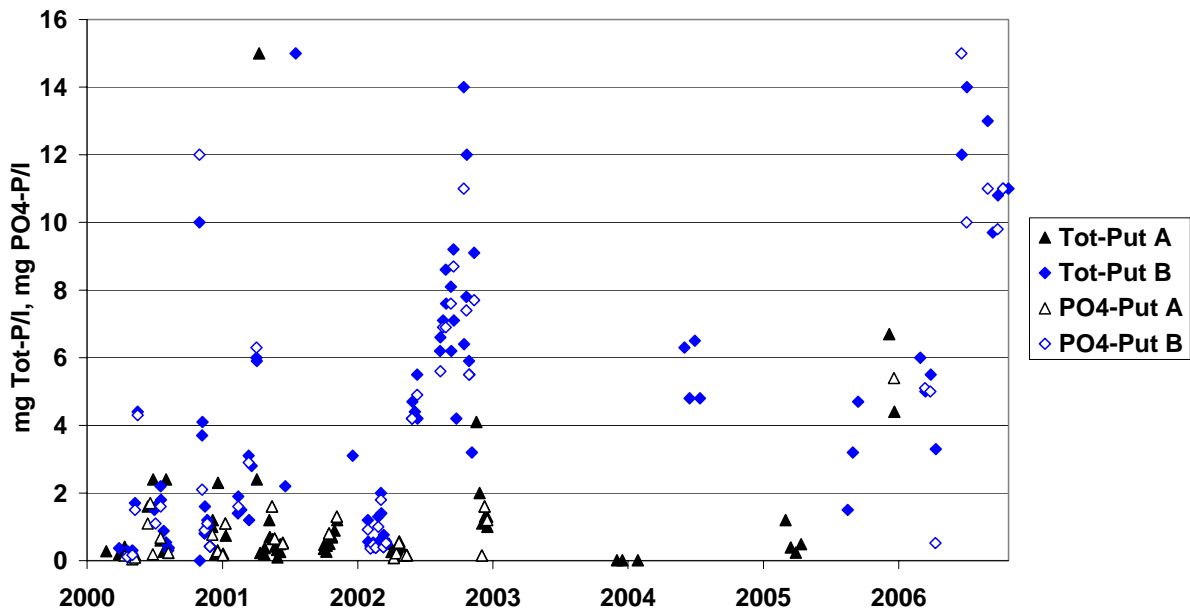
Utgående halter av organiskt material har ofta varit låga och till och med legat under detektionsgränserna, det vill säga  $< 3$  mg BOD<sub>7</sub>/l och  $< 30$  mg COD/l (Figur 47). Inledningsvis var dock halterna relativt höga på grund av att det tar tid innan biofilmen utvecklas i markbädden. Sommaren 2002 gjordes en test av den hydrauliska kapaciteten i markbädden, se Hellström *et al.* (2003), vilket resulterade i att slam sköljdes ur spridarrören och till viss del hamnade i utgående vatten. För anläggning A orsakade detta endast temporärt förhöjda halter, medan halterna för anläggning B uppvisade förhöjda halter under slutet av uppföljningsperioden. Detta kan eventuellt förklaras av att viss kanalbildning uppstått i anläggning B. En annan förklaring är att en stor del av vattnet ut från markbädden vid anläggning B inte går ut via provtagningsbrunnen, det vill säga vattnet infiltrerar troligtvis ner i marken. Efter den hydrauliska testen spolades uppsamlingsrören i markbädden. Vid högre flöden, då det fanns gott om vatten i provbrunnen, uppvisade anläggningen åter låga utgående halter. Vid låga flöden kom mycket lite vatten till provbrunnen och en ansamling av slam skedde då.





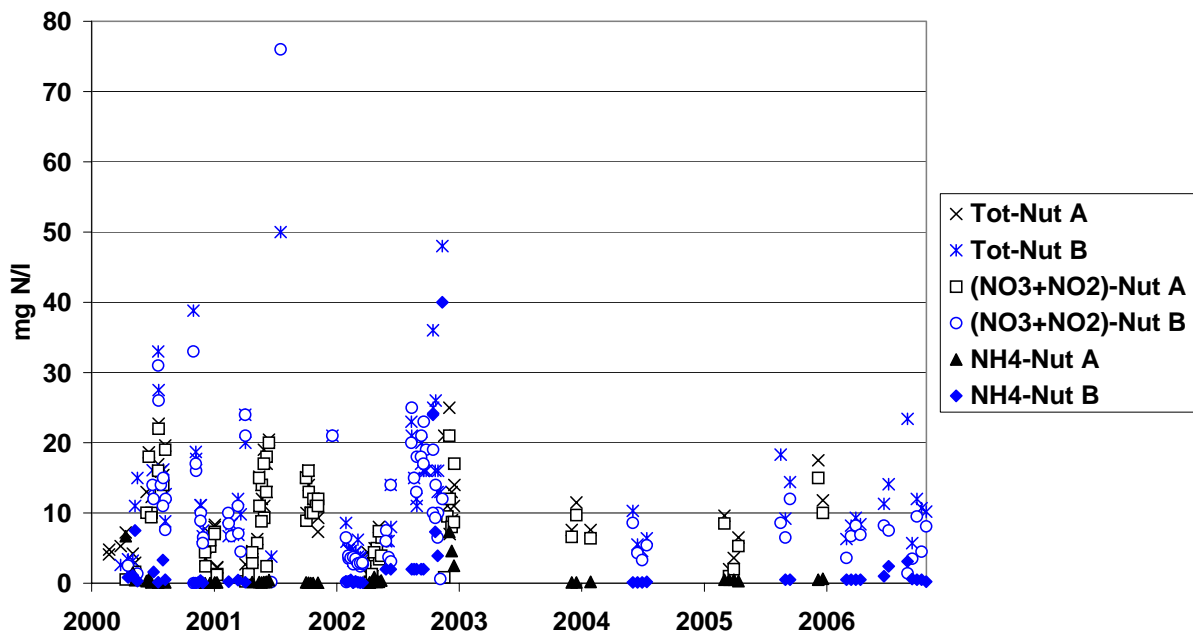
Figur 47. Halt av organiskt material i utgående från markbädd. BB Innovations anläggningar A och B.

Utgående fosforhalter från anläggning A har, med få undantag, legat under 2 mg P/l och med 0,5 mg P/l som medianvärde (Figur 48). För anläggning A finns det ingen tydlig tendens att fosforhalterna ökar med tiden, även om enstaka värden under hösten 2002 (hydrauliktest) och hösten 2005 (hyresgästen flyttar) varit höga. De fyra veckor (två prov) under vilka hyresgästen flyttat är borttagna ur diagrammen utom i diagrammen för flöde och belastning, men även strax före flytten (två prov i december 2005) är utgående fosforhalter höga troligen på grund av att hyresgästen har städad med rengöringsmedel innehållande fosfor. Dessa värden har behållits i diagrammen. För anläggning B har utgående halter ökat kraftigt under hösten 2002 samt från mitten av 2005 till slutet av 2006 och då nästan genomgående legat över 4 mg P/l och gått upp till så högt som 14 mg P/l. I vilken utsträckning detta är en effekt av att hydrauliska testerna (se ovan) utfördes är oklart. Prover med mycket höga fosforhalter, > 10 mg P/l, har även något högre halter av ammonium och högre halter av organiskt material. Dessa prover härstammar troligen från avloppsvatten som passerat i kanaler vid sidan av markbäddssanden. För prover med en fosforhalt på 0 till 4 mg P/l gäller generellt att dessa innehåller mycket låga halter av ammonium, < 2 mg NH<sub>4</sub>-N/l, och halter av organiskt material från < 30 till 60 mg COD/l. De relativt höga fosforhalterna ut från anläggning B kan således inte enbart förklaras av kanalbildning i markbädden, utan beror troligtvis även på att den aktiva delen av markbädden mättats med fosfor.



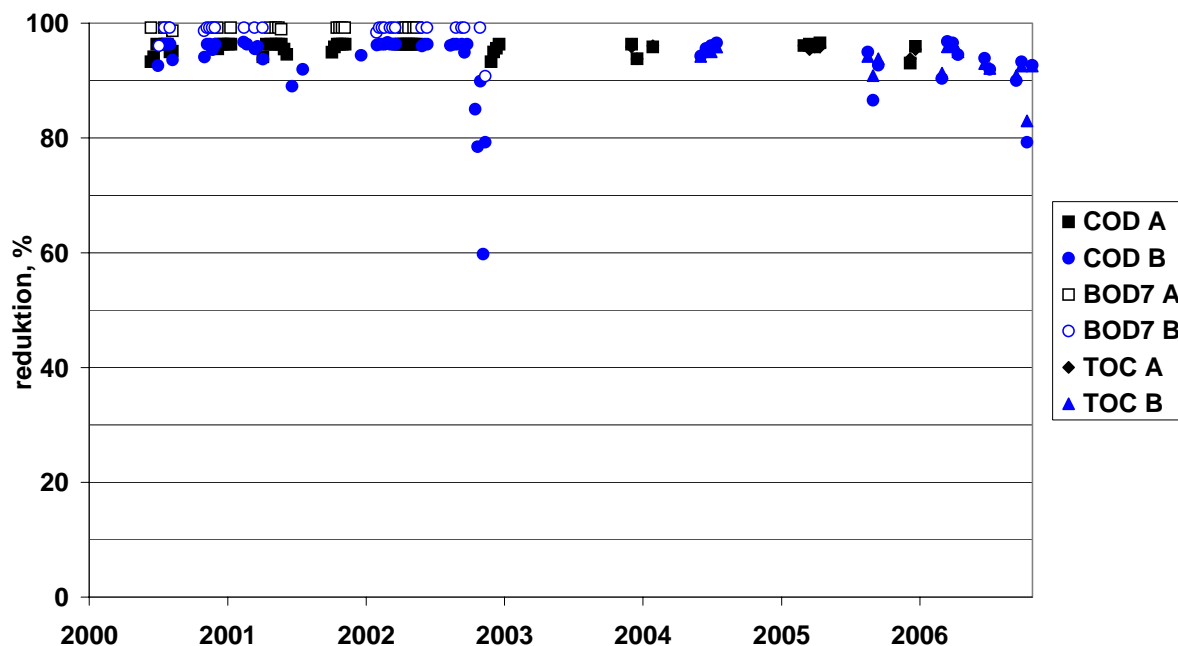
Figur 48. Halt av total- och fosfatfosfor efter markbäddar. BB Innovations anläggningar A och B.

För anläggning A ligger utgående kvävehalter i samtliga prov under 25 mg N/l och med en medianhalt på 8 mg N/l (Figur 49). Andelen nitrifierat kväve är stor och utgående ammoniumhalter har vid de flesta provtagningstillfällena legat under 2 mg NH<sub>4</sub>-N/l. Samma resultat gäller för anläggning B, förutom för de prov som även innehöll höga halter av organiskt material; i början av 2000, i slutet av 2002 och mot slutet av 2006. Medianhalten kväve i utgående vatten från anläggning B var 11 mg N/l.



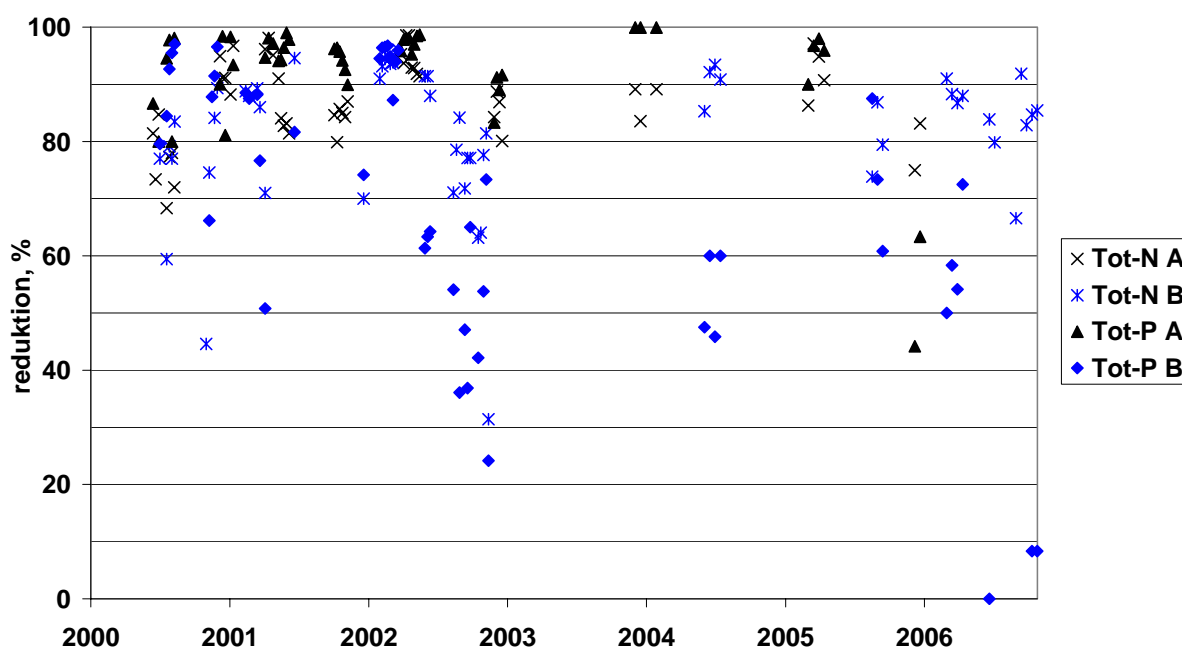
Figur 49. Halt av kväve och kvävefraktioner efter markbädd. BB Innovations anläggningar A och B.

Reduktionen av organiskt material över hela anläggningarna, det vill säga om även utsorterad urin beaktas, har varit god och oftast legat över 90 % (Figur 50).



Figur 50. Reduktion med avseende på organiskt material över hela anläggningen (urintank, slamavskiljare och markbädd) dvs. effekt av urinsortering inkluderad. BB Innovations anläggningar A och B.

Kvävereduktionen över båda anläggningarna har, med få undantag, legat över 65 %. Medianvärdena var 87 % för A och 85 % för B (Figur 51). Fosforreduktionen har för anläggning A i stort legat över 80 % hela tiden. 2003 - 2005 låg fosforreduktionen i anläggning A över 90 %. Medianvärde för hela utvärderingsperioden var 96 %. I anläggning B har fosforreduktionen varierat kraftigt och stundtals varit mycket låg. Medianvärdet för fosforreduktion över anläggning B var för hela utvärderingsperioden 69 %. Dock finns en trend att fosforreduktionen avtar med tiden (se även Tabell 20).



Figur 51. Reduktion med avseende på kväve och fosfor över hela anläggningen (urintank, slamavskiljare och markbädd). BB Innovations anläggningar A och B.

I Tabell 20 redovisas den totala reduktionen, inklusive utsorterad urin och avskiljning i slamavskiljare, för anläggningarna under olika perioder. Den totala reduktionsgraden har varit hög över anläggningarna förutom fosforreduktionen i anläggning B som har minskat över tiden. Den övervägande delen, drygt 70 %, av kvävet och cirka en tredjedel av fosfor avskiljs i form av utsorterad urin (se bilaga 4). Uppsamling och borttransport av urin innebär således att kväve- och fosforbelastningen på den lokala behandlingsanläggningen reduceras avsevärt.

Tabell 20. Reduktion i % som medianvärden för de urinsorterande anläggningarna under perioderna 2000/2001 - 2002/2003 - 2007.

| anläggning | COD |       |       | BOD <sub>7</sub> |       |       | TOC |       |       | Tot-N |       |       | Tot-P |       |       |
|------------|-----|-------|-------|------------------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | 00  | 01-02 | 03-07 | 00               | 01-02 | 03-07 | 00  | 01-02 | 03-07 | 00    | 01-02 | 03-07 | 00    | 01-02 | 03-07 |
| BB A       | 96  | 96    | 96    | 99               | 99    |       |     |       | 96    | 80    | 88    | 89    | 90    | 96    | 97    |
| BB B       | 96  | 96    | 94    | 99               | 99    |       |     |       | 94    | 84    | 84    | 86    | 88    | 65    | 54    |

#### 4.5.3 Sammanfattande bedömning

För anläggningen som helhet gäller att en betydande ”reduktion” sker då urinen avskiljs och leds till urinbrunnen. Sammantaget betyder det att anläggningarna med god marginal klarat målsättningen på minst 50 % kvävereduktion. Beträffande fosfor tycks det finnas en risk för att anläggningen som helhet på sikt inte klarar målsättningen på 90 % reduktion. Användning av fosfatfria tvätt-, disk- och rengöringsmedel samt att sorteringen fungerar är förutsättningar för låga fosforutsläpp. Reduktionen av organsikt material har varit mycket god och 90 % klaras med marginal.

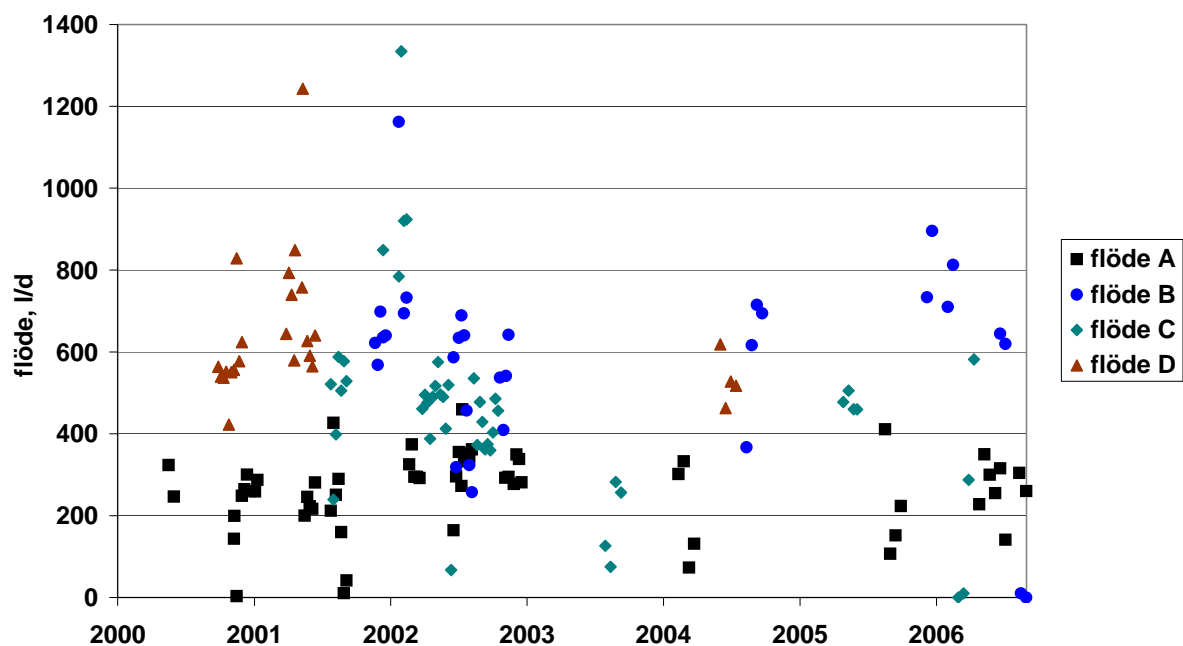
Stickprov på utgående avloppsvatten för analys av bakteriehalter visar att anläggningarna har klarat gränsvärdet för badvattenkvalitet.

Anläggningarna har uppvisat stabil drift.

## 4.6 KEMISK FÄLLNING OCH MARKBÄDD – EKOTREAT

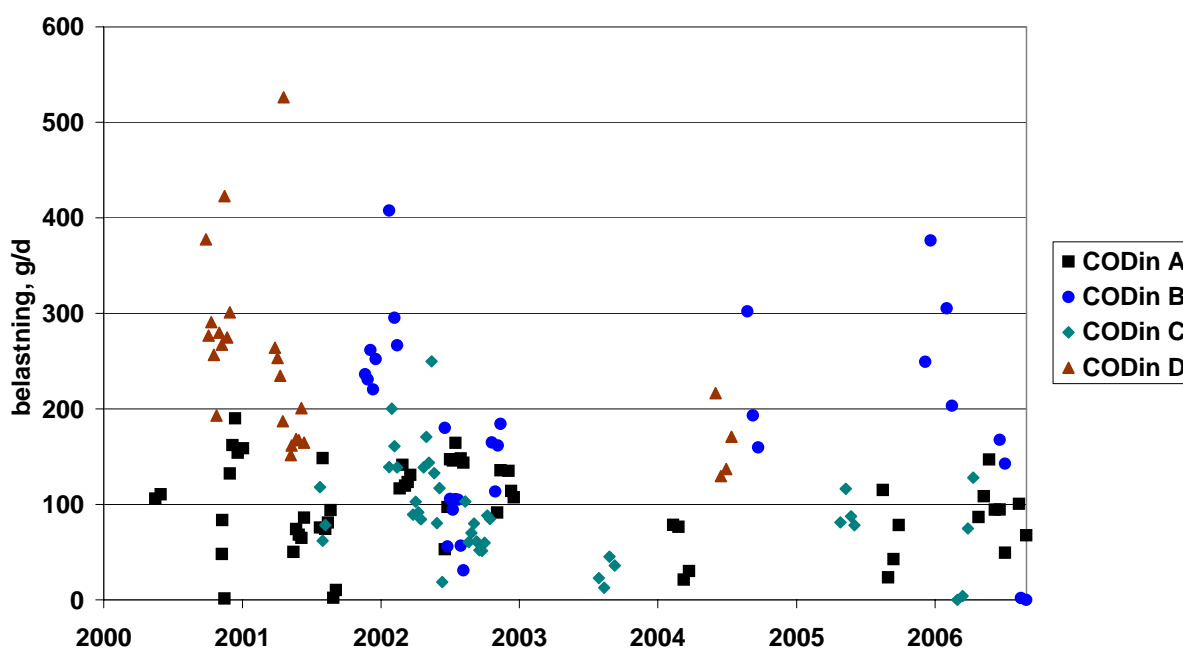
### 4.6.1 Flöde och belastning

Flödet in till anläggning A har vanligtvis varierat mellan 50 och 400 l/d, till B mellan 250 och 800 l/d, till C mellan 250 och 600 l/d och till anläggning D mellan 400 och 850 l/d. I anläggning C noterades en period med högre flöden i början av 2002. I samband med dessa flöden noterades även att inkommande koncentrationer sjönk, varför slutsatsen drogs att det var en utspädningseffekt beroende på att dräneringsvatten läckte in i avloppsledningen. Detta åtgärdades genom att åtgärda dräneringen och flöden och halter har därefter återgått till ursprungliga nivåer. Flödena redovisas i figur 52.



Figur 52. Flöde (l/d) till markbäddar anslutna till EkoTreats anläggningar.

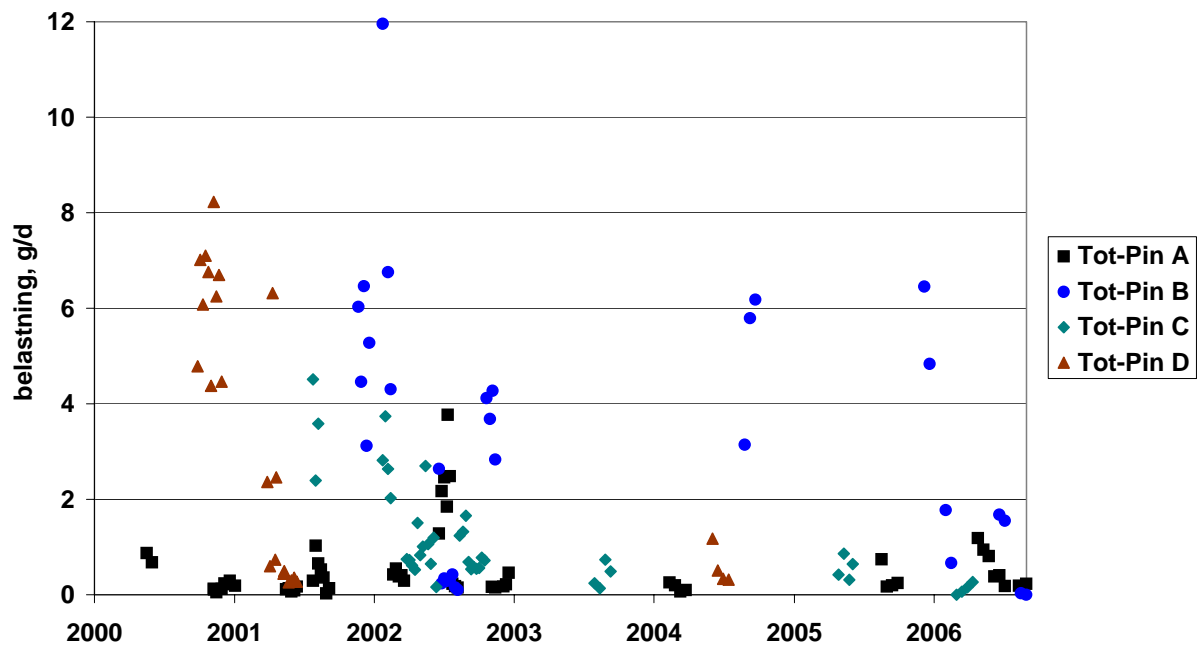
För anläggningarna A och C har den organiska belastningen vanligtvis legat under 200 g COD/d och för anläggningarna B och D har belastningen oftast legat under 300 g COD/d (Figur 53).



Figur 53. Organisk belastning (g COD/d) på markbäddar anslutna till EkoTreats anläggningar.

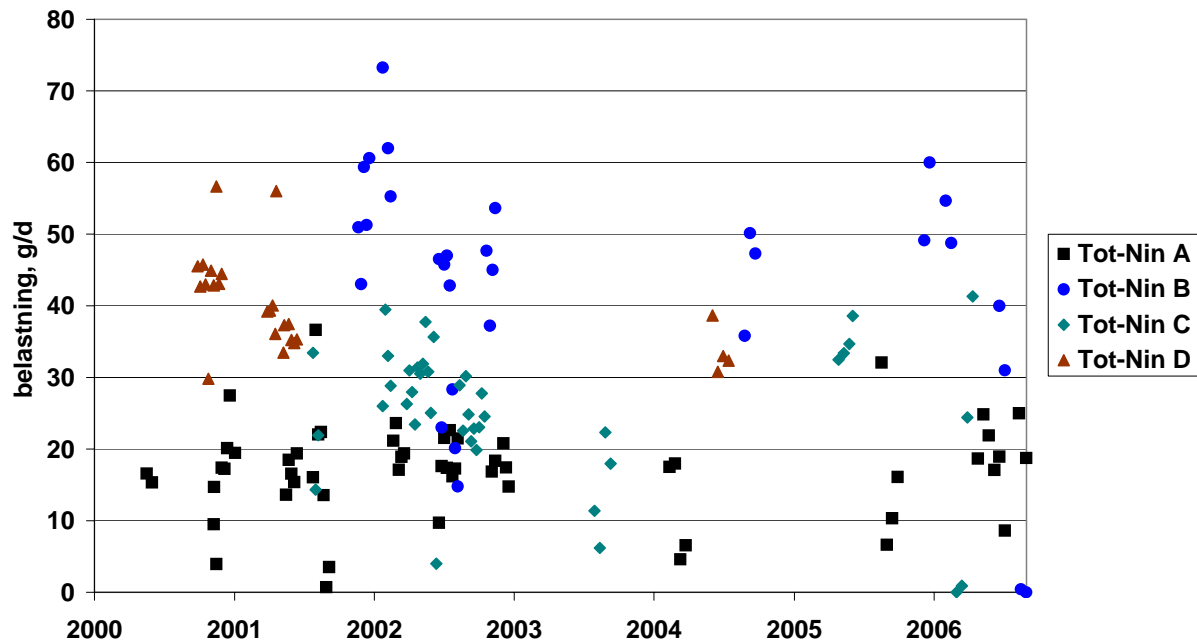
Fosforbelastningen redovisas i Figur 54. Noterbart är att fosforbelastningen på markbäddarna har legat under 1,5 - 2 g P/d då kemikaliedoseringen fungerat. Då fällt fosfor ut före slamavskiljaren och tas ut ur systemet vid slamtömningen. När kemikaliedoseringen inte har fungerat, har fosforbelastningen varierat relativt mycket. Belastningen på markbädden i

anläggning B och D var i dessa fall 2 - 7 g P/d och till anläggning A och C 2 - 4 g P/d. Anläggning B och C var fram till mars 2005 försedda med doseringsutrustning från Kemira som inte fungerade tillfredställande.



Figur 54. Fosforbelastning (g/d) på markbäddar anslutna till EkoTreats anläggningar.

Kvävebelastningen på markbädden i anläggning A var 0 - 30 g N/d, för anläggning B 15 - 60 g N/d, för C 0 - 40 g N/d och för D 30 - 55 g N/d (Figur 55).



Figur 55. Kvävebelastning (g/d) på markbäddar anslutna till EkoTreats anläggningar.

#### 4.6.2 Inkommande och utgående halter samt reduktion över markbädd

Då kranvattnets beskaffenhet kan påverka anläggningens prestanda har (stick)prover tagits på detta (se Tabell 21 och Hellström *et al.*, 2003). (I Hellström *et al.* (2003) presenteras EkoTreat D som EkoTreat B, EkoTreat B som Kemira B och EkoTreat C som Kemira A. EkoTreat A har inte ändrat namn.)

Tabell 21. Kranvattnets beskaffenhet i hushåll anslutna till EkoTreats anläggningar.

|                                     | Anläggning A | Anläggning B | Anläggning C  | Anläggning D |
|-------------------------------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| pH                                  | 6,9 - 7,0    | 7,4 - 7,7    | 7,2 - 7,4     | 7,8 - 7,9    |
| Hårdhet, dH                         | ca 9         | 9 - 10       | 6 - 7         | 6 - 7        |
| Alkalinitet, mg HCO <sub>3</sub> /l | ca 120       | ca 210       | 120 - 140     | ca 150       |
| Järn, mikrogram/liter               | 10 - 400     | 20 - 140     | < 200*, 350** | 5 - 80       |
| Koppar, mikrogram/liter             | 5 - 300      | < 10*, 60**  | < 10*, 220**  | < 10*, 90**  |
| Mangan, mikrogram/liter             | 5 - 30       | < 10         | 80 - 90       | < 10         |
| Kalcium, mg/l                       | ca 50        | 50 - 60      | 35 - 40       | 40 - 50      |
| Magnesium, mg/l                     | ca 10        | 9 - 10       | ca 5          | 4 - 5        |

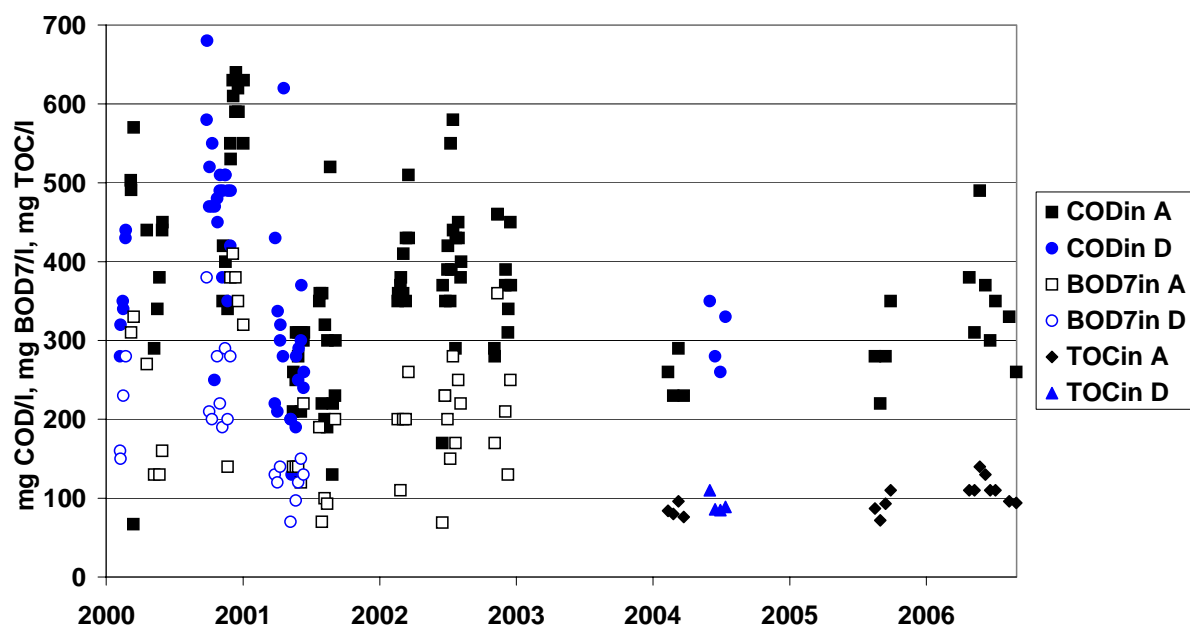
\*kallvatten, 10 min spolning, \*\*varmvatten

Provtagning på inkommande avlopp till slamavskiljarna har ej fungerat tillfredställande på grund av ett alltför heterogent avloppsvatten, varför inga resultat från dessa prover redovisas. Istället har mängderna uppskattats genom massbalanser för respektive slamavskiljare. Värderna från dessa massbalanser har sedan använts för att beräkna kvävereduktionen i slamavskiljarna. I övrigt har schablonvärden används för att beräkna reduktionen, se Tabell 22. Dessa schablonvärden är de samma som antagits som inkommande halter till Wost Man Ecologys och BB Innovations anläggningar. Men eftersom kvävehalterna i slamavskiljt vatten från EkoTreats anläggningar ofta översteg 70 mg tot-N/l, kunde inte detta värde användas som schablonvärde för inkommande vatten utom i anläggning D.

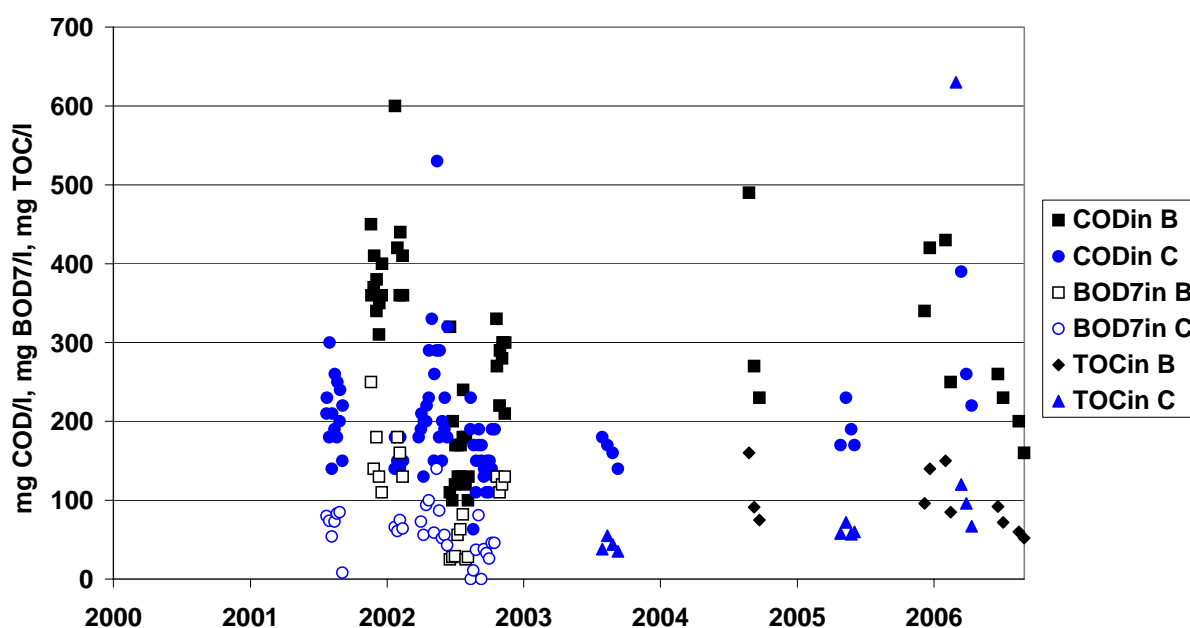
Tabell 22. Uppskattade halter i inkommande avloppsvatten till EkoTreats anläggningar före slamavskiljare. (SA är slamavskiljaren.)

|                   | Inkommande halt, mg/l  |
|-------------------|------------------------|
| BOD <sub>7</sub>  | 380                    |
| COD               | 820                    |
| TOC               | 241                    |
| Tot-P             | 12                     |
| Tot-N, EkoTreat A | 1,215 * Tot-N efter SA |
| Tot-N, EkoTreat B | 1,055 * Tot-N efter SA |
| Tot-N, EkoTreat C | 1,053 * Tot-N efter SA |
| Tot-N, EkoTreat D | 70                     |

Halten organsikt material i slamavskiljt och kemfällt avloppsvatten har varierat relativt mycket (Figur 56 och Figur 57). COD-halten har för anläggning A vanligtvis varierat mellan 200 och 600 mg COD/l, för B mellan 100 och 450 mg COD/l, för C mellan 100 och 350 mg COD/l och för D mellan 200 och 600 mg COD/l. BOD-halten har för anläggning A vanligtvis varierat mellan 100 och 400 mg BOD<sub>7</sub>/l, för B mellan 25 och 200 mg BOD<sub>7</sub>/l, för C mellan 0 och 100 mg BOD<sub>7</sub>/l och för D mellan 100 och 300 mg BOD<sub>7</sub>/l. TOC-halterna har legat på i anläggning A 70 - 140 mg TOC/l, i B 50 - 150 mg TOC/l, i C 35 - 120 mg TOC/l och i D 85 - 110 mg TOC/l.



Figur 56. Halt av organiskt material i kemfällt och slamavskiljt avloppsvatten. EkoTreats anläggningar A och D.

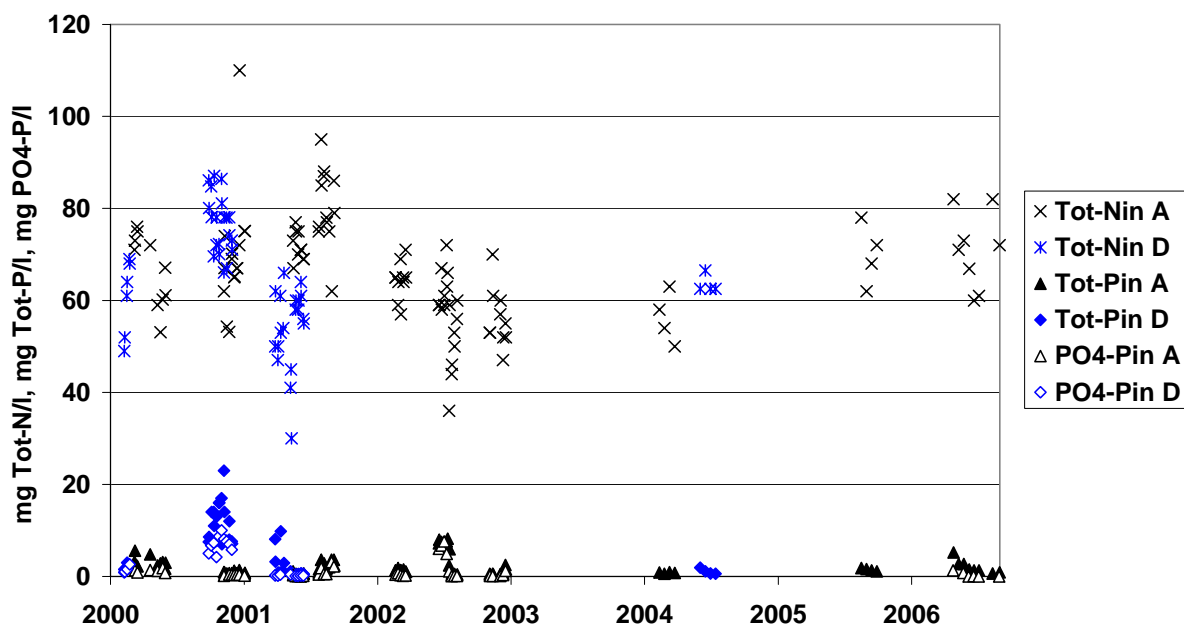


Figur 57. Halt av organiskt material i kemfällt och slamavskiljt avloppsvatten. EkoTreats anläggningar B och C.

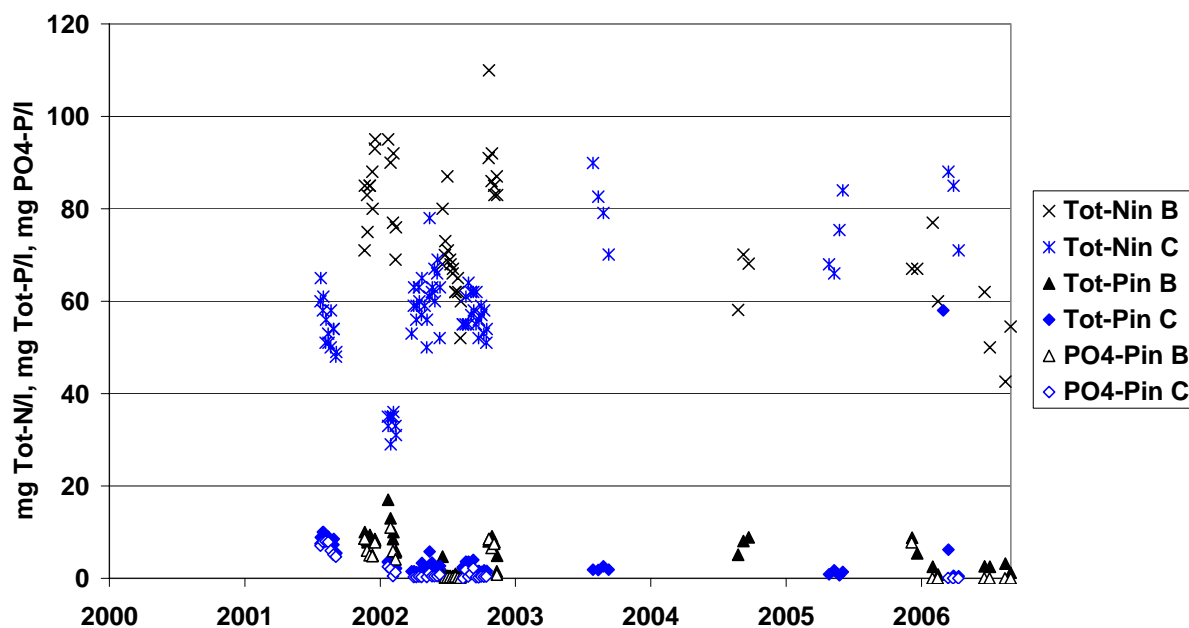
Kvävehalterna i slamavskiljt och kemfällt avloppsvatten har i anläggning A legat mellan 40 och 90 mg N/l, i B mellan 40 och 95 mg N/l, i C mellan 30 och 90 mg N/l och i D mellan 40 och 90 mg N/l (Figur 58 och Figur 59). Skillnaderna mellan anläggningarna är liten.

Under perioder då kemikaliedoseringen fungerat har fosforhalten alltid legat under 4 mg P/l och vanligtvis under 2,5 mg P/l, och fosfatfosforhalten vanligtvis under 1,5 mg PO<sub>4</sub>-P/l (Figur 58 och Figur 59). När kemikaliedoseringen inte har fungerat går halterna upp mot 20 mg P/l.





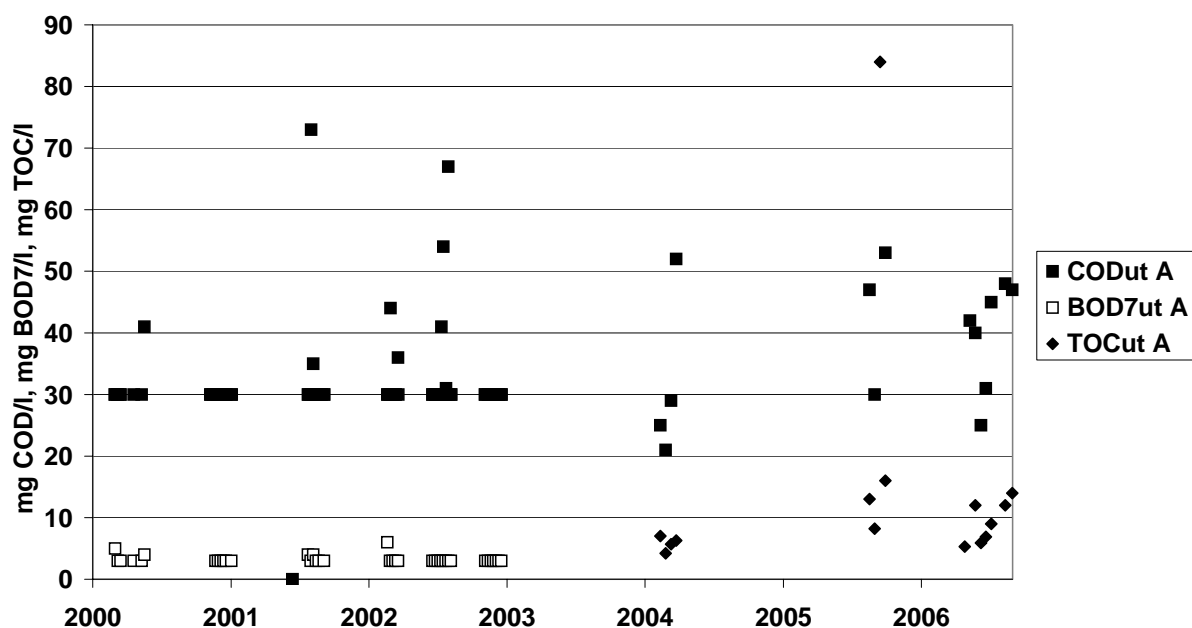
Figur 58. Halt av kväve och fosfor i kemfällt och slamavskiljt avloppsvatten. EkoTreats anläggningar A och D.



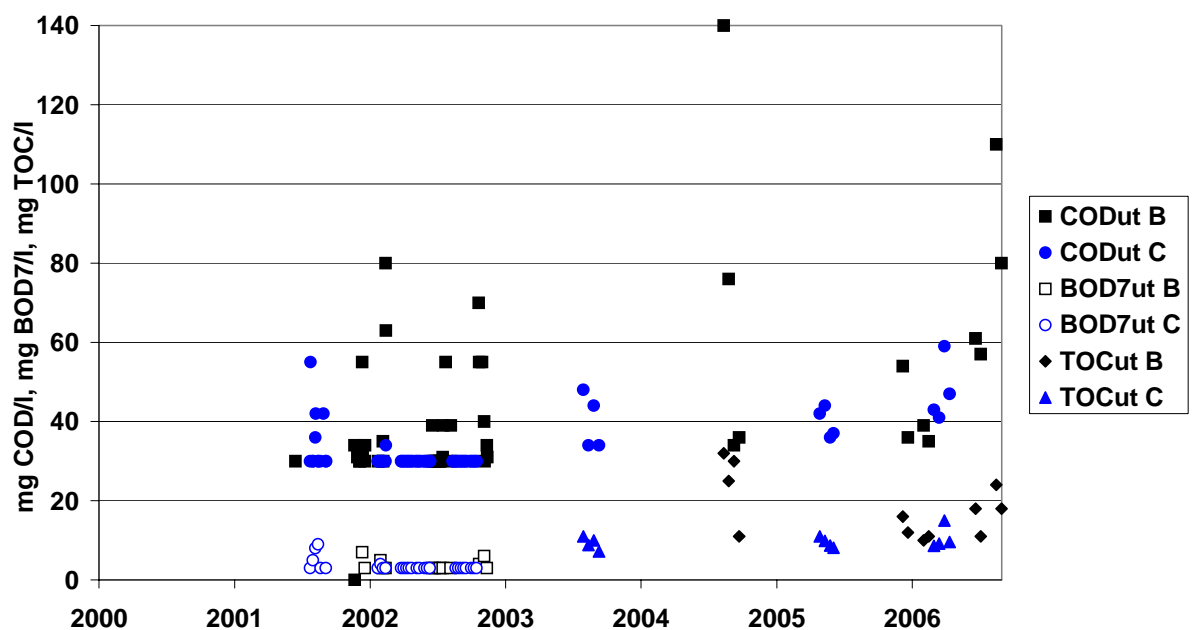
Figur 59. Halt av kväve och fosfor i kemfällt och slamavskiljt avloppsvatten. EkoTreats anläggningar B och C.

På grund av svårigheter att ta prov på utgående vatten från anläggning D redovisas inga utgående halter från denna anläggning.<sup>14</sup> Utgående halter av organiskt material har genomgående varit förhållandevis låga (Figur 60 och Figur 61), och ofta legat under eller nära detektionsgränsen för COD och BOD<sub>7</sub> (det vill säga 30 mg COD/l respektive 3 mg BOD<sub>7</sub>/l). TOC-halterna för anläggning A varierade mellan 4 - 16 mg TOC/l, för anläggning B varierade TOC-halterna mellan 10 - 32 mg TOC/l och i anläggning C låg TOC-halterna på 7 - 15 mg/l.

<sup>14</sup> Detta berodde på att utgående vatten från markbädden inte samlades upp i provbrunnen utan infiltrerade i marken. Stockholm Vatten och dess entreprenör stod för anläggandet av markbädden.



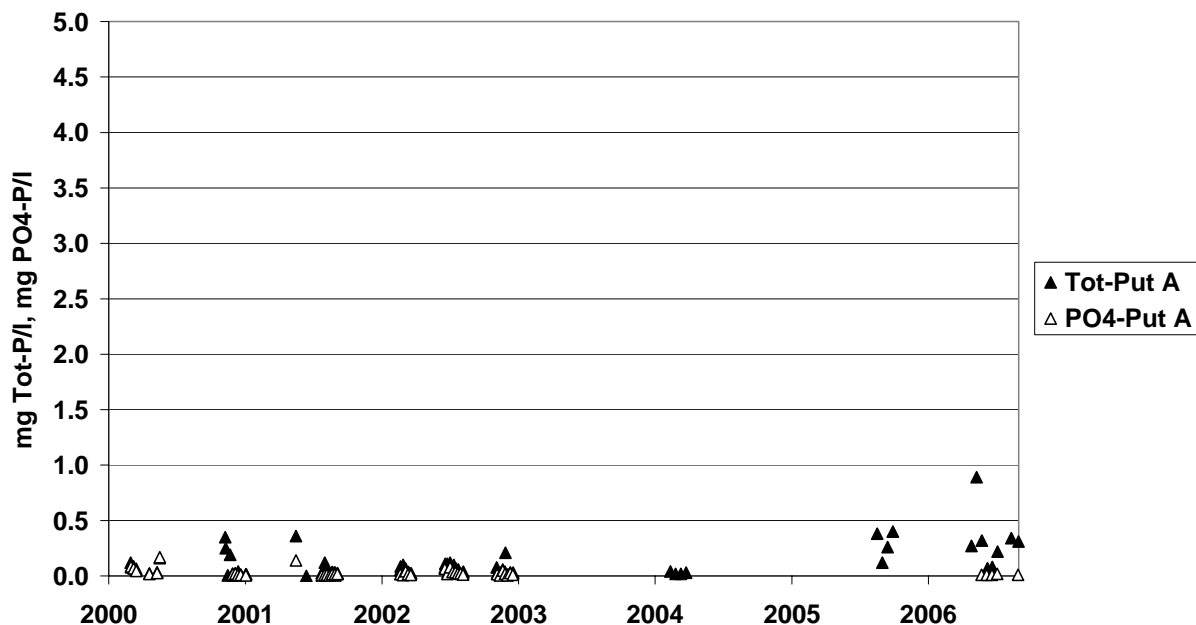
Figur 60. Halt av organiskt material efter markbädd. EkoTreats anläggning A.



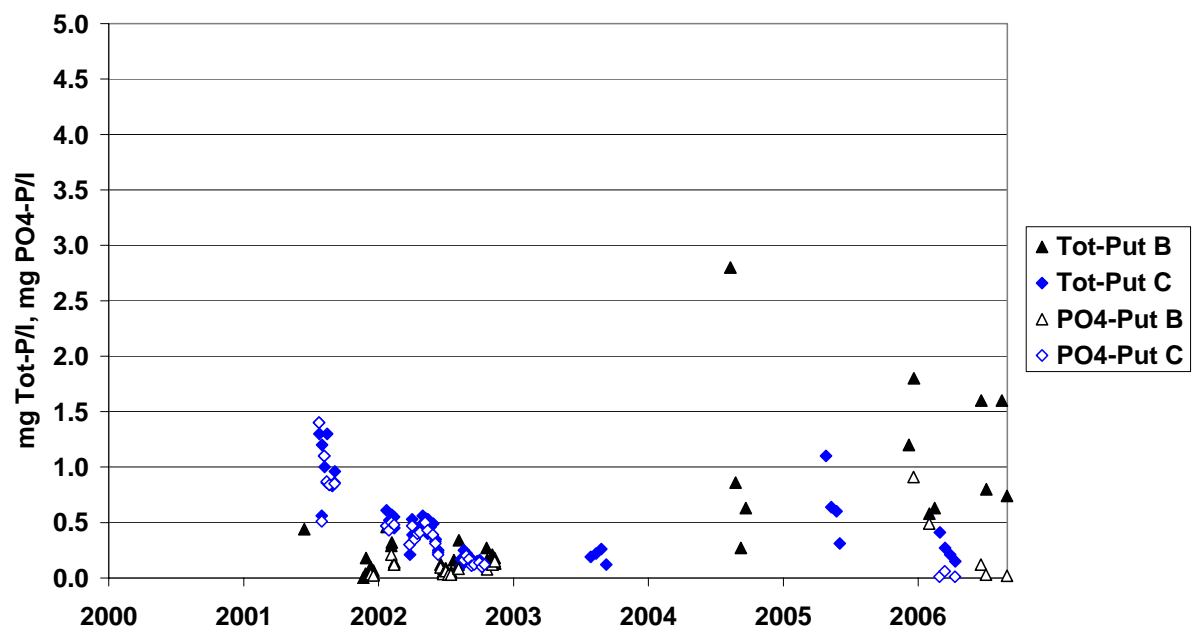
Figur 61. Halt av organiskt material efter markbädd. EkoTreats anläggning B och C.

Utgående halter av fosfor har genomgående varit förhållandevis låga i anläggning A samt i anläggning C när kemfällningen har fungerat. I anläggning B har halterna legat lågt från början men sedan ökat under 2004 - 2006 eventuellt beroende på flera avbrott i kemikaliedoseringen (Figur 62 och Figur 63). I anläggning A låg halten vanligtvis på 0 - 0,4 mg P/l under hela utvärderingsperioden med medianvärdet 0,04 mg P/l. I anläggning B låg halten på 0 - 0,5 mg P/l under 2001 - 2002, varefter den ökade till 0,3 - 1,8 mg P/l under 2003 - 2006, medianvärde 0,16 mg P/l. I anläggning C låg värdena hela tiden på 0,1 - 0,6 mg P/l förutom under uppstartstiden 2001 och förutom ett värde på 1,1 mg P/l 2005. Medianvärdet var 0,39 mg P/l för hela försökstiden.

Utgående halter av fosfatfosfor har genomgående varit mycket låga. Under 2001 fungerade inte doseringsutrustningen i anläggning B och C, som då var försedda med utrustning från Kemira, tillfredställande. Flera gånger har doseringen upphört på grund av tom kemdunk, speciellt i anläggning B och D. Detta kan ses i form av höga utgående halter av fosfatfosfor bland annat i början av 2006 i anläggning B. Medianvärden för fosfatfosforhalterna i utgående vatten från anläggning A, B och C har varit 0,02, 0,08 respektive 0,39 mg PO<sub>4</sub>-P/l (Figur 62 och figur 63).



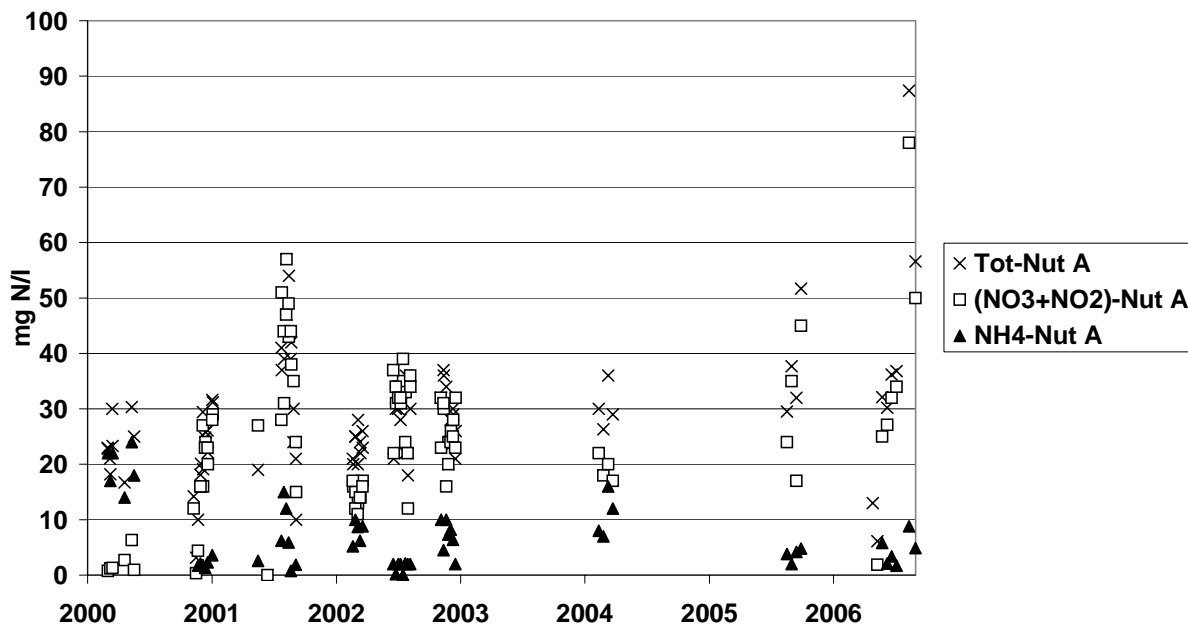
Figur 62. Halt av total- och fosfatfosfor efter markbädd. EkoTreats anläggning A.



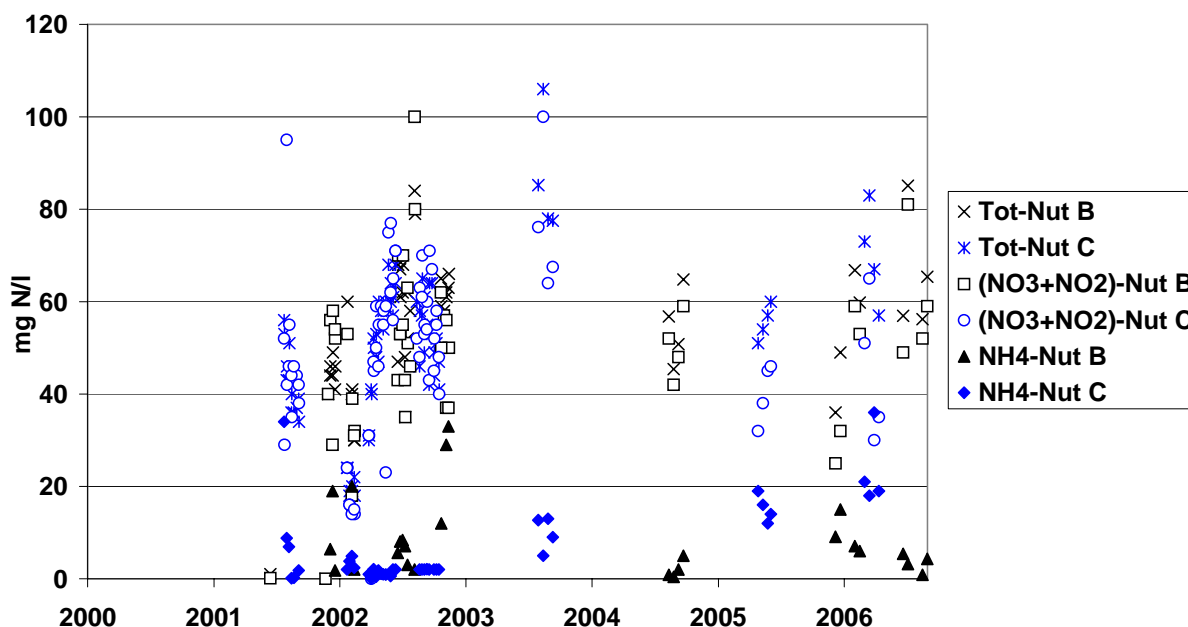
Figur 63. Halt av total- och fosfatfosfor efter markbädd. EkoTreats anläggning B och C.

Kvävehalten i utgående vatten har varit relativt hög och har i anläggning A vanligtvis legat mellan 10 och 55 mg N/l, i B mellan 40 och 70 mg N/l och i C mellan 20 och 80 mg N/l (Figur 64 och Figur 65).

Nitrifikationen har varit någorlunda god och utgående ammoniumhalter har i anläggning A oftast legat under 10 mg NH<sub>4</sub>-N/l med värden upp mot 16 mg NH<sub>4</sub>-N/l i mitten av 2001 och mitten av 2004. I anläggning B och C har värdena oftast legat under 20 mg NH<sub>4</sub>-N/l med några få värden upp mot 36 mg NH<sub>4</sub>-N/l. Det är framför allt i anläggning C som halterna har stigit under 2005 - 2006.

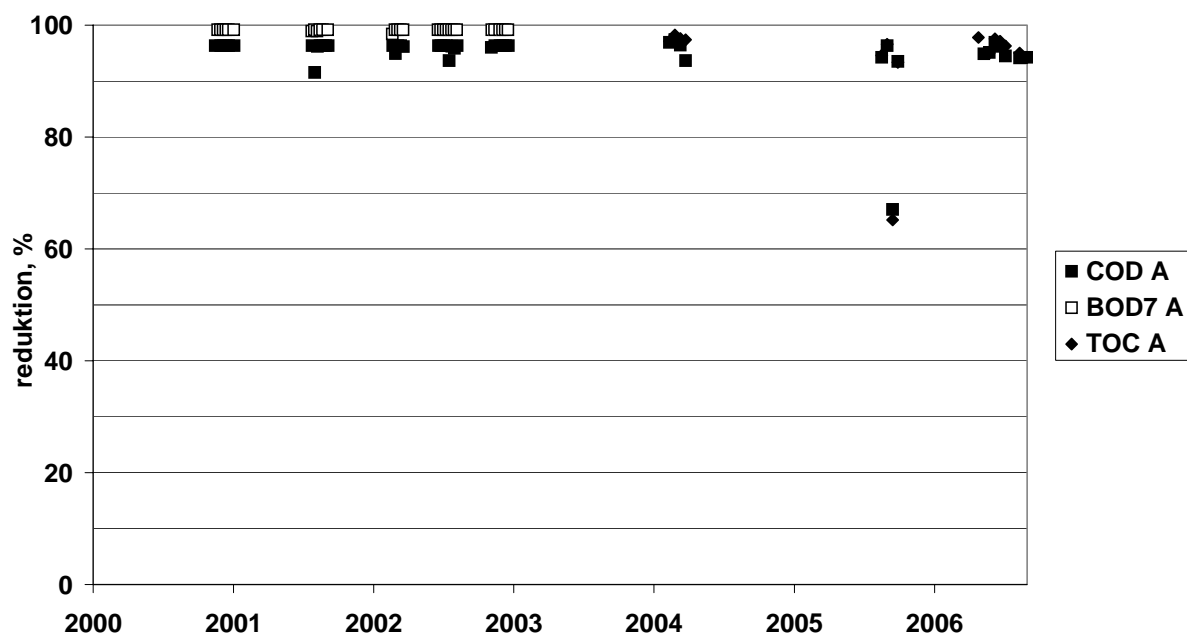


Figur 64. Halt av kväve och kvävefraktioner efter markbädd. EkoTreats anläggning A.

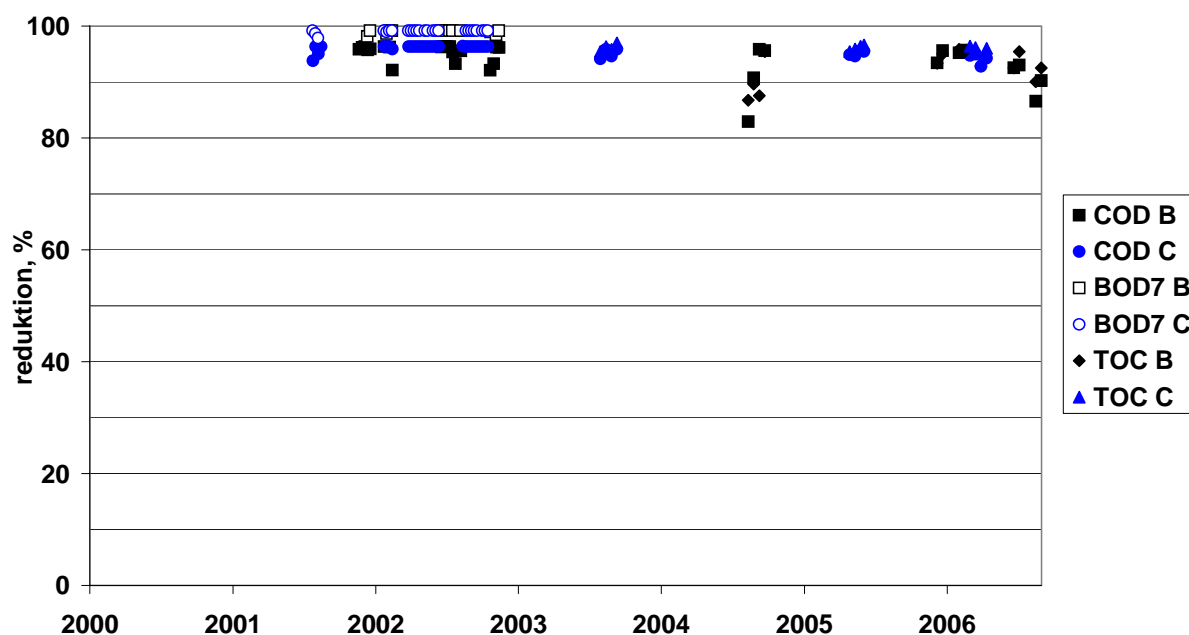


Figur 65. Halt av kväve och kvävefraktioner efter markbädd. EkoTreats anläggning B och C.

Reduktionen av organiskt material över hela anläggningen, slamavskiljare och markbädd, har varit god, 99 % för BOD och vanligtvis över 90 % (runt 95 %) för COD och TOC (Figur 66 och Figur 67).



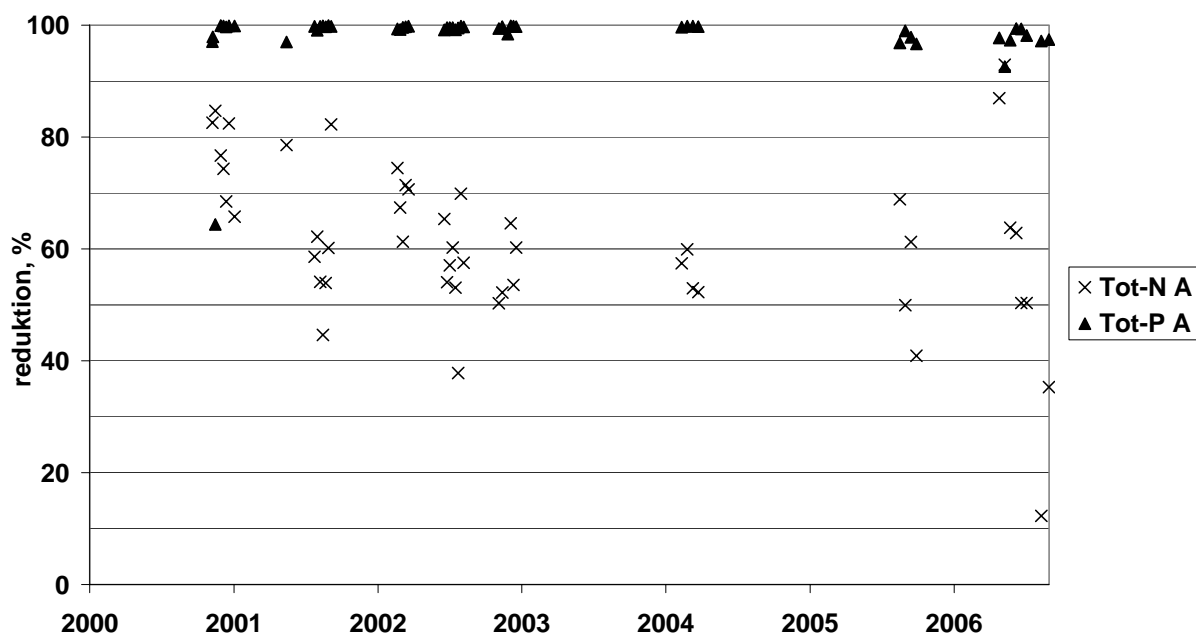
Figur 66. Reduktion med avseende på organiskt material över slamavskiljare och markbädd. EkoTreats anläggning A.



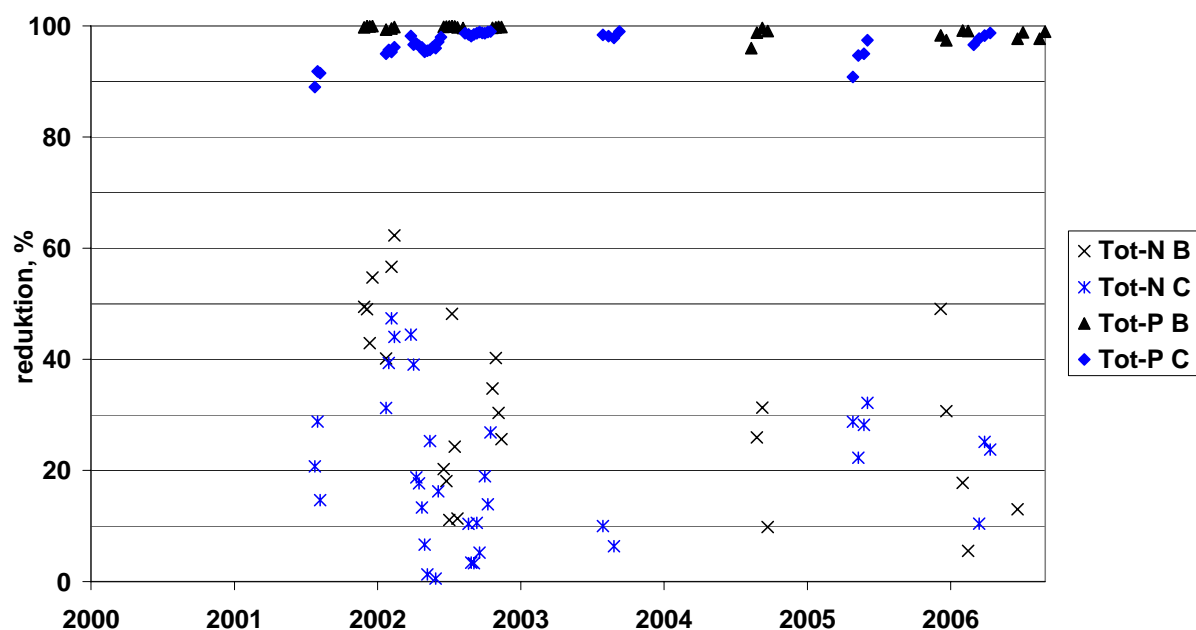
Figur 67. Reduktion med avseende på organiskt material över slamavskiljare och markbädd. EkoTreats anläggning B och C.

Fosforreduktionen över hela anläggningen, slamavskiljare och markbädd, har varit större än 90 % (runt 98 %) (Figur 68 och Figur 69).

Kvävereduktionen över hela anläggningen, slamavskiljare och markbädd, har för anläggning A uppgått till 40 - 85 %, för B 5 - 60 % och för C 0 - 50 % (Figur 68 och Figur 69). Kvävereduktionen i slamavskiljaren för anläggning A, B, C och D har beräknats till 18, 5, 5 respektive 10 % (Tabell 23 och bilaga 4). Endast anläggning A klarade som regel 50 % kvävereduktion.



Figur 68. Reduktion med avseende på kväve och fosfor över slamavskiljare och markbädd. EkoTreats anläggning A.



Figur 69. Reduktion med avseende på kväve och fosfor över slamavskiljare och markbädd. EkoTreats anläggning B och C.

När kemikaliedoseringen fungerar kan över 80 % av fosfor avskiljas redan i slamavskiljaren (se Tabell 23 och bilaga 4). Den låga reduktionen av fosfor redovisat i slamavskiljaren i anläggning B och C beror på att analyser på slam från slamavskiljarna mestadels skedde under 2001 och 2002 och anläggningarna var då försedda med annan, ej fungerande, doseringsutrustning. Totalreduktionen med avseende på fosfor och organiskt material har emellertid varit mycket god för samtliga anläggningar där prov på utgående vatten har varit möjligt att ta.

Tabell 23. Reduktion i % som medianvärden för EkoTreats anläggningar under perioderna 2000/2001 - 2002/2003 - 2007. Även data från den tid då anläggning B och C var försedda med utrustning från Kemira har inkluderats. (SA är slamavskiljare)

| anläggning | COD |       |       | BOD <sub>7</sub> |       |       | TOC |       |       | Tot-N |       |       | Tot-P |       |       |
|------------|-----|-------|-------|------------------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | 00  | 01-02 | 03-07 | 00               | 01-02 | 03-07 | 00  | 01-02 | 03-07 | 00    | 01-02 | 03-07 | 00    | 01-02 | 03-07 |
| EkoT. A    |     |       |       |                  |       |       |     |       |       |       |       |       |       |       |       |
| SA         |     | 56    |       |                  |       |       |     |       |       | 18    |       |       | 82    |       |       |
| IN-UT      | 96  | 96    | 95    | 99               | 99    |       |     |       | 97    | 77    | 60    | 55    | >99   | >99   | 98    |
| EkoT. B    |     |       |       |                  |       |       |     |       |       |       |       |       |       |       |       |
| SA         | -   | 23    |       |                  |       |       |     |       |       | 5     |       |       | 15    |       |       |
| IN-UT      | -   | 96    | 93    | -                | 99    |       | -   |       | 93    | -     | 33    | 13    | -     | >99   | >99   |
| EkoT. C    |     |       |       |                  |       |       |     |       |       |       |       |       |       |       |       |
| SA         |     | 29    |       |                  |       |       |     |       |       | 5     |       |       | 29    |       |       |
| IN-UT      | -   | 96    | 95    | -                | 99    |       | -   |       | 96    |       | 16    | 22    | -     | 97    | 98    |

#### 4.6.3 Sammanfattande bedömning

Anläggningarna (A, B och C) har klarat kravet på 90 % fosforreduktion och 90 % BOD-, COD-, och TOC-reduktion. Även anläggning D bedöms ha klarat kravet på 90 % fosforreduktion. Övriga ämnen i anläggning D går ej att beräkna på grund av uteblivna utloppsprover.

Nitrifikationen i markbäddarna har varit någorlunda god, utgående ammoniumhalter har vanligtvis legat under 20 mg NH<sub>4</sub>-N/l. Kvävereduktion har varit god i anläggning A som, sett över hela utvärderingsperioden, har klarat kravet på 50 % kvävereduktion. Anläggning B och C har inte klarat kravet på 50 % kvävereduktion. Beträffande kvävereduktion och nitrifikation bör dock påpekas att belastningen varit moderat i anläggning A. Den måttliga kvävereduktionen i anläggning B och C förklaras troligtvis av den relativt höga belastningen.

Stickprov på utgående avloppsvatten för analys av bakteriehalterna visar att anläggning A har klarat gränsvärdet för badvattenkvalitet, medan anläggning B och C inledningsvis inte klarade gränsvärdet för badvattenkvalitet.

Doseringsutrustningen har drabbats av enstaka driftsstörningar, dels i samband med felaktig installation i anläggning D och dels på grund av skada på styrkortet (eventuellt på grund av åsknedslag) i anläggning A. Vid anläggning B och C förekom intrimningsproblem på Kemiras tid och det tog relativt lång tid innan kemikaliedoseringen började fungera. För övrigt har driftsäkerheten varit god, med undantag för att rutinerna för påfyllning inte alltid fungerat<sup>15</sup>.

## 4.7 FILTERBÄDDAR MED FOSFORBINDANDE MATERIAL - FILTRALITE

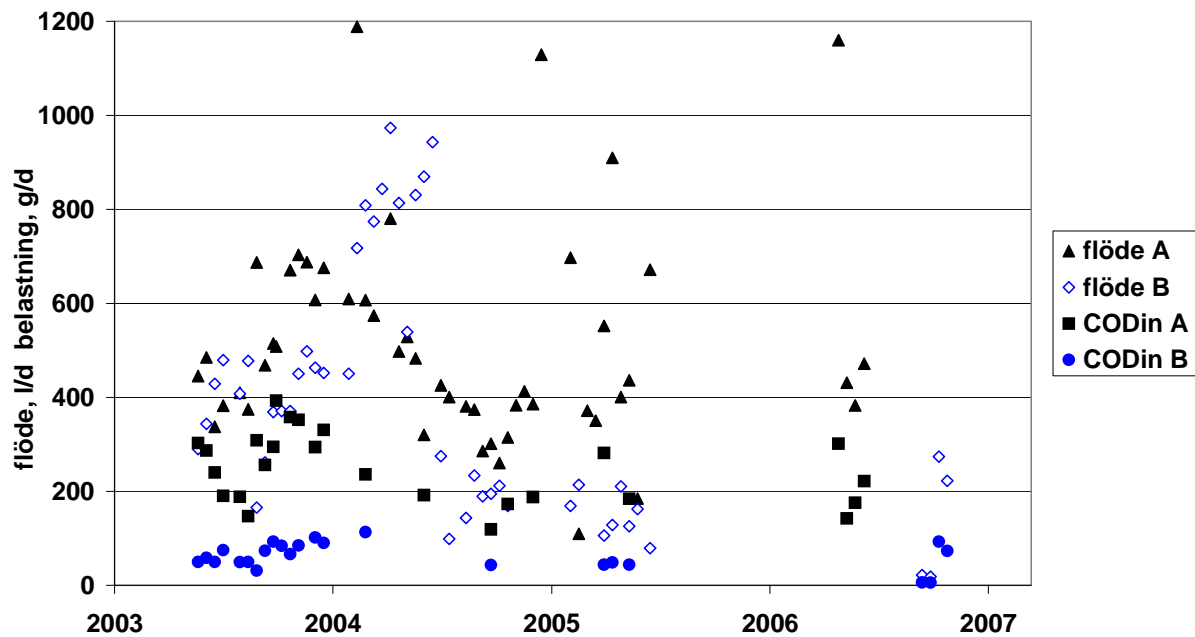
### 4.7.1 Flöde och belastning

Flödet in till anläggning A har vanligtvis legat mellan 250 och 700 l/d (Figur 70). Några mycket höga flöden beror på inläckage av dag- och dräneringsvatten till anläggningen vid regn och snösmältning. Flödet in till anläggning B varierar under olika årstider beroende på

<sup>15</sup> EkoTreat har nu lagt upp automatisk bevakning för detta.

att anläggningen belastas av avlopp från kontorslokaler med mera samt av avlopp från en lägenhet som endast bebos periodvis. Flödet för anläggning B har legat mellan 100 och 500 l/d. Våren 2004 förekom ett vattenläckage från en varmvattenberedare vilket medförde förhöjda inflöden till anläggning B.

Den organiska belastningen på biobädden i anläggning A, som betjänar två hushåll, har varierat mellan 150 och 400 g COD/d, medianvärde 240 g COD/d (Figur 70). Anläggning B har belastats med 20 - 100 g COD/d, medianvärde 62 g COD/d.



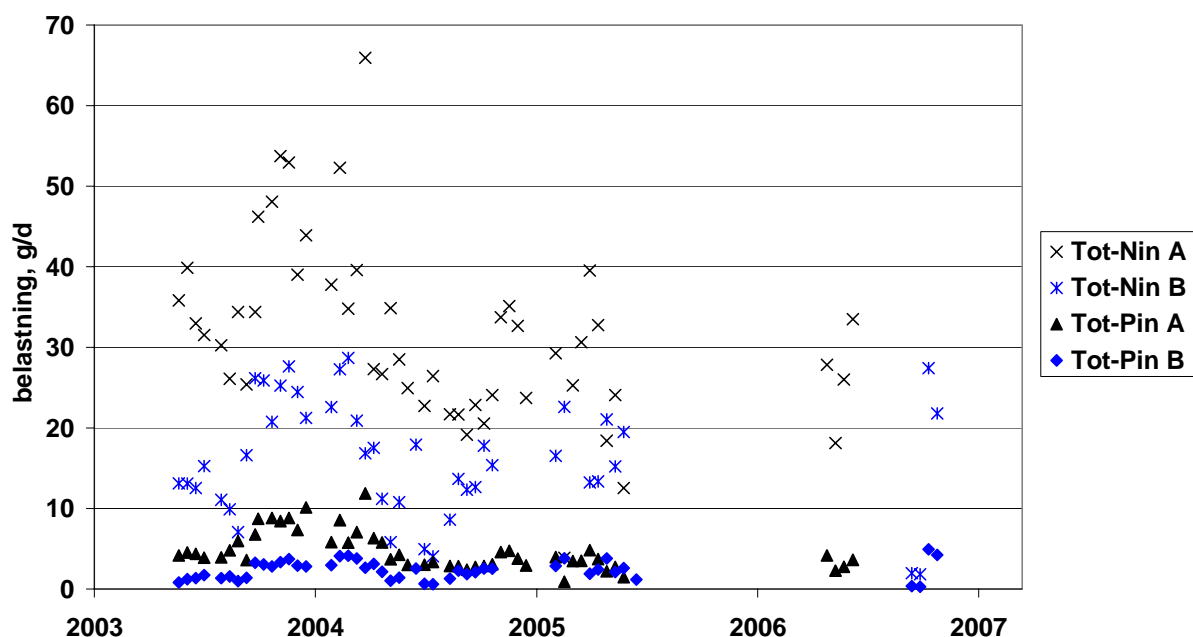
Figur 70. Flöde (l/d) till och organisk belastning (g COD/d) på biobäddar anslutna till Filtralites anläggningar A och B.

Kvävebelastningen på biobädden i anläggning A har vanligtvis legat mellan 20 och 55 g N/d med ett medianvärde på 31 g N/d. För anläggning B varierade belastningen vanligtvis mellan 5 och 30 g N/d med ett medianvärde på 16 g N/d (Figur 71).

För anläggning A varierade fosforbelastningen mellan 1 och 10 g P/d, med medianvärdet 4,2 g P/d. Motsvarande värden för anläggning B är 1 - 5 g P/d med medianvärdet 2,4 g P/d (Figur 71).

Belastningen på anläggning A var ungefär dubbelt så stor som på anläggning B.





Figur 71. Kväve- och fosforbelastning (g/d) på biobäddar anslutna till Filtralites anläggningar A och B.

#### 4.7.2 Inkommande och utgående halter samt reduktion över markbädd

Då kranvattnets beskaffenhet kan påverka anläggningens prestanda har (stick)prover tagits på detta (Tabell 24 och Hellström *et al.*, 2003). Filtralite anläggning A har samma brunn som Biovac anläggning B, och Filtralite anläggning B har samma brunn som Wost Man Ecology anläggning B och Biovac anläggning A. Tidigare försök redovisas i Hellström och Jonsson (2005).

Tabell 24. Kranvattnets beskaffenhet i hushåll anslutna till Filtralites anläggningar.

|                                     | Anläggning A | Anläggning B |
|-------------------------------------|--------------|--------------|
| pH                                  | 6,7 - 6,8    | 7,7 - 7,9    |
| Hårdhet, dH                         | 8 - 9        | ca 8         |
| Alkalinitet, mg HCO <sub>3</sub> /l | ca 100       | 150 – 170    |
| Järn, mikrogram/liter               | 50 - 130     | 100 – 1400   |
| Koppar, mikrogram/liter             | 30 - 100     | < 25*, 86**  |
| Mangan, mikrogram/liter             | < 10         | 5 – 200      |
| Kalcium, mg/l                       | 40 - 45      | 40 – 45      |
| Magnesium, mg/l                     | ca 10        | ca 10        |

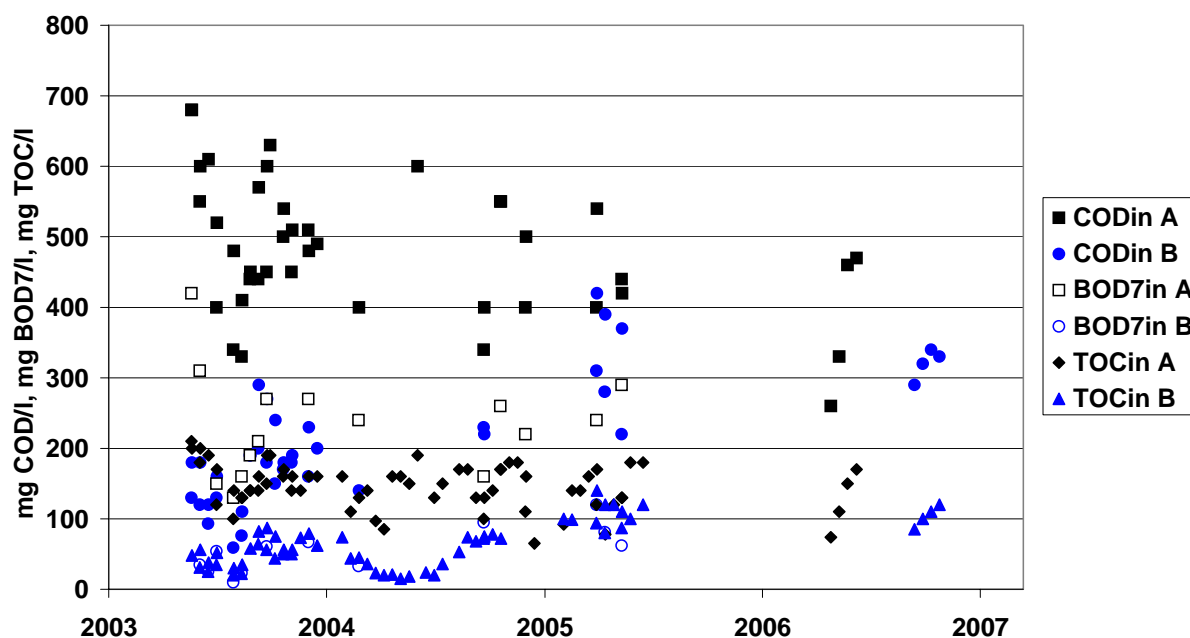
\*kallvatten, 10 min spolning, \*\*varmvatten

Någon provtagning på inkommande avloppsvatten har inte gjorts utan halterna har beräknats utifrån antagen reduktion över slamavskiljarna samt halter och mängder i slamavskilt vatten (Tabell 25).

Tabell 25. Uppskattade halter i inkommande avloppsvatten till Filtraliteanläggningarna före slamavskiljare. (SA är slamavskiljaren.)

|                  | Inkommande halt, mg/l            |
|------------------|----------------------------------|
| BOD <sub>7</sub> | 1,30 * BOD <sub>7</sub> efter SA |
| COD              | 1,30 * COD efter SA              |
| TOC              | 1,30 * TOC efter SA              |
| Tot-N            | 1,06 * Tot-N efter SA            |
| Tot-P            | 1,10 * Tot-P efter SA            |

Halten organiskt material i slamavskilt avloppsvatten före biobäddarna visas i Figur 72. För anläggning A ligger koncentrationerna mellan 330 och 630 mg COD/l, mellan 130 och 300 mg BOD<sub>7</sub>/l och mellan 70 och 200 mg TOC/l. TOC-halterna under våren 2006 (80 - 180 mg TOC/l) är väl jämförbara med halterna under 2003 - 2005. Motsvarande koncentrationer för anläggning B är 60 - 400 mg COD/l, 10 - 100 mg BOD<sub>7</sub>/l och 20 - 120 mg TOC/l. Halter runt 100 mg TOC/l under våren 2005 kvarstår fortfarande under hösten 2006.



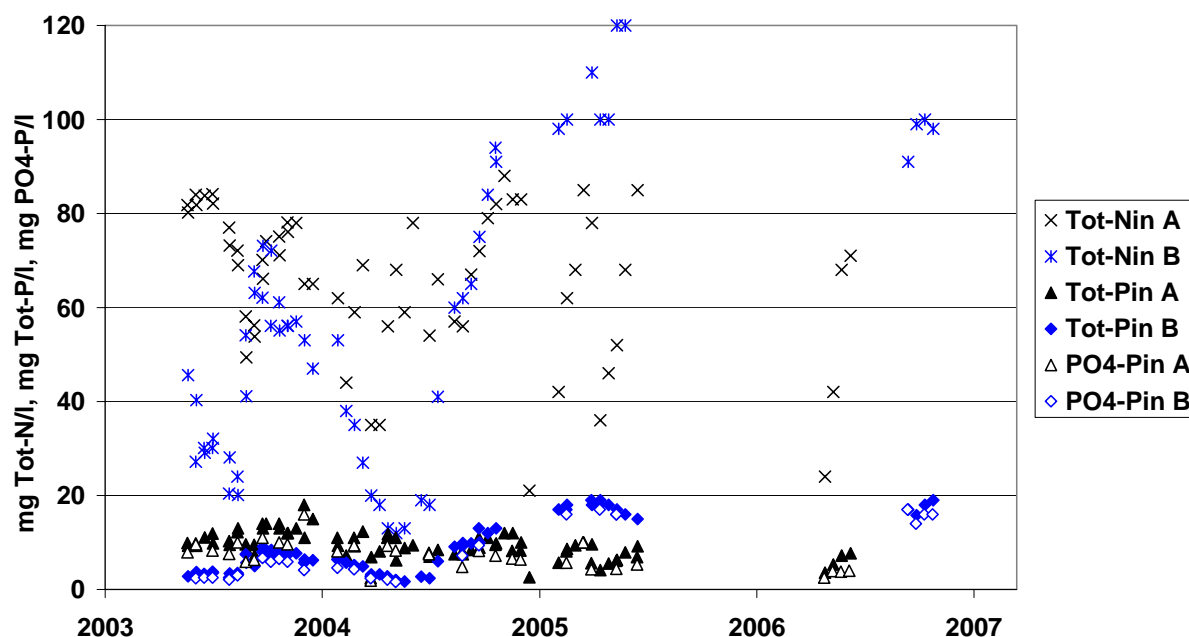
Figur 72. Halt av organiskt material i slamavskilt avloppsvatten. Filtralites anläggningar A och B.

Kvävehalten i slamavskilt avloppsvatten före biobäddarna har i anläggning A legat mellan 35 och 90 mg N/l, medianvärde 68 mg N/l, och i B mellan 10 - 120 mg N/l, medianvärde 56 mg N/l (Figur 73).

Fosforhalten har i anläggning A varierat mellan 2 och 18 mg P/l, medianvärde 9,4 mg P/l, och i anläggning B mellan 2 och 19 mg P/l, medianvärde 7,2 mg P/l. Fosfatfosforhalten i anläggning A har legat på 2 - 16 mg PO<sub>4</sub>-P/l och i anläggning B på 2 - 17 mg PO<sub>4</sub>-P/l, alltså cirka 2 mg/l lägre än motsvarande totalfosforhalt (Figur 73).

Halterna av kväve och fosfor i anläggning A ligger på samma storleksordning under 2005 som under uppföljningen under 2006 och är stabila under hela utvärderingsperioden.

Åtgärdandet av läckage som nämnts ovan samt inflyttande av boende i lägenhet bidrog till att kväve- och fosforhalterna ökade markant i anläggning B.

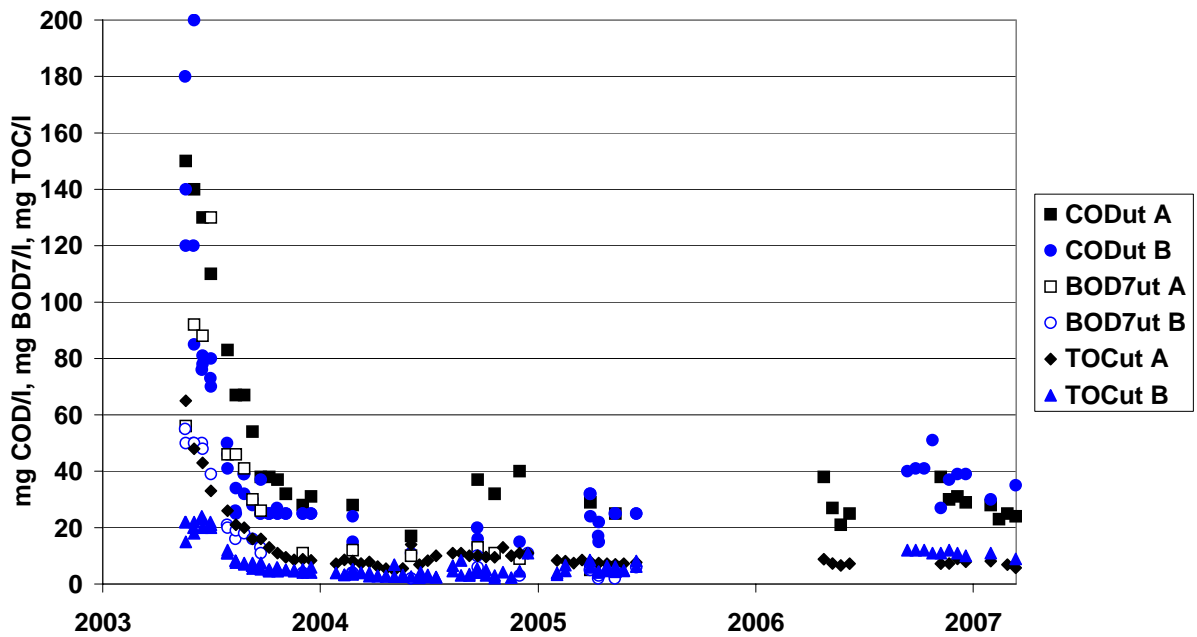


Figur 73. Halt av kväve och fosfor i slamavskilt avloppsvatten. Filtralites anläggningar A och B.

I biobädden sker nedbrytning av organiskt material och nitrifikation i biohuden som växer på de runda keramikklorna av typ Leca. Det tog lång tid för biohuden att växa till och det dröjde drygt 9 månader innan stabila utgående halter av organiskt material erhöles (Figur 74).

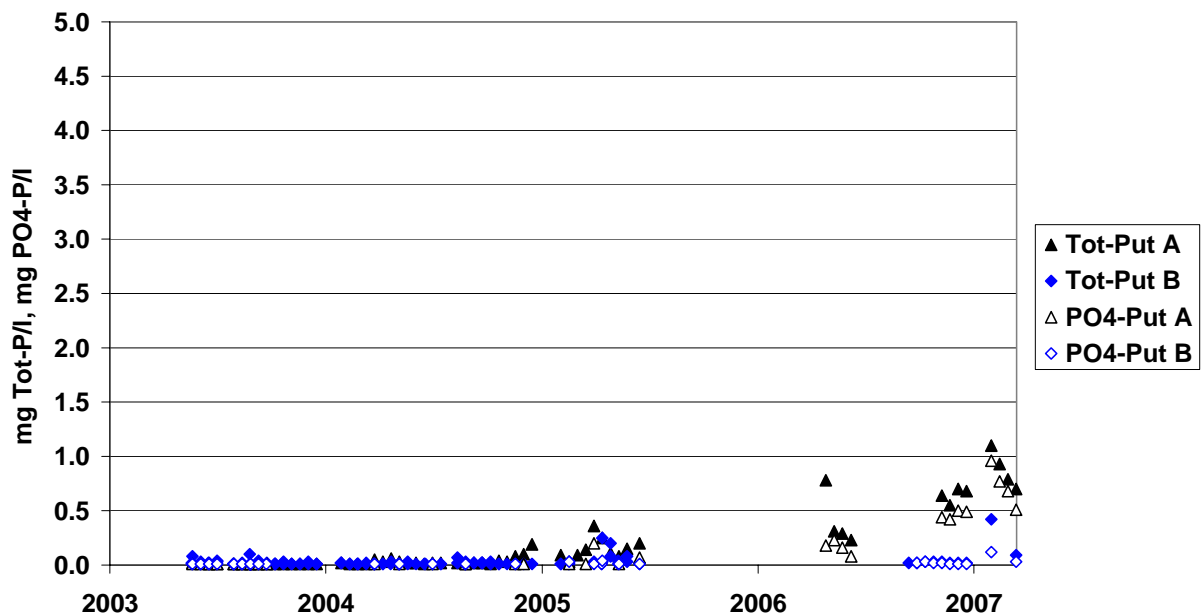
Utgående halter av organiskt material efter startperioden har i anläggning A varierat mellan 20 och 40 mg COD/l och i B mellan 15 och 40 mg COD/l, i A mellan 9 och 13 mg BOD<sub>7</sub>/l och i B mellan 2 och 11 mg BOD<sub>7</sub>/l, och slutligen i A mellan 6 och 13 mg TOC/l och i B mellan 2 och 12 mg TOC/l. Skillnaden mellan anläggningarna är mycket liten med en aning lägre halter i utgående från anläggning B.

I bilaga 6 presenteras halterna av organiskt material, totalfosfor, fosfatfosfor, totalkväve, ammoniumkväve och nitratkväve i utgående vatten från biobäddarna, samt halterna av motsvarande ämnen där de tre provtagningspunkterna efter slamavskiljare, efter biobädd (dvs. före markbädd) och efter markbädd lagts i samma diagram. Här saknas dock ammoniumhalterna. Biobäddens funktion redovisas utförligare av Hellström och Jonsson (2005).



Figur 74. Halt av organiskt material efter markbädd. Filtralites anläggning A och B.

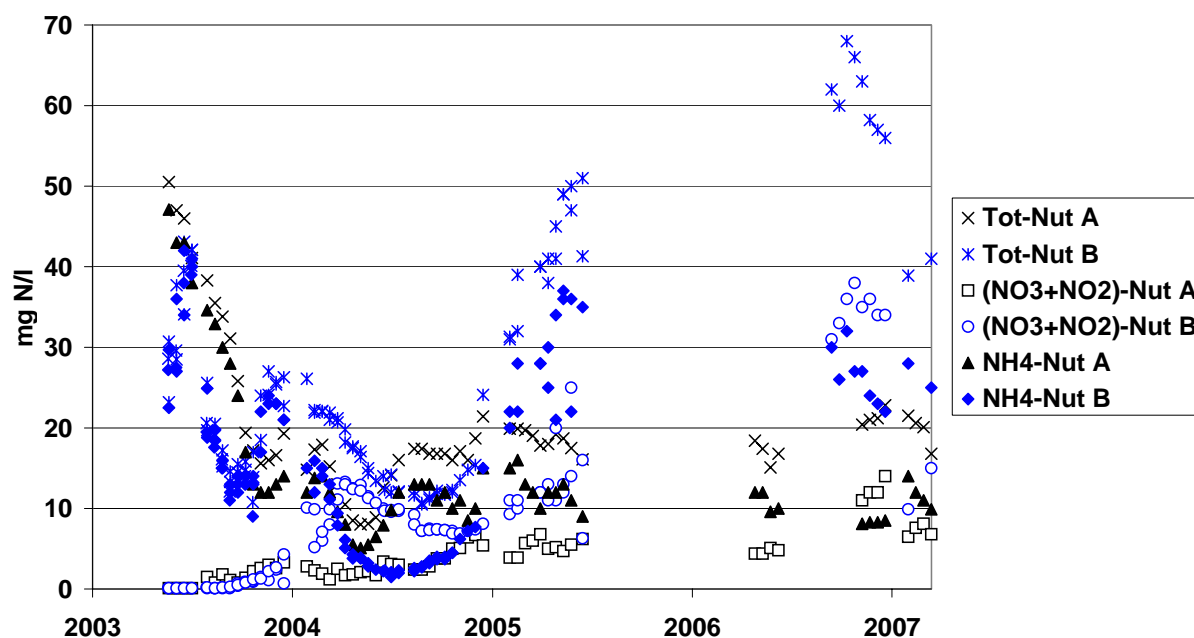
Utgående halter av totalfosfor och fosfatfosfor i anläggning A och B har under den största delen av tiden varit 0,02 respektive 0,01 mg P/l (Figur 75). I anläggning B låg halterna fortfarande 2006 och 2007 på dessa låga värden så när som på ett provtagningstillfälle i början av 2007 då vattnet i provtagningsbrunnen började frysa. Detta värde är därför troligtvis inte helt representativt. Anläggning A uppvisar däremot en statistiskt säkerställd ökning av utgående halter. De högsta halterna återfinns i början av 2007 med värden strax under 1,0 mg P/l. Uppgången i utgående halter från anläggning A kan sannolikt förklaras av att det relativt stora inläckaget av dag- och dränvatten orsakar en urspolning av kalciumjoner från markbädden.



Figur 75. Halt av total- och fosfatfosfor efter markbädd. Filtralites anläggning A och B.

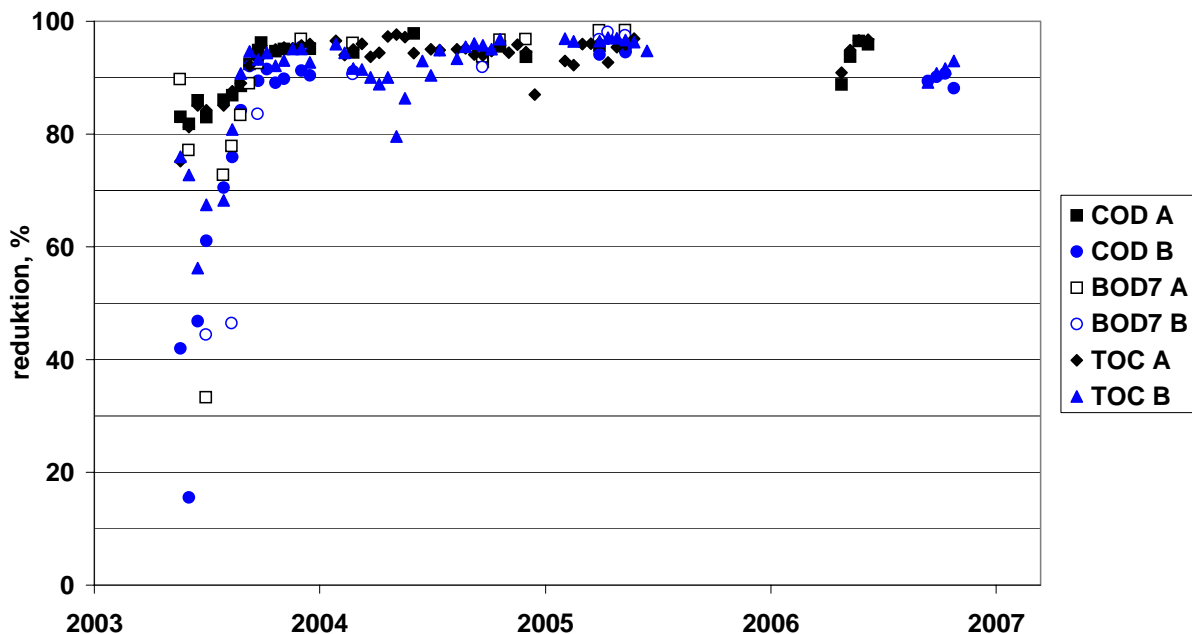
Den långsamma tillväxten av biohud innebar även att det tog lång tid innan höggradig nitrifikation erhöles i biobädden, vilket inledningsvis resulterade i höga utgående ammoniumhalter (Figur 76). Under 2004 dämdes den nedre delen av biobädden i anläggning A upp, vilket medförde försämrade nitrifikation och därmed högre utgående halter ammoniumkväve.

Efter det att biohuden i biobäddarna var fullt utvecklad har kvävehalterna i utgående avloppsvatten från anläggning A legat på 8 - 22 mg N/l, 5 - 16 mg NH<sub>4</sub>/l och 1 - 14 mg NO<sub>3</sub>-N/l. I anläggning B låg utgående kvävehalter på 10 - 68 mg N/l, 2 - 37 mg NH<sub>4</sub>/l och 1 - 38 mg NO<sub>3</sub>-N/l (Figur 76). Under 2004 var utgående halter relativt låga i anläggning B, men steg kraftigt under 2005 och var relativt höga under 2006. De höga ammoniumhalterna visar att biobäddarnas nitrifikationskapacitet av någon anledning försämrades. Orsaken till detta har dock inte kunnat klarläggas. Till viss del förklaras ökningen av utgående halter av att inkommande halter ökade (Figur 73). Reduktionsgraden försämrades dock successivt från 2004 och tills slutet på utvärderingsperioden 2006 (Figur 78).



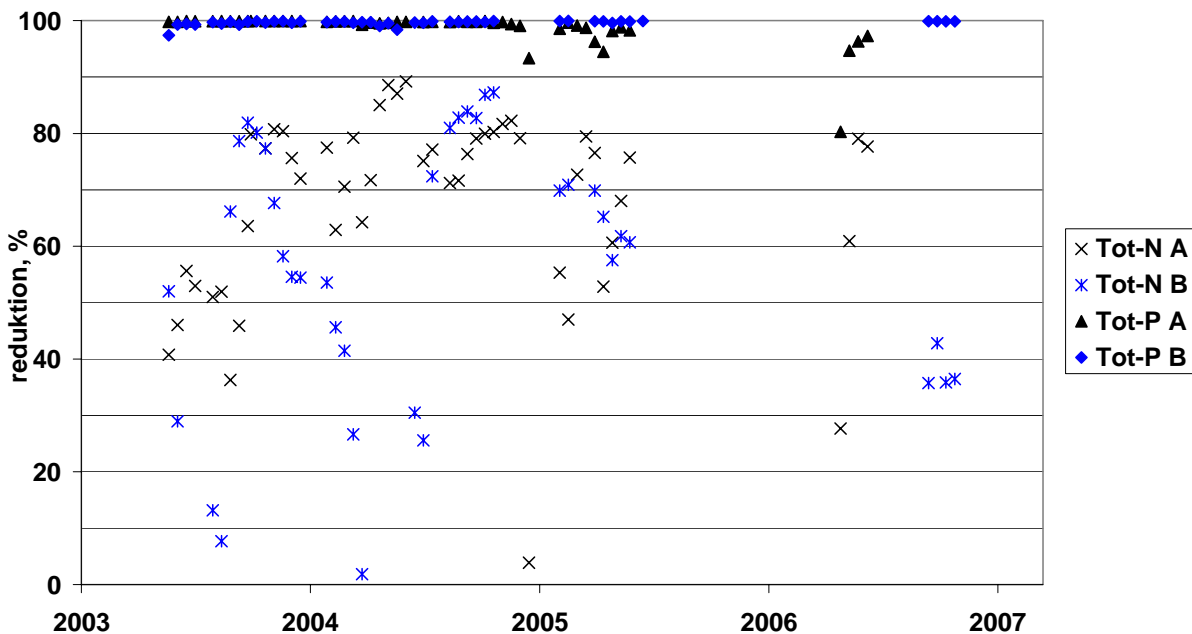
Figur 76. Halt av kväve och kvävefraktioner efter markbädd. Filtralites anläggning A och B.

Reduktionen av organiskt material har varit god, vanligtvis > 90 % i båda anläggningarna efter det att biohuden i biobädden var fullt utvecklad hösten 2003 (Figur 77).



Figur 77. Reduktion med avseende på organiskt material över hela anläggningen (slamavskiljare, biobädd och markbädd). Filtralites anläggning A och B.

Reduktionen av totalfosfor har varit mycket god i båda anläggningarna med värden vanligtvis på > 98 % (Figur 78). Kvävereduktionen ligger efter hösten 2003 oftast på > 50 % i båda anläggningarna, förutom under 2006 i anläggning B där reduktionen av totalkväve legat på 36 - 43 % på grund av höga utgående halter, och under första halvåret 2004 där kvävereduktionen i anläggning B legat klart under 50 % på grund av låga halter i slamavskilt avloppsvatten. I det senare fallet blir reduktionen låg trots att utgående kvävehalter har varit låga.



Figur 78. Reduktion med avseende på kväve och fosfor över hela anläggningen (slamavskiljare, biobädd och markbädd). Filtralites anläggning A och B.

I Tabell 26 redovisas reduktionen som medianvärden i anläggningarna under olika perioder. Huvuddelen av fosforreduktionen sker i markbädden medan huvuddelen av det organiska materialet reduceras i biobäddarna (se bilaga 4). Kvävereduktion sker i huvudsak genom nitrifikation i biobäddarna och denitrifikation i markbädden.

Tabell 26. Reduktion i % som medianvärden för Filtraliteanläggningarna A och B under perioderna 2003/2004 - 2007.

| %<br>reduktion | COD |           | BOD <sub>7</sub> |           | TOC |           | Tot-N |       | Tot-P |       |
|----------------|-----|-----------|------------------|-----------|-----|-----------|-------|-------|-------|-------|
|                | 03  | 04-<br>07 | 03               | 04-<br>07 | 03  | 04-<br>07 | 03    | 04-07 | 03    | 04-07 |
| A              | 90  | 95        | 83               | 97        | 92  | 95        | 56    | 76    | 99,9  | 99,6  |
| B              | 87  | 91        | 44               | 97        | 92  | 95        | 55    | 54    | 99,7  | 99,8  |

#### 4.7.3 Sammanfattande bedömning

Anläggningarna som helhet har klarat uppställda krav på 90 % reduktion med avseende på BOD<sub>7</sub>, COD, TOC och fosfor. Även om det förekommit störningar när det gäller kvävereningen görs bedömningen att denna typ av anläggningar kan klara kravet på 50 % kvävereduktion.

Fosforreduktionen har varit mycket hög, över 99 %, under den studerade perioden. Dock märks en tydlig uppgång i utgående halter från en av anläggningarna. Detta indikerar att den förväntade livslängden på filtermaterialet på 15 år eventuellt överskattats. Fortsatta mätningar är nödvändiga för att utvärdera detta.

Stickprov på utgående avloppsvatten för analys av bakteriehalter visar att anläggningarna har klarat gränsvärdet för badvattenkvalitet med bred marginal. En kombination av god filtrering och högt pH med avdödande effekt har medfört att bakteriehalterna hela tiden har legat under detektionsgränsen.

Anläggningarna har uppvisat stabil drift.

## 5 RESULTATSAMMANFATTNING

### 5.1 RENINGSEFFEKT

#### 5.1.1 Allmänt

Reduktionsgraden i detta avsnitt är presenterade som medianvärden. Dessa kan anses mer representativa eftersom problem vid provtagningen eller en driftstörning som inte hänför sig till anläggningens prestanda kan ge, framförallt, onormalt höga värden men också onormalt låga värden. Reduktionsgrader som medelvärden redovisas i bilaga 4.

#### 5.1.2 Utgående koncentrationer av organiskt material, fosfor, kväve och ammoniumkväve

Under en startperiod, med tillväxt av biohud på biobäddsmaterial eller markbäddsmaterial, uppodling av aktivt slam eller mekaniska och programmessiga justeringar, har de flesta anläggningarna uppvisat högre utgående halter. Efter denna startperiod, har resultaten i de flesta anläggningarna förbättrats betydligt. I tabellerna nedan är resultaten uppdelade i år 2000, år 2001 - 2002 och 2003 - 2007. Filtralite, som inte startades förrän i slutet av 2002, är uppdelade i perioderna 2003 och 2004 - 2007.

Samtliga anläggningar uppvisar generellt låga, eller mycket låga, utgående halter av syreförbrukande ämnen (Tabell 27). Vissa anläggningar har emellertid periodvis haft vissa störningar, till exempel slamflykt ifrån Biovacs anläggningar eller otillräcklig syresättning (vilket inledningsvis var fallet för Upoclean). Noterbart är att utgående halter från de markbäddar där den hydrauliska kapaciteten testades 2002 uppvisar högre halter under den efterföljande utvärderingsperioden.

Klart lägst utgående kvävehalter uppvisar de källsorterande systemen där medianvärdet för utgående halter legat under 10 mg N/l. BB Innovations, Wost Man Ecologys och EkoTreats anläggningar håller under i stort sett hela undersökningstiden utgående halter under 5 mg NH<sub>4</sub>-N/l (Tabell 28).

Filtraliteanläggningarna uppvisar lägst utgående fosforhalter med ett medianvärde < 0,1 mg P/l. Även EkoTreatanläggningarna samt Upoclean har låga utgående fosforhalter med medianvärden < 0,5 mg P/l (Tabell 28).



Tabell 27. Utgående halter av syreförbrukande ämnen från anläggningarna som medianvärden i mg/l under inledningen av huvudprojektet 2000, under senare delen av huvudprojektet 2001 - 2002 och under uppföljningsperioden 2003 - 2007.

|                        | COD  |       |       | BOD <sub>7</sub> |       |       | TOC  |       |       |
|------------------------|------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|-------|-------|
|                        | 2000 | 01-02 | 03-07 | 2000             | 01-02 | 03-07 | 2000 | 01-02 | 03-07 |
| Biovac A               | 110  | 70    | 39    | 28               | 9     |       |      |       | 10    |
| Biovac B               |      | 57    | 73    |                  | 4     |       |      |       | 21    |
| Upoclean               | 150  | 67    | 55    | 47               | 11    |       |      |       | 15    |
| BioTrap                | 39   | 32    | 40    | 4                | < 3   |       |      |       | 6,9   |
| WM A                   | 42   | 61    | 57    | 6                | 4     |       |      |       | 15    |
| WM B                   | 58   | < 30  | 28    | 31               | < 3   |       |      |       | 6,7   |
| BB A                   | < 30 | < 30  | 33    | < 3              | < 3   |       |      |       | 10    |
| BB B                   | < 30 | < 30  | 53    | < 3              | < 3   |       |      |       | 16    |
| EkoT. A                | < 30 | < 30  | 42    | < 3              | < 3   |       |      |       | 8,2   |
| EkoT. B                |      | 31    | 56    |                  | < 3   |       |      |       | 17    |
| EkoT. C                |      | < 30  | 43    |                  | < 3   |       |      |       | 9,4   |
| Filtra. A <sup>1</sup> |      | 61    | 28    |                  | 46    | 10    |      | 16    | 7,9   |
| Filtra. B <sup>1</sup> |      | 33    | < 25  |                  | 21    | 5     |      | 7,4   | 4,3   |

<sup>1</sup> Period 2 är år 2003 och period 3 är 2004 - 2007 för Filtraliteanläggningarna.

EkoT. = EkoTreat. Filtra. = Filtralite.

Tabell 28. Utgående halter av kväve och fosfor från anläggningarna som medianvärden i mg/l under inledningen av huvudprojektet 2000, under senare delen av huvudprojektet 2001 - 2002 och under uppföljningsperioden 2003 - 2007.

|                        | Tot-P |       |       | Tot-N |       |       | NH <sub>4</sub> -N |       |       |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|-------|-------|
|                        | 2000  | 01-02 | 03-07 | 2000  | 01-02 | 03-07 | 2000               | 01-02 | 03-07 |
| Biovac A               | 2,8   | 1,9   | 0,91  | 71    | 60    | 31    | 41                 | 38    | 7,7   |
| Biovac B               |       | 2,2   | 2,5   |       | 52    | 66    |                    | 19    | 7,1   |
| Upoclean               | 0,66  | 0,52  | 0,30  | 35    | 23    | 23    | 31                 | 17    | 13    |
| BioTrap                | 9,2   | 1,2   | 1,5   | 31    | 35    | 33    | 15                 | 25    | 1,3   |
| WM A                   | 4,4   | 9,6   | 3,6   | 15    | 7,0   | 7,4   | 0,5                | < 0,1 | < 0,5 |
| WM B                   | 1,3   | 0,73  | 1,6   | 1,8   | 5,2   | 3,4   | < 0,1              | 0,3   | < 0,5 |
| BB A                   | 0,41  | 0,50  | 0,39  | 7,2   | 9,2   | 7,6   | 0,2                | 0,2   | < 0,5 |
| BB B                   | 1,6   | 4,2   | 6,2   | 12    | 9,8   | 9,8   | 0,3                | 2,0   | < 0,5 |
| EkoT. A                | 0,04  | 0,03  | 0,24  | 22    | 30    | 32    | 14                 | 4,9   | 4,9   |
| EkoT. B                |       | 0,12  | 0,83  |       | 58    | 57    |                    | 7,6   | 4,7   |
| EkoT. C                |       | 0,41  | 0,27  |       | 50    | 70    |                    | 2,0   | 15    |
| Filtra. A <sup>1</sup> |       | 0,01  | 0,08  |       | 31    | 17    |                    | 28    | 11    |
| Filtra. B <sup>1</sup> |       | 0,01  | 0,02  |       | 21    | 22    |                    | 20    | 11    |

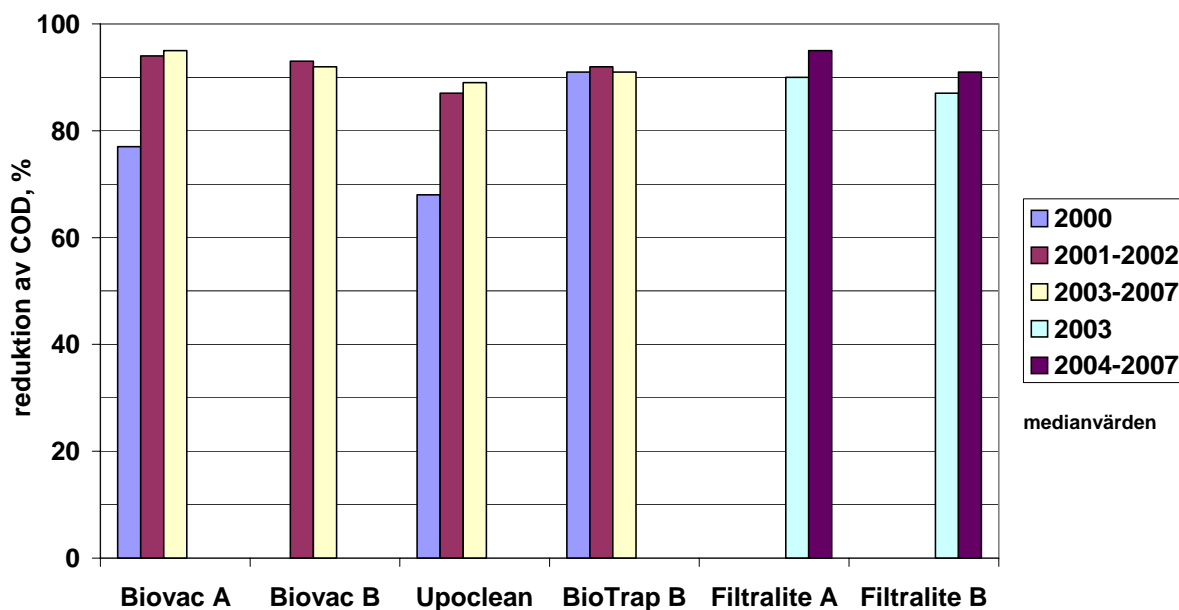
<sup>1</sup> Period 2 är år 2003 och period 3 är 2004 - 2007 för Filtraliteanläggningarna.

EkoT. = EkoTreat. Filtra. = Filtralite.

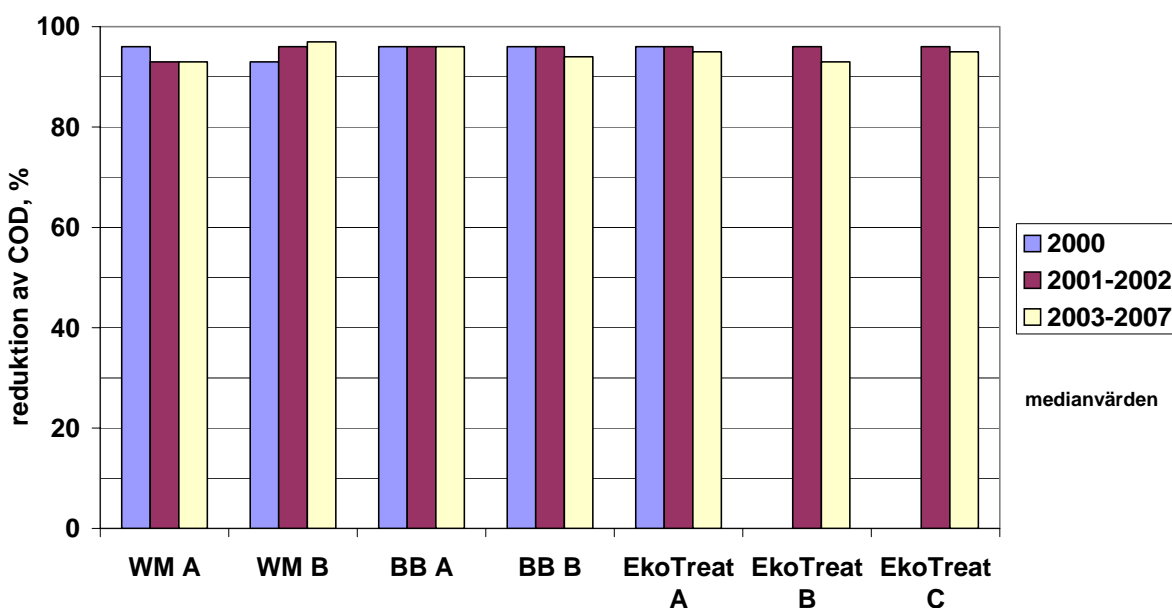
Motsvarande medelvärden presenteras i bilaga 5. Medianvärden bedöms dock mer rättvisande här eftersom ett onormalt högt värde på grund av problem med analysen eller provtagningen oftast medför att medelvärdet inte är representativt. Det kan vid vissa tillfällen bli starkt missvisande. Vid några tillfällen kan dock medelvärdet vara mer representativt, som vid återkommande driftstörningar i form av exempelvis slamflykt.

### 5.1.3 Reduktion av organiskt material

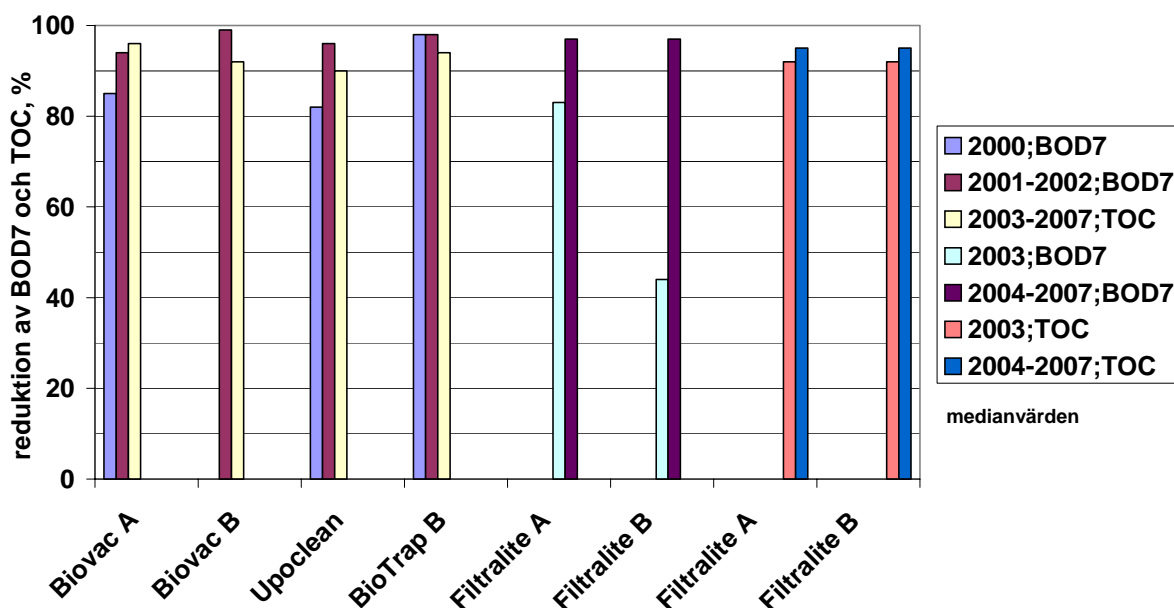
Generellt förbättras reningsresultaten med tiden enligt diskussionen ovan (se avsnitt ”5.1.2 Utgående koncentrationer av organiskt material, fosfor, kväve och ammoniumkväve”). Samtliga anläggningar klarade, efter startperioden, en reduktion på 90 % av organiska ämnen (Figur 79 - Figur 82). Upoclean ligger visserligen på gränsen, men anläggningen har under drift visat sig vara mycket stabil. BOD<sub>7</sub>-reduktionen låg på 96 % under 2001 - 2002, den sista perioden, då BOD<sub>7</sub>-analyser utfördes, och TOC-reduktionen låg på 90 % under 2003 - 2007. Upoclean har därmed visat potential att klara 90 % reduktion av organiska ämnen.



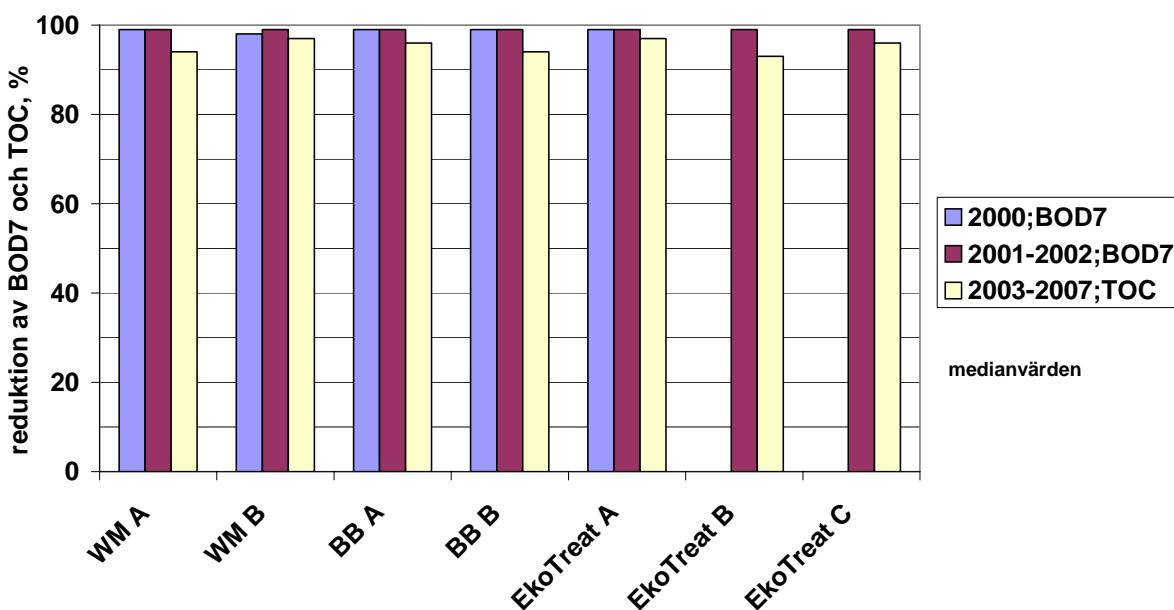
Figur 79. Reduktion av COD i % under olika perioder över hela anläggningen.



Figur 80. Reduktion av COD i % under olika perioder över hela anläggningen.



Figur 81. Reduktion av BOD<sub>7</sub> och TOC i % under olika perioder över hela anläggningen.



Figur 82. Reduktion av BOD<sub>7</sub> och TOC i % under olika perioder över hela anläggningen.

#### 5.1.4 Reduktion av fosfor

Många anläggningar klarar, efter startperioden, en reduktion på 90 % totalfosfor (Figur 83 och Figur 84).

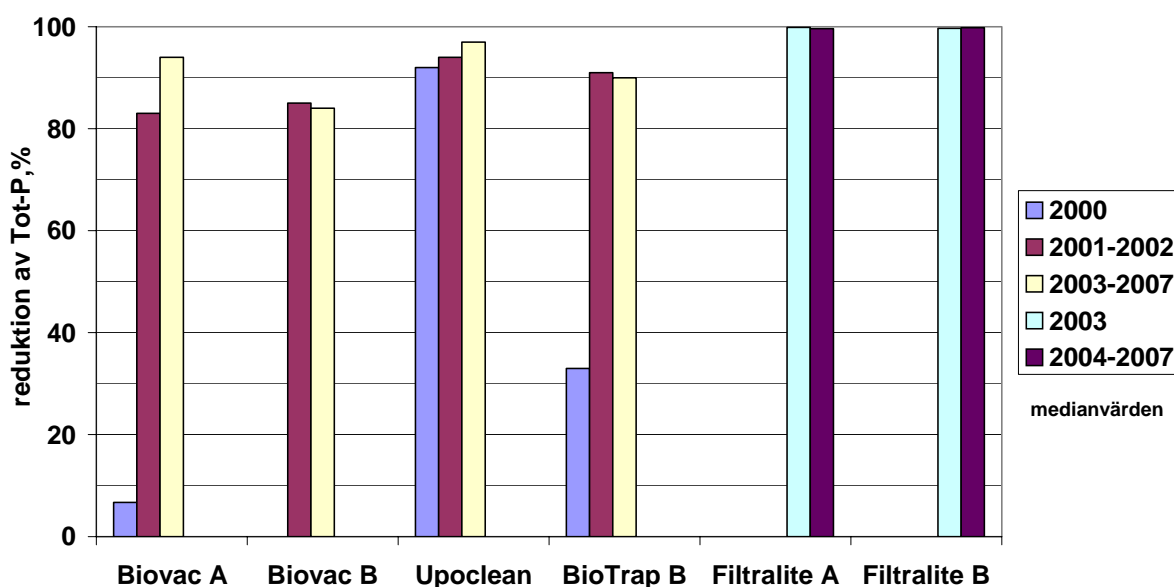
Av minireningsverken har både Biovac A och Biovac B under långa tider haft problem med slamflykt, troligen på grund av för lågt överskottsslamuttag. Biovac A klarar 90 % fosforreduktion under perioden 2003 – 2007, men för övrigt har Biovacanläggningarna inte klarat kravet på 90 % fosforreduktion. Upoclean klarar med god marginal 90 % fosforreduktion. Förutom startåret 2000, då en tidigare version av BioTrap användes, har

BioTrap haft en fosforreduktion på 90 % 2003 - 2007, och 2001 – 2002 låg reduktionen på 91 %.

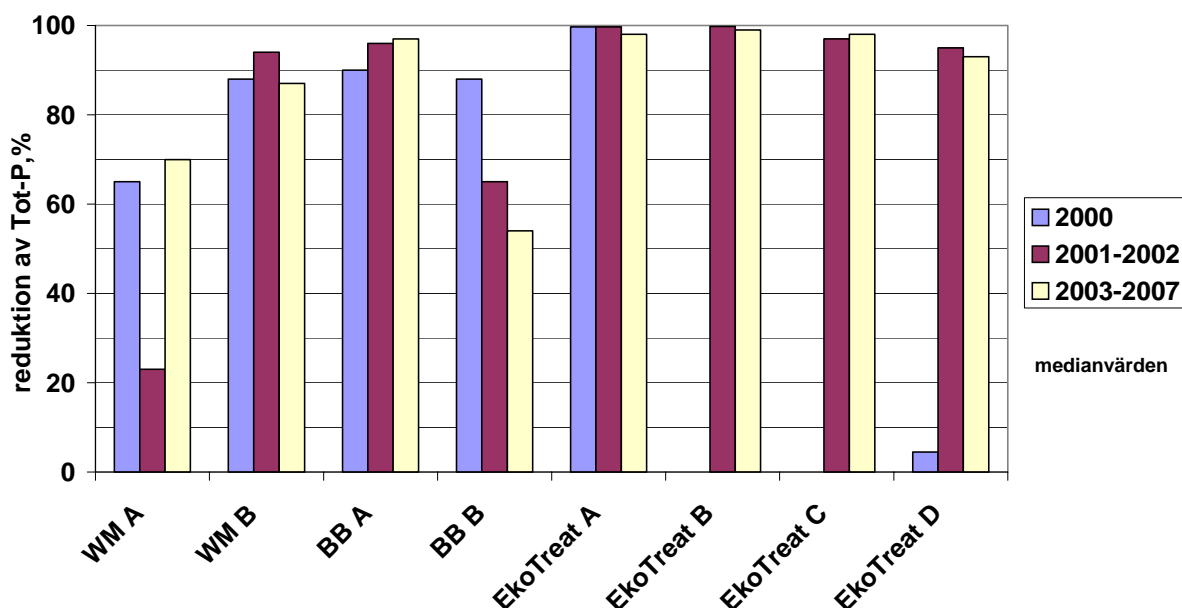
För de källsorterande anläggningarna, Wost Man Ecology och BB Innovation, är spridningen på reningsresultatet relativt stor. Resultaten indikerar att anläggningarna har potential att klara 90 % fosforreduktion, men det förutsätter dock att fosforfria tvätt-, disk- och rengöringsmedel används och att källsorteringen sker som avsett. Vidare visar den avtagande reduktionsgraden för BB Innovation B att det är osäkert om det under en längre period går att erhålla en hög reduktionsgrad med enbart slamavskiljare och markbädd som komplement till urinsortering.

EkoTreatanläggningarna klarade med god marginal 90 % fosforreduktion. Båda Filtraliteanläggningarna klarade mer än 99 % fosforreduktion.

En observation som gjorts när det gäller kemikaliedoseringen är att det varit väsentligt fler problem och bristfällig funktion då membranpumpar använts för att dosera kemikalier. Bäst funktion har anläggningar med slangpumpar uppvisat. Även den typ av luftpump som Upoclean använder har fungerat tillfredsställande.



Figur 83. Reduktion av totalfosfor i % under olika perioder över hela anläggningen.



Figur 84. Reduktion av totalfosfor i % under olika perioder över hela anläggningen. För EkoTreat anläggning D över slamavskiljaren.

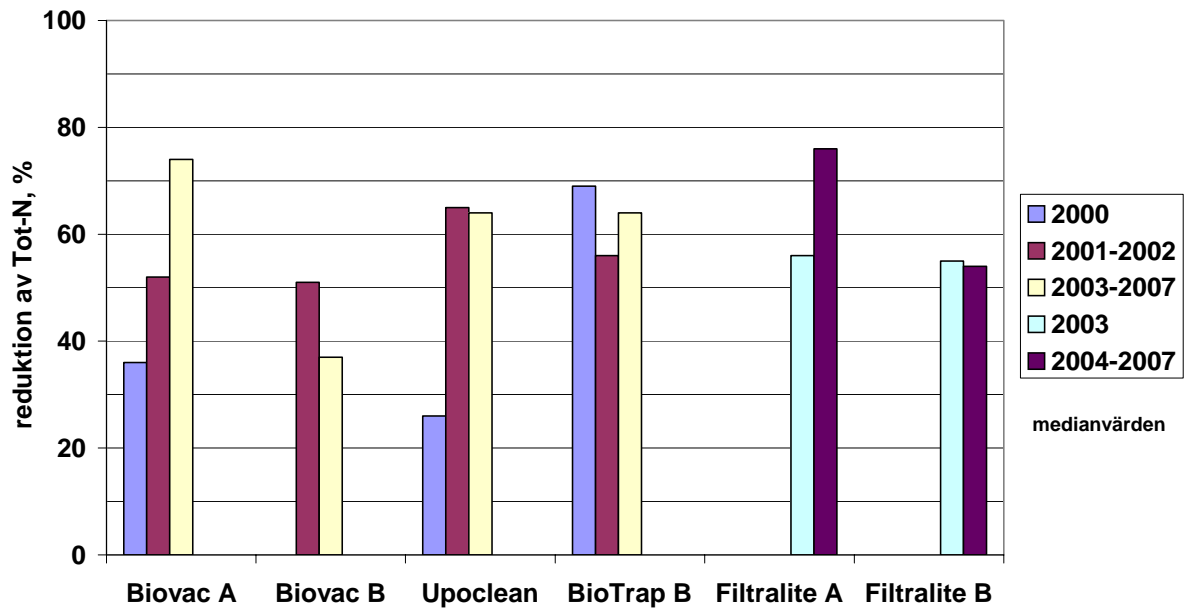
### 5.1.5 Reduktion av kväve

De flesta anläggningarna klarade 50 % kvävereduktion (Figur 85 och Figur 86).

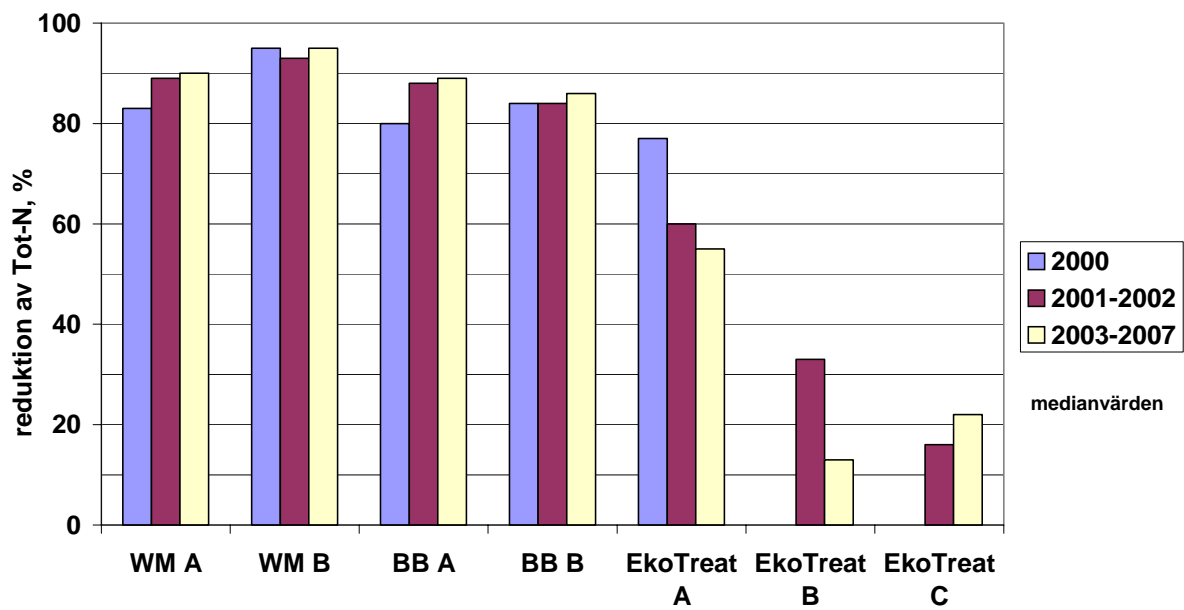
Alla minireningsverk utom Biovac B klarade efter startperioden 50 % kvävereduktion. Biovac B hade dels problem med slamflykt men också för låg denitrifikationsgrad för att klara 50 % kvävereduktion.

De källsorterande anläggningarna hade en kvävereduktion på över 80 % om endast de lokala utsläppen beaktas. Detta förklaras av att en stor del av kvävet avskiljs med urinen i BB Innovations anläggningar och att nästan allt kväve samlas upp i klosettavloppstanken i West Man Ecologys anläggningar.

EkoTreatanläggningarna hade överlag svårt att nå 50 % kvävereduktion, i huvudsak beroende på avsaknaden av tillräcklig denitrifikation. Filtraliteanläggningarna klarade emellertid 50 % kvävereduktion. I dessa anläggningar finns också en väl tilltagen syrefri volym där det uppenbarligen finns förutsättningar för denitrifikation.



Figur 85. Reduktion av totalkväve i % under olika perioder över hela anläggningen.



Figur 86. Reduktion av totalkväve i % under olika perioder över hela anläggningen.

## **5.2 DRIFTSERFARENHETER**

### **5.2.1 Minireningsverk**

Med erfarenheter från driften av minireningsverken dras följande slutsatser:

- Regelbunden, professionell, tillsyn är nödvändig.
- Larmfunktioner, eller andra tydliga indikatorer på om processen fungerar, måste utvecklas.
- Säkra rutiner för slamtömning och påfyllning av fällningskemikalier måste finnas.
- Serviceavtal är nödvändiga.

### **5.2.2 Sorterande anläggningar**

Med erfarenheter från driften av de sorterande anläggningarna dras följande slutsatser:

- Det krävs att brukarna använder fosforfria tvätt-, disk- och rengöringsmedel.
- Säkra rutiner för slamtömning och tömning av urintank och klosettavloppstank måste finnas.

### **5.2.3 Kemisk fällning och markbädd**

Med erfarenheter från driften av markbäddar kompletterade med kemisk fällning dras följande slutsatser:

- Regelbunden tillsyn är nödvändig.
- Larmfunktioner, eller andra tydliga indikatorer på om doseringen fungerar, bör utvecklas.
- Säkra rutiner för slamtömning och påfyllning av fällningskemikalier måste finnas.
- Serviceavtal är nödvändiga.

### **5.2.4 Filterbäddar med fosforbindande material**

Med erfarenheter från driften av filterbäddar med fosforbindande material dras följande slutsatser:

- Tillsyn av biobäddspumpen är nödvändig.
- Säkra rutiner för slamtömning måste finnas.

### 5.3 HUR HAR ANLÄGGNINGARNA KLARAT KRAVEN?

Hur de olika anläggningarna klarat uppställda krav sammanfattas i Tabell 29.

Samtliga anläggningar har klarat kravet på 90 % **BOD-reduktion**, och samtliga anläggningar har klarat eller har visat att man kan klara kravet på 90 % **fosforreduktion**. Kravet på 50 % **kvävereduktion** har dock inte alla anläggningar med kemisk fällning och markbädd klarat. Vidare var det ett av minireningsverken som inte klarade 50 % kvävereduktion. Gemensamt för dessa anläggningar var att de hade fungerande nitrifikation, men saknade tillräcklig denitrifikation. Samtliga markbäddar har haft långt gående nitrifikation och utsläppen av ammoniumkväve har varit låga, < 5 mg NH<sub>4</sub>-N/l. För minireningsverken har graden av nitrifikation varierat och det var endast BioTrap som klarade att reducera ammoniumhalterna till < 5 mg NH<sub>4</sub>-N/l.

Tabell 29. Kravuppfyllelse med avseende på reduktion av syreförbrukande och eutrofierande ämnen. +++ = Betydligt bättre än kraven (MVG), ++ = Har klarat kraven (VG), + = Har klarat kraven periodvis, har bevisat potentialen (G), - = Har ej klarat kraven (U).

|                  | BOD <sub>7</sub><br>> 90 % | P<br>> 90 % | N<br>> 50 % | NH <sub>4</sub> -N<br>< 5 mg/l |
|------------------|----------------------------|-------------|-------------|--------------------------------|
| Biovac           | ++                         | +           | +           | -                              |
| Upoclean         | ++                         | ++          | ++          | -                              |
| BioTrap          | ++                         | +           | +++         | +(+)                           |
| Wost Man Ecology | +++                        | +           | +++         | +++                            |
| BB Innovation    | +++                        | +           | +++         | +++                            |
| EkoTreat         | +++                        | +++         | +           | +(+)                           |
| Filtralite       | +++                        | +++         | +(+)        | -                              |



## 6 SLUTSATSER

### 6.1 ALLMÄNT

Generellt för samtliga anläggningar gäller att de visat att de har potential att klara de krav som ställts för ”Bra Små Avlopp”. För att säkerställa att anläggningarna klarar de uppställda kraven krävs fungerande organisationer för tillsyn och drift. För att de sorterande anläggningarna ska ge låga utsläpp krävs att fosforfria tvätt-, disk- och rengöringsmedel används samt att urinen sorteras rätt i de urinseparerande toaletterna.

### 6.2 MINIRENINGSVERK

De viktigaste slutsatserna beträffande minireningsverken är:

- Det finns processtekniska lösningar som möjliggör god reduktion av syreförbrukande och eutrofierande ämnen och som, ur utsläppssynpunkt, är ett bättre alternativ än ”konventionella” markbäddar. Anläggningarna kräver dock regelbunden tillsyn samt professionell personal för service, underhåll och teknisk support.
- Kemikaliedoseringen är kritisk för att erhålla en god fosforreduktion. För flera anläggningar har doseringsutrustningen fallerat. För vissa anläggningar har dosering av fällningsmedel varit otillräcklig. Under projekttiden har emellertid de flesta tillverkarna förbättrat prestandan på utrustningen så att driftsäkerheten är acceptabel, förutsatt att det finns en fungerande regelbunden tillsyn av anläggningarna.
- Regelbunden, professionell, tillsyn är nödvändig. Att teckna ett långsiktigt serviceavtal i samband med installation borde därför vara ett obligatorium.
- Larmfunktioner, eller andra tydliga indikatorer på om processen fungerar, måste utvecklas.
- Säkra rutiner för slamtömning och påfyllning av fällningskemikalier måste finnas.

### 6.3 SORTERANDE ANLÄGGNINGAR

De viktigaste slutsatserna för de sorterande anläggningarna är:

- Kombinationen av konventionella markbäddar och urinsortering såväl som slutna tank tillsammans med lokal BDT-vattenrening har uppvisat goda resultat med avseende på syreförbrukande ämnen och kväve. Av de studerade systemen är det denna typ av anläggningar som ger de lägsta kväveutsläppen lokalt.
- För att garantera små utsläpp av fosfor krävs att tvätt-, disk- och rengöringsmedel inte innehåller fosfor. De små markbäddarna (6 m<sup>2</sup>) som används för BDT-vattenrening har en mycket begränsad fosforrenerande förmåga. De markbäddar som är anslutna till de urinsorterande anläggningarna är relativt stora (ca 50 m<sup>2</sup>), men för en av anläggningarna har fosforreduktionen försämrats under projekttiden och klarar inte längre målet på 90 % fosforreduktion.
- Säkra rutiner för slamtömning och tömning av svartvattentank och urintank måste finnas.

### 6.4 KEMISK FÄLLNING OCH MARKBÄDD

De viktigaste slutsatserna för system med markbäddar kompletterade med kemisk fällning är:

- Anläggningarna gav mycket god reduktion med avseende på organiskt material och fosfor. Då kemikaliedoseringen inte fungerade sjönk reduktionsgraden för fosfor något, men kombinationen med markbädd innebar att effekten inte blev lika kraftig som för minireningsverken.

- Anläggningarna kräver regelbunden tillsyn samt professionell personal för service, underhåll och teknisk support. Att teckna ett långsiktigt serviceavtal i samband med installation borde därför vara ett obligatorium.
- Larmfunktioner, eller andra tydliga indikatorer på om doseringen fungerar, bör utvecklas.
- Säkra rutiner för slamtömning och påfyllning av fällningskemikalier måste finnas.
- Ett billigt alternativ om det redan finns en fungerande markbädd eller infiltrationsanläggning.

## **6.5 FILTERBÄDDAR MED FOSFORBINDANDE MATERIAL**

De viktigaste slutsatserna för system med filterbäddar med fosforbindande material är:

- Anläggningarna gav mycket god reduktion med avseende på organiskt material och fosfor. Det finns dock en tendens att fosforreduktionen försämrats mot slutet av utvärderingsperioden, vilket innebär att det på längre sikt kan bli svårt att klara målet på 90 % fosforreduktion. Tanken är i och för sig att materialet i markbädden ska mättas på fosfor och därefter bytas ut. Det är dock i nuläget svårt att bedöma om den förväntade livslängden kommer att uppnås, varför fortsatt uppföljning är nödvändig.
- Säkra rutiner för slamtömning måste finnas.

## **6.6 PROJEKTET**

Även om denna rapport betonar utvärderingen av anläggningarna så bör det påpekas att projektet i hög utsträckning även varit ett teknikutvecklings- och utbildningsprojekt. Flera av leverantörerna har modifierat och avsevärt förbättrat sina produkter under projektets gång. Den intensiva uppföljningen av driftserfarenheter från anläggningarna har gett såväl leverantörer som utvärderare ökad kunskap om vad som krävs för att få fram småskaliga avloppslösningar som är bra.

## 7 REFERENSER

Føllesdal, M. 2005. Wastewater Treatment in Filter Beds. Common Report from all Pilot Plants. NI Project 02056. maxit Group AS, 2005.

Hellström, D., Jonsson, L., 2005. Wastewater Treatment in Filter Beds. Evaluation of two onsite treatment plants. Stockholm Vatten rapport nr 10, juli 2005.

Hellström, D., Jonsson, L., Sjöström, M., 2003. Bra Små Avlopp. Slutrapport. Utvärdering av 15 enskilda avloppsanläggningar. Stockholm Vatten rapport nr 13, juni 2003.

Naturvårdsverket, 1995. *Vad innehåller avlopp från hushåll?* Rapport 4425. Naturvårdsverket förlag, Stockholm.

Naturvårdsverkets författningssamling, 2006. *Naturvårdsverkets allmänna råd om små avloppsanordningar för hushållspillvatten.* NFS 2006:7. Naturvårdsverket förlag, Stockholm.

Pell, M., 1991. *Microbiology and nitrogen transformations in sand-filter systems for treatment of household septic-tank effluents.* Dissertation, Swedish University of Agricultural Science, Report 48.

Sjöström, M., 2003. Minireningsverks funktion samt markbäddars hydrauliska kapacitet och fosforbindande förmåga, Examensarbete, Luleå Tekniska Universitet, 2003:161 CIV.

Sundström, M., 2000. Tvätt- och diskmedel i BDT-vatten: Tvätt- och diskmedlens påverkan på fosforhalten i BDT-vatten. Ett försök utfört i bostadsområdet Vibyåsen i Sollentuna. Rapport från VERNA Ekologi och Miljökonsult AB.

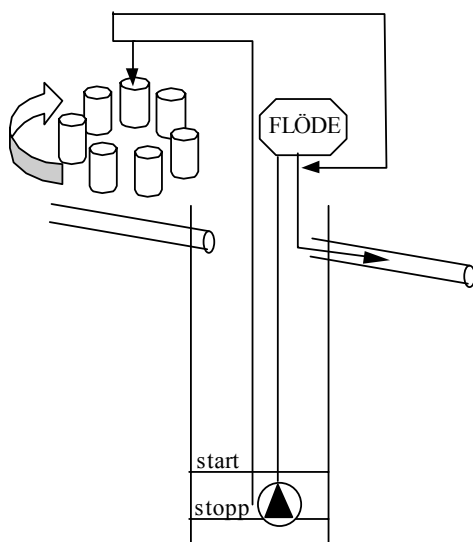
Westlie, L., 1997. Rensing av gråvann i kompakte filtre for boliger og hytter – Erfaringer med bruk av Leca lettklinker som filtermateriale, Jordforsk rapport 140/97.

## BILAGA 1: MEDVERKANDE LEVERANTÖRER

| Företag   | Kontaktperson  |
|---|--|
| Baga Water Technology<br>Fiskhamnen 3<br>371 37 Karlskrona<br>webbadress: www.baga.se   | Patrik Ellis<br>Tel./Mobil: 0455 - 61 61 52<br>E-post: patrik.ellis@baga.se<br>Bert Gustafsson<br>Tel./Mobil: 0455 - 61 61 54<br>Fax: 0455 - 205 46            |
| BB Innovation & Co AB<br>Marbäck Gåseryd Prästgård<br>578 94 Aneby<br>Tel.: 0380 - 421 03<br>E-post: bb.innovation@dubblatten.nu<br>webbadress: www.dubblatten.nu | Bobby Bogdan Mrozowski<br>Bibbi Söderberg<br>Tel.: 0380 - 421 03<br>E-post: bibby@dubblatten.nu<br>E-post: bobby@dubblatten.nu<br>Fax: 0380 - 421 01           |
| EkoTreat<br>Tjusta<br>197 93 Bro<br>Tel.: 08 - 58 48 07 60<br>E-post: info@ekotreat.se<br>webbadress: www.ekotreat.com  | Sten-Åke Carlsson<br>Tel.: 08 - 58 48 07 60<br>Mobil: 070 - 536 23 07<br>E-post: post@vrab.se<br>E-post: sac@ekotreat.se<br>Fax: 08 - 58 48 07 71              |
| Ifö Sanitär AB<br>Avdelning EcoTrap<br>Box 140<br>295 22 Bromölla<br>Tel.: 0456 - 481 15<br>E-post: ecotrap@ifo.se<br>webbadress: www.ifosanitar.com              | Hans Tjörnvik<br>Tel.: 0456 - 481 15<br>E-post: hans.tjornvik@ifo.se<br>Stefan Berg<br>Tel.: 0456 - 481 13<br>E-post: stefan.berg@ifo.se<br>Fax: 0456 - 481 25 |
| maxit as<br>Boks 216 Alnabru<br>NO-0614 Oslo, Norge<br>Tel.: +47 22 88 77 00<br>E-post: info@maxit.no<br>webbadress: www.filtralite.com                           | Dag Tarje Høiby<br>Tel.: +47 22 88 77 78<br>Mobil: +47 99 10 15 11<br>E-post: dag.tarje.hoiby@maxit.no<br>Fax: +47 22 64 54 54                                 |
| Miljö och Bioteknik - Biovac<br>Box 2120<br>141 02 Huddinge<br>Tel.: 08 - 608 21 60<br>webbadress: www.biovac.se  | Jan Ericson<br>Tel.: 08 - 608 21 60<br>Mobil: 070 - 483 59 51<br>E-post: jan@mob.se<br>Fax: 08 - 779 80 42   |
| Uponor Infrastruktur<br>513 81 Fristad<br>Tel.: 033 - 17 25 00<br>E-post: infrastruktur.se@uponor.com<br>webbadress: www.uponor.com                               | Stellan Pettersson<br>Tel.: 033 - 17 26 09<br>Mobil: 070 - 528 26 09<br>E-post: stellan.pettersson@uponor.com<br>Fax: 033 - 17 26 17                           |
| Wost Man Ecology AB<br>Sprängarvägen 18<br>132 38 Saltsjö-Boo<br>Tel.: 08 - 715 13 20<br>E-post: info@wostman.se<br>webbadress: www.wost-man-ecology.se           | Bengt Ström<br>Tel.: 08 - 715 13 20<br>E-post: info@wostman.se<br>Fax: 08 - 715 13 21  |

## BILAGA 2: PROVTAGNINGSFÖRFARANDE

När så varit möjligt har utrustning för automatisk provtagning för inkommande slamavskilt avloppsvatten och utgående behandlat avloppsvatten använts. Provtagaren för inkommande avloppsvatten är flödesstyrd och prov tas när en förutbestämd nivå, motsvarande ungefär sex liter vätska, uppnåtts i mätbrunnen (figur 87). I samband med provtagningen har även flödet registrerats. Efter provtagningen pumpas vätskan ur mätbrunnen, via flödesmätaren, vidare till minireningsverk eller markbädd. Provtagaren för utgående avloppsvatten är en slavprovtagare som tar prov samtidigt, eller med viss tidsfördröjning, som den flödesstyrd provtagaren.



*Figur 87. Principskiss över provtagare och flödesmätare. Provtagningen startar då nivån i mätbrunnen nått "startnivån" för pumpen som pumpar vattnet upp till flödesmätaren och vidare ut i anläggningen.*

Provtagningsutrustningen är installerad i värmeisolerade mätkurer placerade över de aktuella mät- och provbrunnarna. Kurerna innehåller förutom provtagare och flödesmätare även övrig utrustning såsom styr- och reglerutrustning, dataloggrar för flöde och vattentemperatur m. m. samt ett kylskåp i vilket en karusellprovväxlare med sju 5-liters dunkar i plast är placerade (figur 88). Karusellen är till för att samla upp avloppsvattenprov från ett dygn i ett provtagningskärl och sedan växla till ett nytt kärl för nästa provdygn. På så sätt erhålles ett dygnsblandprov för varje dag i provtagningsveckan som sedan kan blandas ihop manuellt till ett veckoblandprov. Under uppföljningen har dygnsproven successivt ersatts av tvådygnsprov och veckoproven av fjortondygnsprov.



Figur 88. Flödesmätare och provväxlare.

Vecko- eller fjortondagarsproverna bestod av de sammanslagna konserverade (två)dygnsproverna. Sex av sju (två)dygnsdunkar innehöll 25 ml fördoserad 4 M svavelsyra i konserverande syfte. Riktvärdet för uppsamlad provmängd var 2,5 liter prov/provdunk. För Biovacs utgående prover var riktvärdet 5 liter dvs. en tömd utloppsvattenbehållare. Specialprov har visat att en viss överdosering av svavelsyra inte medför en felaktig analys. Dygnsprov, och senare tvådygnsprov, konserverades ej.

I de flödesproportionella provtagarna pumpade en slangpump upp en provmängd på 25 - 75 ml ur mätbrunnen. Mätbrunnen bestod av ett vertikalt placerat PVC-rör med yttre och inre diametern  $\varnothing$  400 mm respektive  $\varnothing$  377 mm. Provtagningsbrunnen för utgående avloppsvatten bestod av ett vertikalt placerat PVC-rör med yttre och inre diametern  $\varnothing$  110 mm respektive  $\varnothing$  103 mm. I båda dessa brunnar fanns teflonslangar för provtagning. Teflonrören var kopplade till EPDM-gummislangar<sup>16</sup>, med den inre diametern  $\varnothing$  9,5 mm, och slangpumpen. Pumpen pumpade först upp prov under en viss förinställd tid för att skölja ur provvatten från föregående provtagningscykel. Efter ursköljning öppnades en ventil så att vattnet leddes till provväxlaren i kylskåpet.

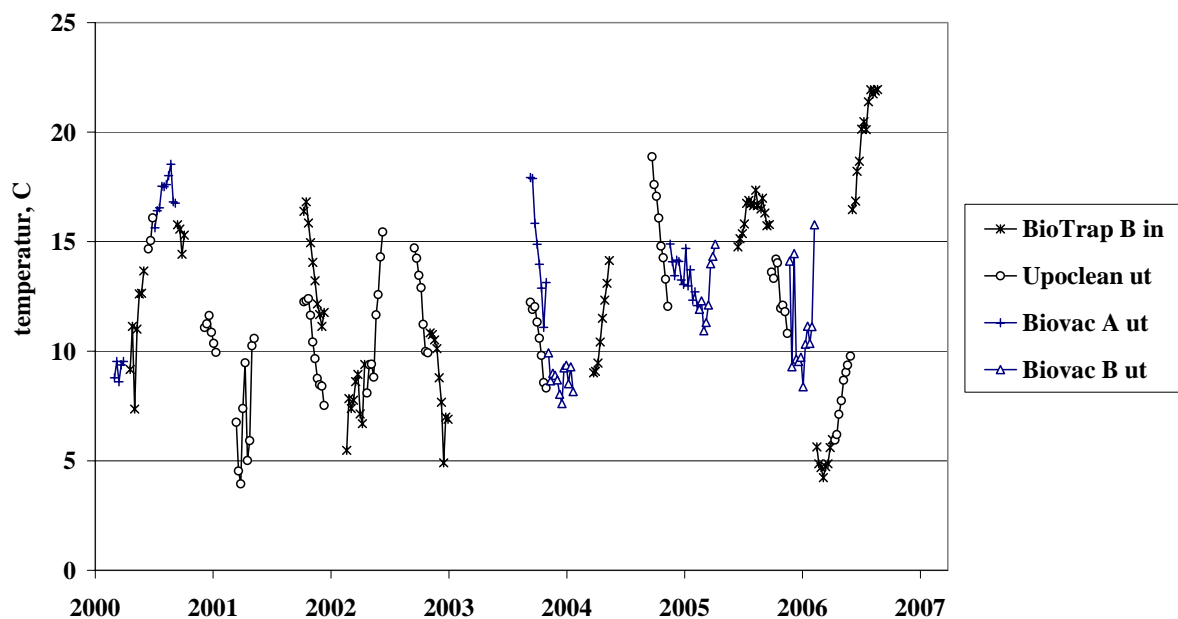
Processflödet mättes med en för provtagningsutrustningen speciellt anpassad flödesmätare. För ungefär var sjätte liter togs ett prov. Möjlighet fanns också att istället ta ut prov var tolfte liter, var 18de liter osv. Detta har utnyttjats under 2000 och 2001 i de reningsanläggningar där hyresgästen har haft en förhållandevis hög vattenförbrukning.

---

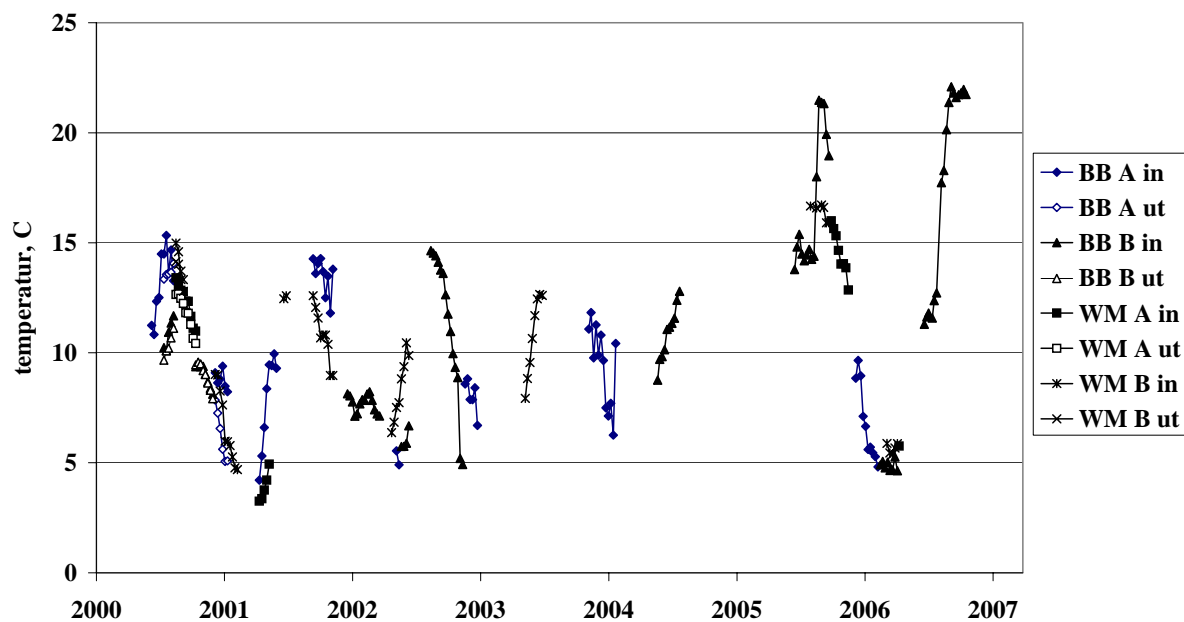
<sup>16</sup> EPDM = polymeriserade Eten-Propen-Dien-Monomerer.

### BILAGA 3. AVLOPPSVATTNETS TEMPERATUR

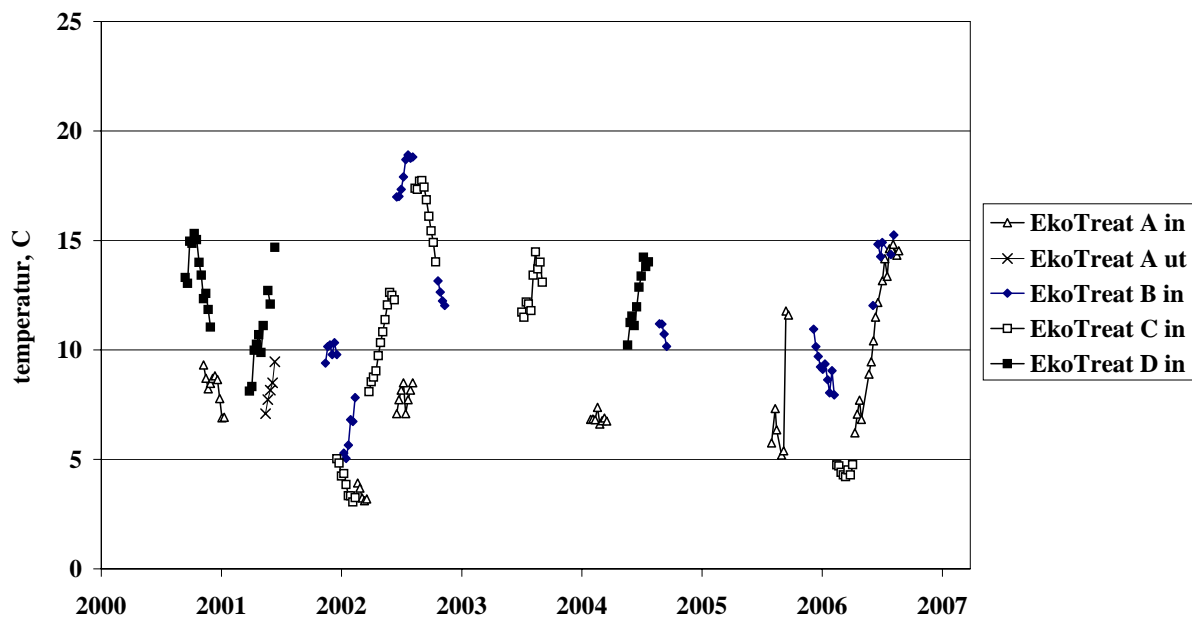
Temperaturen i inkommande och/eller i utgående avloppsvatten från de olika anläggningarna presenteras i nedanstående diagram. Temperaturen påverkar framförallt den biologiska aktiviteten i vattnet och därmed kvävereduktionen. Varmare vatten medför högre biologisk aktivitet. Nitrifikationen är starkt temperaturberoende medan denitrifikationen är svagt temperaturberoende. Generellt är dock biofilmsprocesser inte lika temperaturberoende som aktivslamprocesser.



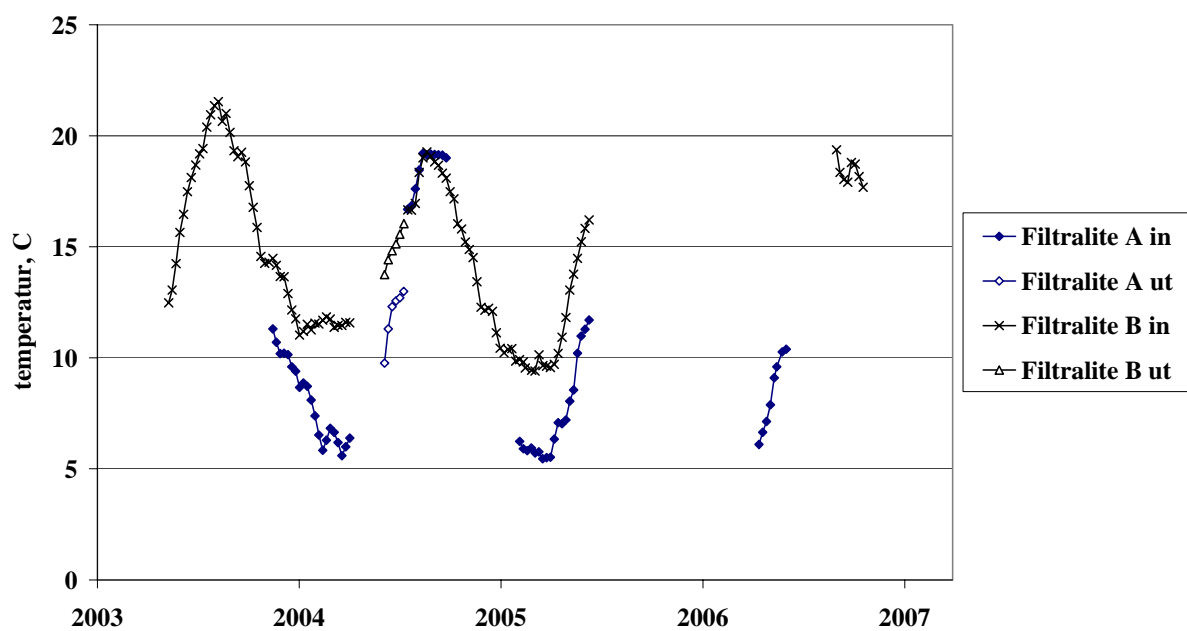
Figur 89. Avloppsvattnets temperatur i anläggningarna BioTrap, Upoclean, Biovac A och Biovac B.



Figur 90. Avloppsvattnets temperatur i anläggningarna BB Innovation A, BB Innovation B, Wost Man Ecology A och Wost Man Ecology B.



Figur 91. Avloppsvattnets temperatur i anläggningarna EkoTreat A, EkoTreat B, EkoTreat C och EkoTreat D.



Figur 92. Avloppsvattnets temperatur i anläggningarna Filtralite A och Filtralite B.



## BILAGA 4. REDUKTIONER I ANLÄGGNINGARNA

Tabell 30. Reduktion i % som medelvärden för minireningsverken och de källsorterande anläggningarna under perioderna 2000/2001 - 2002/2003 - 2007. Under 2001-2002 undersöktes även hur stor andel av inkommande som avskiljs som slam, klosettavlopp och urin. Notera att massbalanserna inte alltid stämmer på grund av onoggrannhet i provtagning och analys. Då värdet för utgående COD och BOD<sub>7</sub> understeg detektionsgränsen, < 30 mg COD/l 2000 - 2002, < 25 mg COD/l 2003 - 2007, < 3 mg BOD<sub>7</sub>/l 2000 - 2002 och < 2 mg BOD<sub>7</sub>/l 2003 - 2007, har värdet för detektionsgränsen använts vid uträkning av reduktionsgraden.

|                             | COD      | BOD <sub>7</sub> | TOC    | Tot-N    | Tot-P    |
|-----------------------------|----------|------------------|--------|----------|----------|
| <b>Biovac A</b>             |          |                  |        |          |          |
| IN – UT                     | 70/85/93 | 86/92/-          | -/-/93 | 26/53/74 | 0/69/88  |
| till slam                   | 23       |                  |        | 39       | 67       |
| <b>Biovac B</b>             |          |                  |        |          |          |
| IN – UT                     | -/92/85  | -/98/-           | -/-/87 | -/51/36  | -/85/52  |
| till slam                   | 23       |                  |        |          |          |
| <b>Upoclean</b>             |          |                  |        |          |          |
| IN – UT                     | 67/86/88 | 79/95/-          | -/-/89 | 34/64/62 | 92/92/94 |
| Slam                        | 90       |                  |        | 37       | 99       |
| <b>BioTrap</b>              |          |                  |        |          |          |
| IN – UT                     | 91/92/90 | 98/97/-          | -/-/93 | 63/53/62 | 39/91/88 |
| Slamavskiljare              | 23       |                  |        | 5,6      | 8,8      |
| <b>Wost Man A</b>           |          |                  |        |          |          |
| IN – UT                     | 95/91/88 | 99/98/-          | -/-/93 | 83/88/89 | 65/36/69 |
| Till KL-tank                |          |                  |        | 71       | 36       |
| Slamavskiljare              |          |                  |        |          | 6        |
| <b>Wost Man B</b>           |          |                  |        |          |          |
| IN – UT                     | 93/96/96 | 98/99/-          | -/-/97 | 94/93/95 | 76/93/80 |
| Till KL-tank                | 50       |                  |        | 87       | 61       |
| Slamavskiljare              | 7        |                  |        | 2        | 3        |
| <b>BB A</b>                 |          |                  |        |          |          |
| IN – UT                     | 95/96/96 | 99/99/-          | -/-/95 | 81/89/88 | 90/95/88 |
| Till urintank               | 9        |                  |        | 71       | 29       |
| Slamavskiljare              | 19       |                  |        | 1        | 8        |
| <b>BB B</b>                 |          |                  |        |          |          |
| IN – UT                     | 95/92/93 | 99/99/-          | -/-/93 | 79/81/85 | 77/69/45 |
| Till urintank               | 10       |                  |        | 83       | 37       |
| Slamavskiljare <sup>1</sup> | 13       |                  |        | 3        | 11       |

<sup>1</sup> före slamavskiljaren var en fekaliekorg monterad under 2000 - 2002.

Tabell 31. Reduktion i % som medelvärden för anläggningar med kemisk fällning och markbädd under perioderna 2000/2001 - 2002/2003 – 2007. Under 2001-2002 undersöktes även hur stor andel av inkommande som avskiljs som slam. För anläggningar med fosforbindande material redovisas data för perioderna 2003 respektive 2004 – 2007. ”Balanserade” massbalanser innebär att avskiljningen över någon systemkomponent beräknats från övriga massflöden. Då värdet för utgående COD och BOD<sub>7</sub> understeg detektionsgränsen, < 30 mg COD/l 2000 - 2002, < 25 mg COD/l 2003 - 2007, < 3 mg BOD<sub>7</sub>/l 2000 - 2002 och < 2 mg BOD<sub>7</sub>/l 2003 - 2007, har värdet för detektionsgränsen använts vid uträkning av reduktionsgraden.

|                     | COD      | BOD <sub>7</sub> | TOC    | Tot-N    | Tot-P      |
|---------------------|----------|------------------|--------|----------|------------|
| <b>EkoTreat A</b>   |          |                  |        |          |            |
| IN - UT             | 96/96/93 | 99/99/-          | -/-/94 | 77/60/56 | 94/99,5/98 |
| Slamavskiljare      | 56       |                  |        | 18       | 82         |
| <b>EkoTreat B</b>   |          |                  |        |          |            |
| IN - UT             | -/95/92  | -/99/-           | -/-/92 | -/32/7,5 | -/99,8/98  |
| Slamavskiljare      | 23       |                  |        | 5,2      | 15         |
| <b>EkoTreat C</b>   |          |                  |        |          |            |
| IN - UT             | -/96/95  | -/99/-           | -/-/96 | -/18/15  | -/97/97    |
| Slamavskiljare      | 29       |                  |        | 5,0      | 29         |
| <b>EkoTreat D</b>   |          |                  |        |          |            |
| Slamavskiljare      | 52       |                  |        | 9,7      | 87         |
| <b>Filtralite A</b> |          |                  |        |          |            |
| IN – UT             | 90/95    | 79/97            | 90/95  | 61/71    | 99,9/98    |
| Slamavskiljare*     | 23       | 23               | 23     | 5,7      | 9,1        |
| Biobädd             | 55       | 66               | 50     | 29       | 13         |
| Markbädd            | 13       |                  | 20     | 33       | 77         |
| <b>Filtralite B</b> |          |                  |        |          |            |
| IN – UT             | 74/92    | 21/95            | 84/93  | 46/46    | 99,5/99,7  |
| Slamavskiljare*     | 23       | 23               | 23     | 5,7      | 9,1        |
| Biobädd             | 53       | 67               | 52     | 5,8      | 9,2        |
| Markbädd            | 5,2      |                  | 15     | 34       | 81         |
|                     |          |                  |        |          |            |

\* Schablonvärden har använts

## BILAGA 5. UTGÅENDE AVLOPPSVATTENS KONCENTRATIONER

Tabell 32. Utgående halter av organiskt material från anläggningarna som medelvärden i mg/l under inledningen av huvudprojektet 2000, under senare delen av huvudprojektet 2001 - 2002 och under uppföljningsperioden 2003 - 2007. Då värdet för utgående COD och BOD<sub>7</sub> understeg detektionsgränsen, < 30 mg COD/l 2000 - 2002, < 25 mg COD/l 2003 - 2007, < 3 mg BOD<sub>7</sub>/l 2000 - 2002 och < 2 mg BOD<sub>7</sub>/l 2003 - 2007, har värdet för detektionsgränsen använts.

|                        | COD  |       |       | BOD <sub>7</sub> |       |       | TOC  |       |       |
|------------------------|------|-------|-------|------------------|-------|-------|------|-------|-------|
|                        | 2000 | 01-02 | 03-07 | 2000             | 01-02 | 03-07 | 2000 | 01-02 | 03-07 |
| Biovac A               | 148  | 112   | 41    | 32               | 19    |       |      |       | 12    |
| Biovac B               |      | 67    | 134   |                  | 7     |       |      |       | 35    |
| Upoclean               | 154  | 70    | 60    | 54               | 13    |       |      |       | 17    |
| BioTrap                | 42   | 36    | 41    | 4                | 5     |       |      |       | 8,0   |
| WM A                   | 48   | 65    | 98    | 10               | 7     |       |      |       | 16    |
| WM B                   | 72   | 31    | 32    | 28               | 4     |       |      |       | 7,9   |
| BB A                   | 40   | 34    | 37    | 5                | < 3   |       |      |       | 11    |
| BB B                   | 44   | 51    | 94    | 5                | 6     |       |      |       | 22    |
| EkoT. A                | 31   | 33    | 54    | < 3              | < 3   |       |      |       | 14    |
| EkoT. B                |      | 38    | 63    |                  | 4     |       |      |       | 18    |
| EkoT. C                |      | 31    | 42    |                  | 4     |       |      |       | 9,8   |
| Filtra. A <sup>1</sup> |      | 72    | 29    |                  | 57    | 9     |      | 23    | 8,3   |
| Filtra. B <sup>1</sup> |      | 55    | 27    |                  | 30    | 5     |      | 11    | 5,3   |

<sup>1</sup> Period 2 är år 2003 och period 3 är 2004 - 2007 för Filtraliteanläggningarna.

EkoT. = EkoTreat. Filtra. = Filtralite.

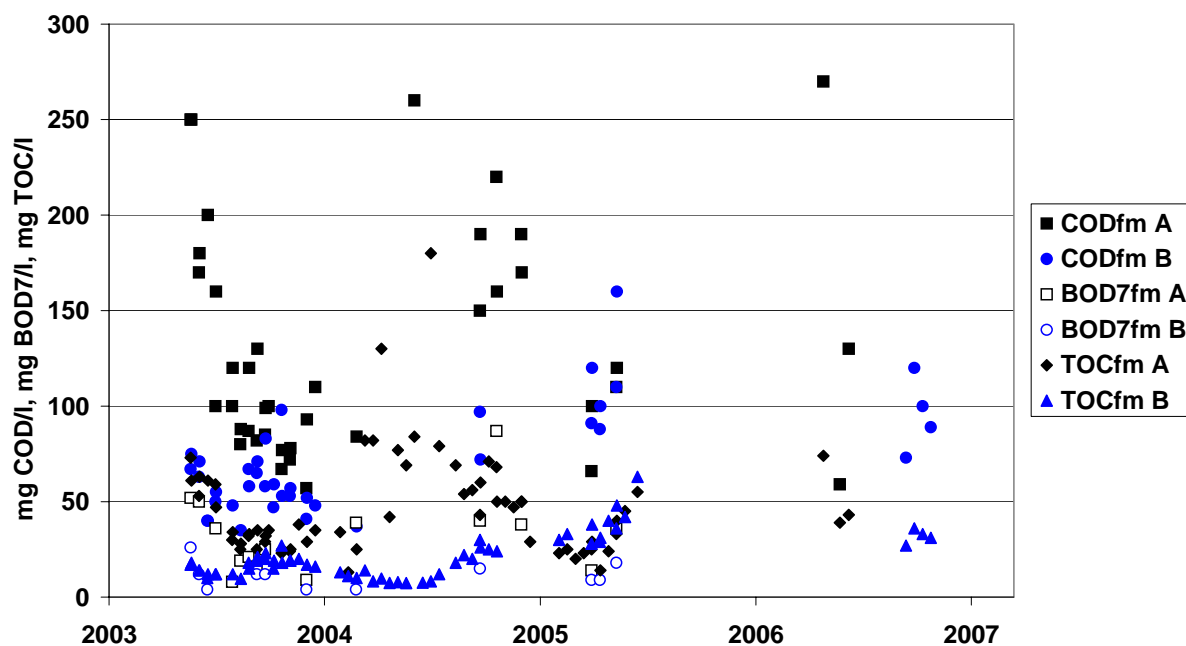
Tabell 33. Utgående halter av fosfor och kväve från anläggningarna som medelvärden i mg/l under inledningen av huvudprojektet 2000, under senare delen av huvudprojektet 2001 - 2002 och under uppföljningsperioden 2003 - 2007. Då värdet för utgående ammonium understeg detektionsgränsen, < 0,1 mg NH<sub>4</sub>-N/l 2000 - 2002 och < 0,5 mg NH<sub>4</sub>-N/l 2003 - 2007, har värdet för detektionsgränsen använts.

|                        | Tot-P |       |       | Tot-N |       |       | NH <sub>4</sub> -N |       |       |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|-------|-------|
|                        | 2000  | 01-02 | 03-07 | 2000  | 01-02 | 03-07 | 2000               | 01-02 | 03-07 |
| Biovac A               | 7,2   | 3,4   | 1,0   | 76    | 58    | 32    | 38                 | 35    | 7,6   |
| Biovac B               |       | 2,2   | 7,3   |       | 51    | 67    |                    | 20    | 8,6   |
| Upoclean               | 0,68  | 0,74  | 0,62  | 40    | 23    | 25    | 34                 | 16    | 13    |
| BioTrap                | 8,5   | 1,3   | 1,6   | 31    | 35    | 30    | 18                 | 22    | 2,5   |
| WM A                   | 4,6   | 7,8   | 3,7   | 25    | 8,0   | 7,6   | 20                 | 0,2   | 0,8   |
| WM B                   | 2,8   | 0,92  | 2,3   | 3,1   | 5,8   | 3,1   | 0,5                | 0,9   | < 0,5 |
| BB A                   | 0,85  | 0,99  | 1,5   | 10    | 9,2   | 8,6   | 1,0                | 0,8   | < 0,4 |
| BB B                   | 2,5   | 4,3   | 7,4   | 15    | 12    | 10    | 1,0                | 4,8   | 0,7   |
| EkoT. A                | 0,08  | 0,05  | 0,24  | 21    | 30    | 36    | 11                 | 5,3   | 6,0   |
| EkoT. B                |       | 0,14  | 1,1   |       | 53    | 58    |                    | 11    | 4,9   |
| EkoT. C                |       | 0,46  | 0,37  |       | 47    | 71    |                    | 3,2   | 16    |
| Filtra. A <sup>1</sup> |       | 0,01  | 0,22  |       | 30    | 17    |                    | 27    | 11    |
| Filtra. B <sup>1</sup> |       | 0,02  | 0,03  |       | 23    | 28    |                    | 22    | 14    |

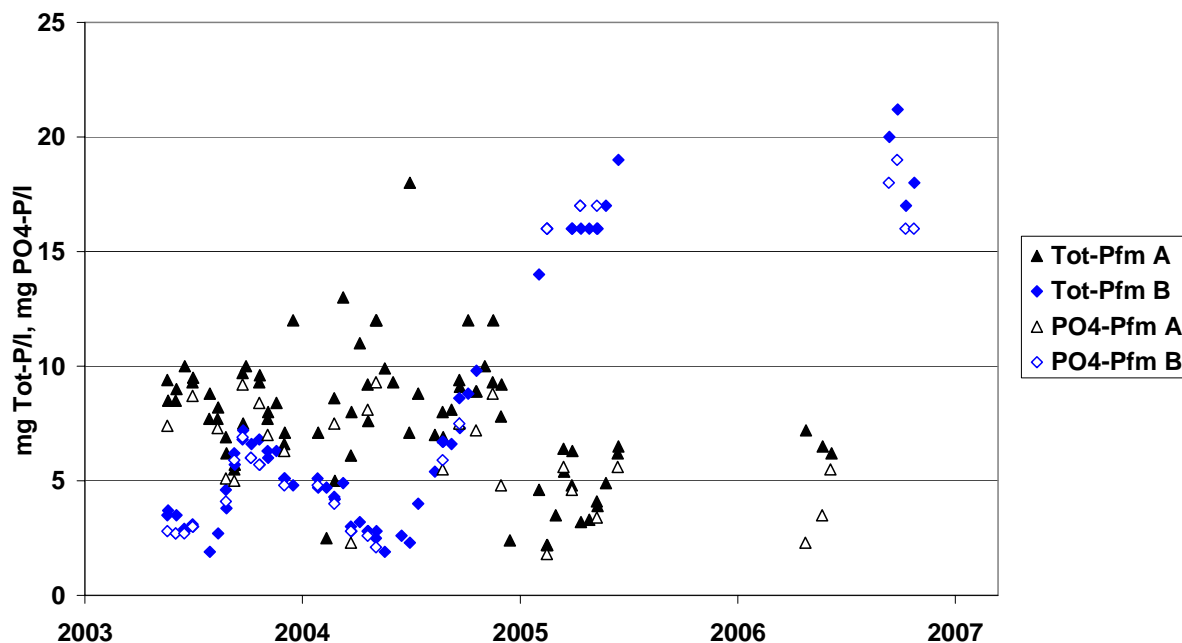
<sup>1</sup> Period 2 är år 2003 och period 3 är 2004 - 2007 för Filtraliteanläggningarna.

EkoT. = EkoTreat. Filtra. = Filtralite.

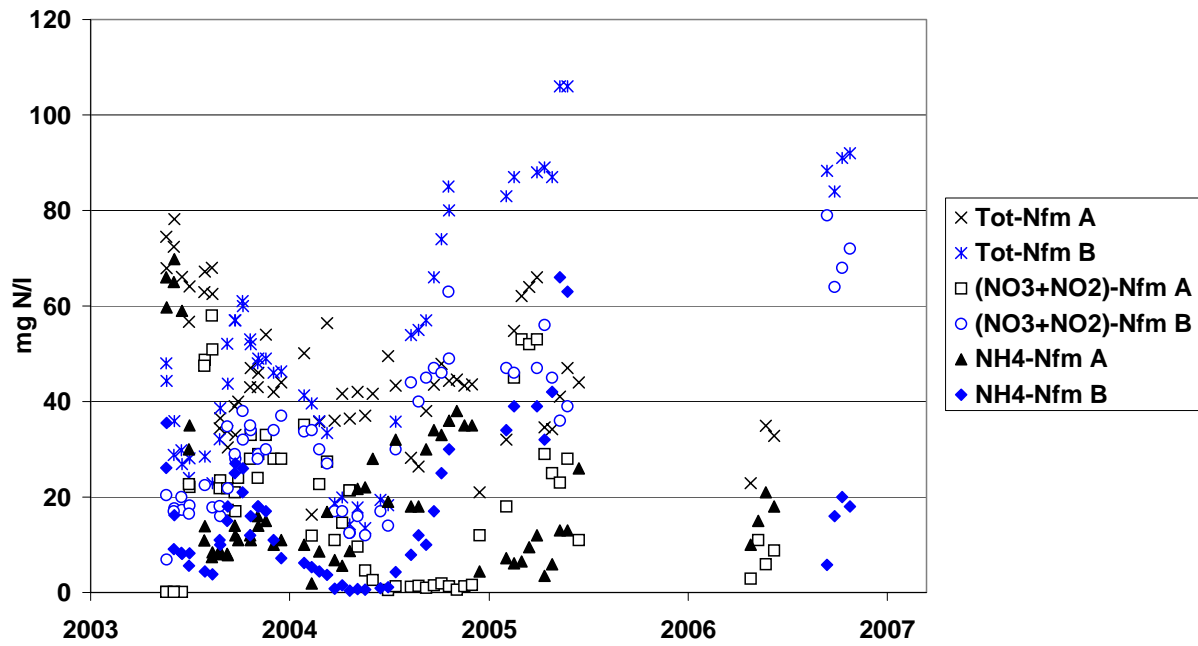
## BILAGA 6. UTGÅENDE FRÅN BIOBÄDDAR OCH ALLA PROVPUNKTER I SAMMA DIAGRAM, FILTRALITE



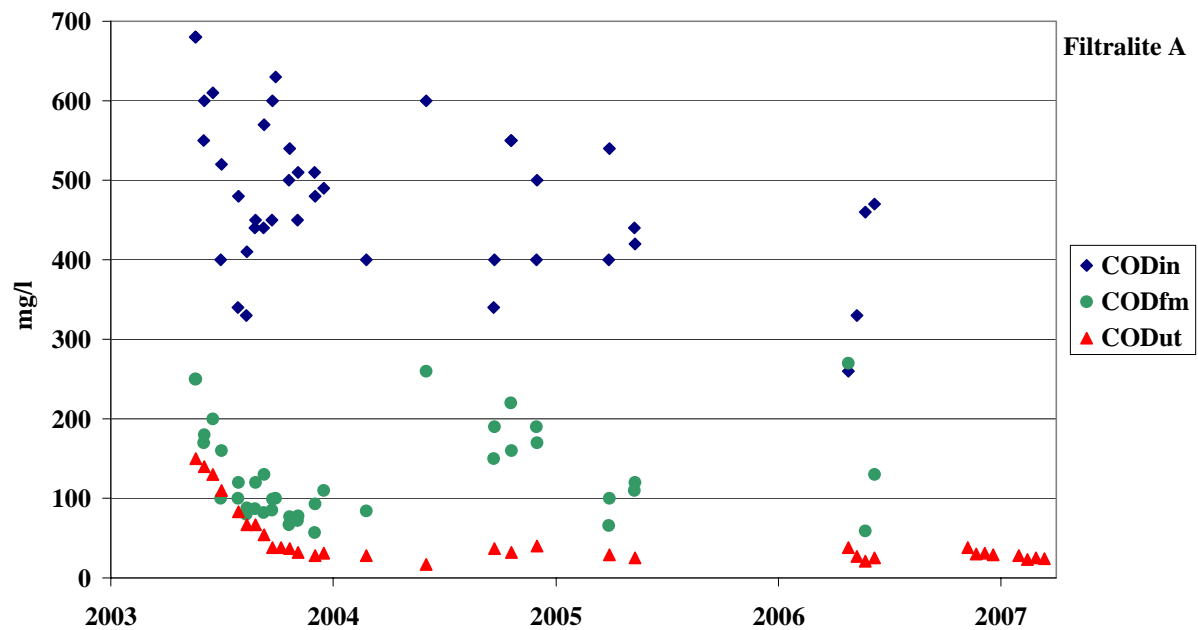
Figur 93. Halt av organiskt material efter biobädden men före markbädden. Filtralite anläggning A och B.



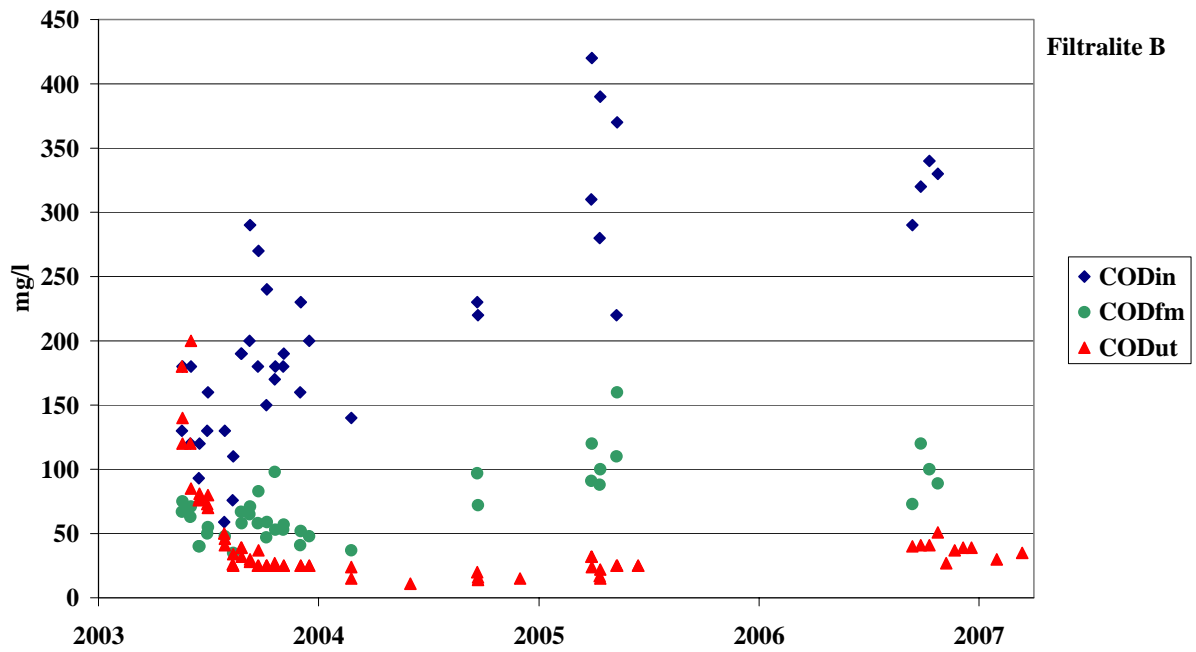
Figur94. Halt av total- och fosfatfosfor efter biobädden men före markbädden. Filtralite anläggning A och B.



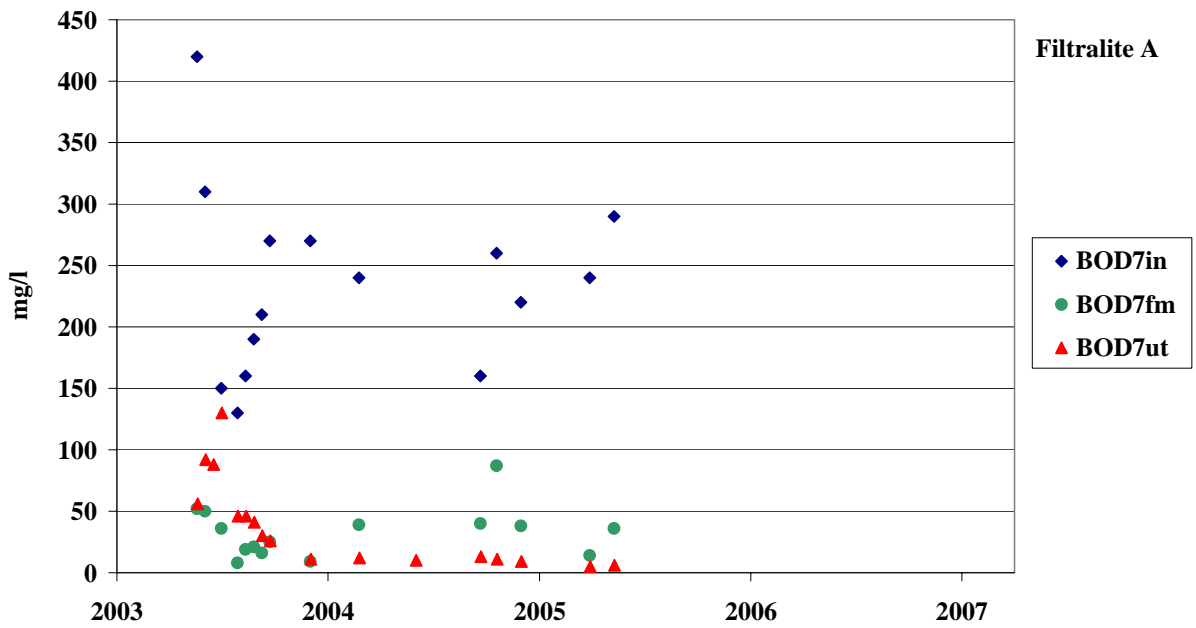
Figur95. Halt av kväve och kvävefraktioner efter biobädden men före markbädden. Filtralite anläggning A och B.



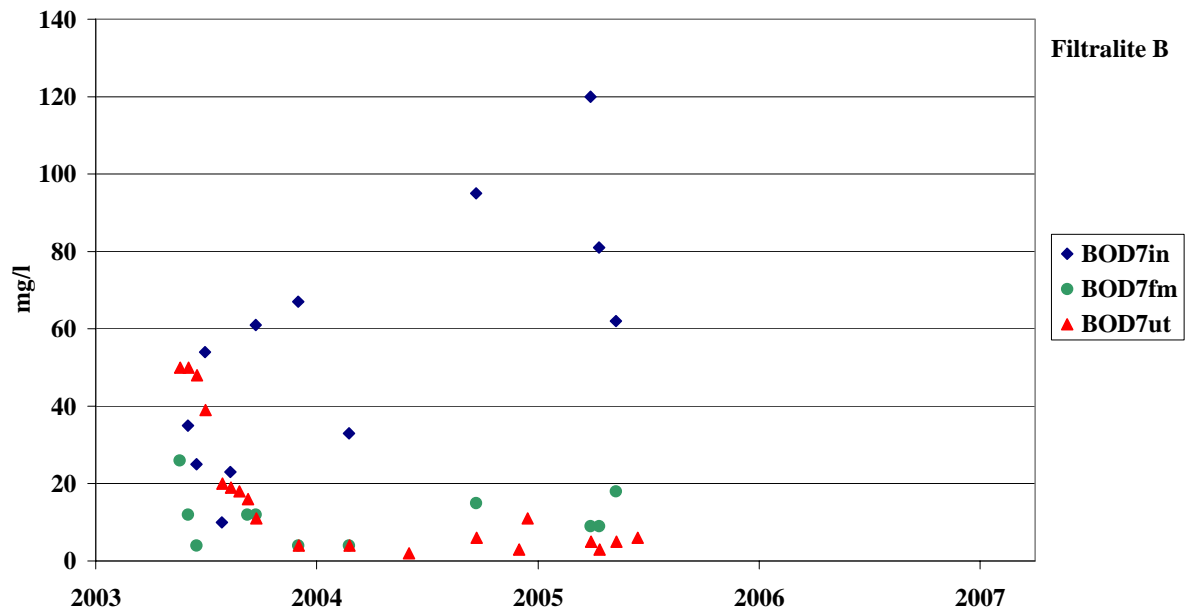
Figur96. Halt av COD i Filtralite anläggning A. fm = före markbädd



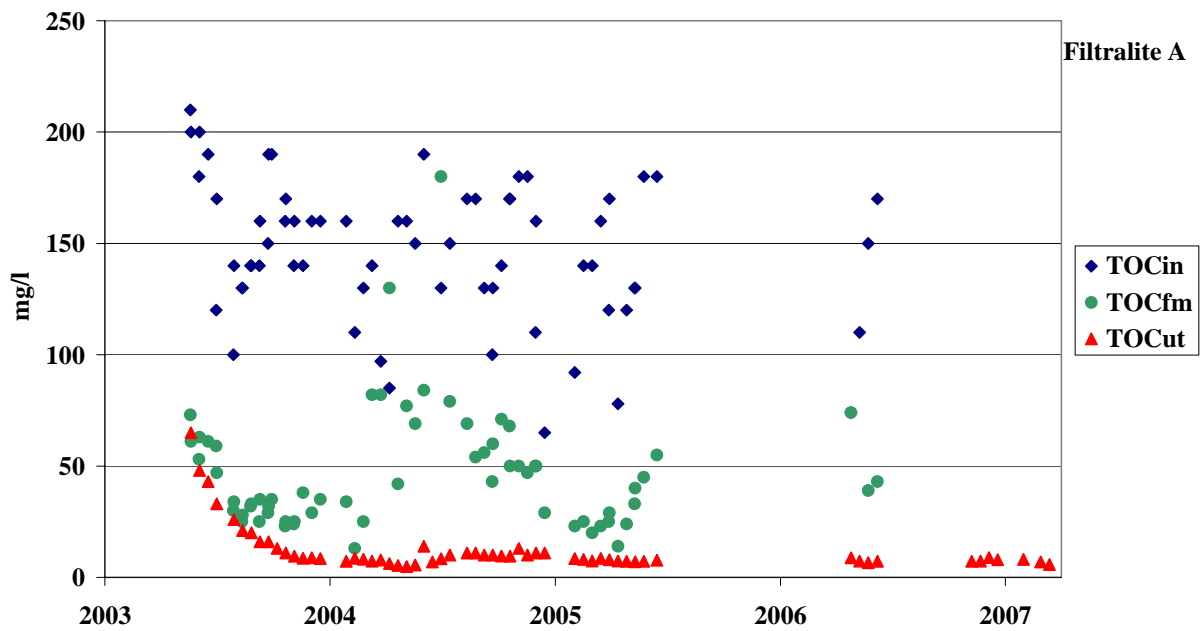
Figur97. Halt av COD i Filtralite anläggning B. fm = före markbädd



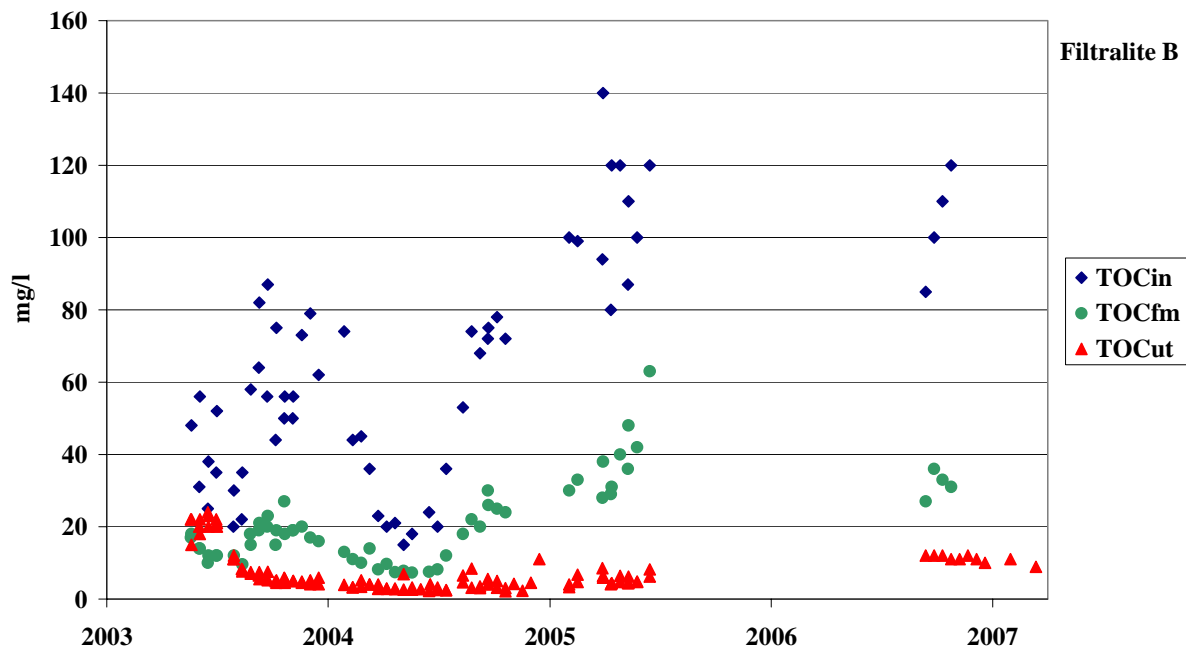
Figur98. Halt av BOD<sub>7</sub> i Filtralite anläggning A. fm = före markbädd



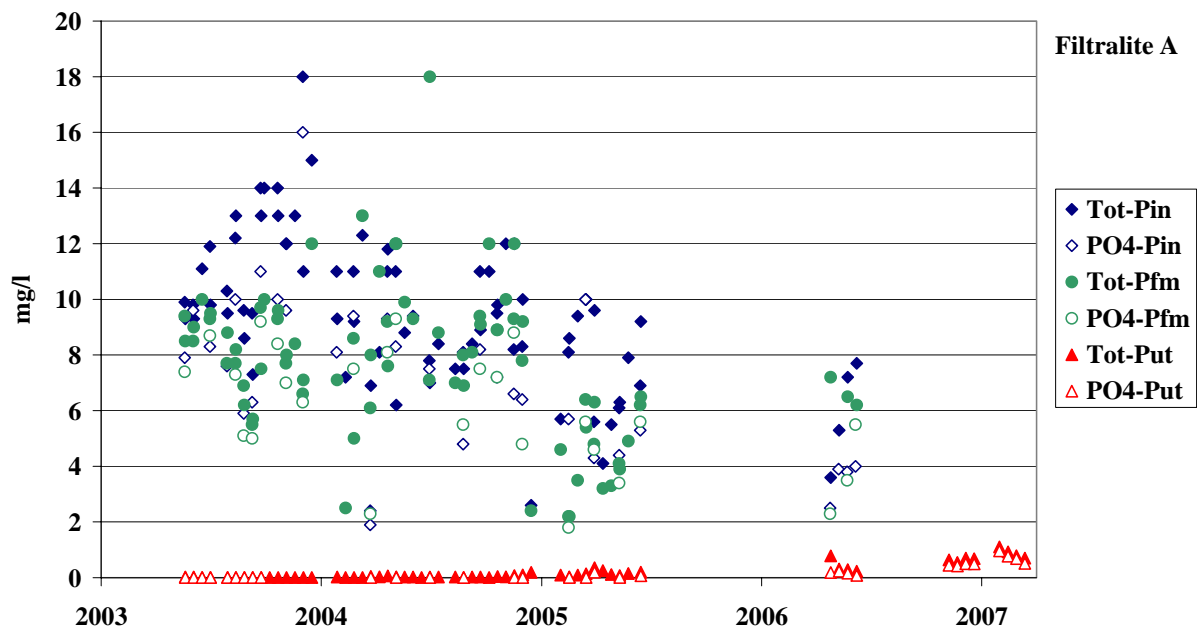
Figur99. Halt av BOD<sub>7</sub> i Filtralite anläggning B. fm = före markbädd



Figur100. Halt av TOC i Filtralite anläggning A. fm = före markbädd

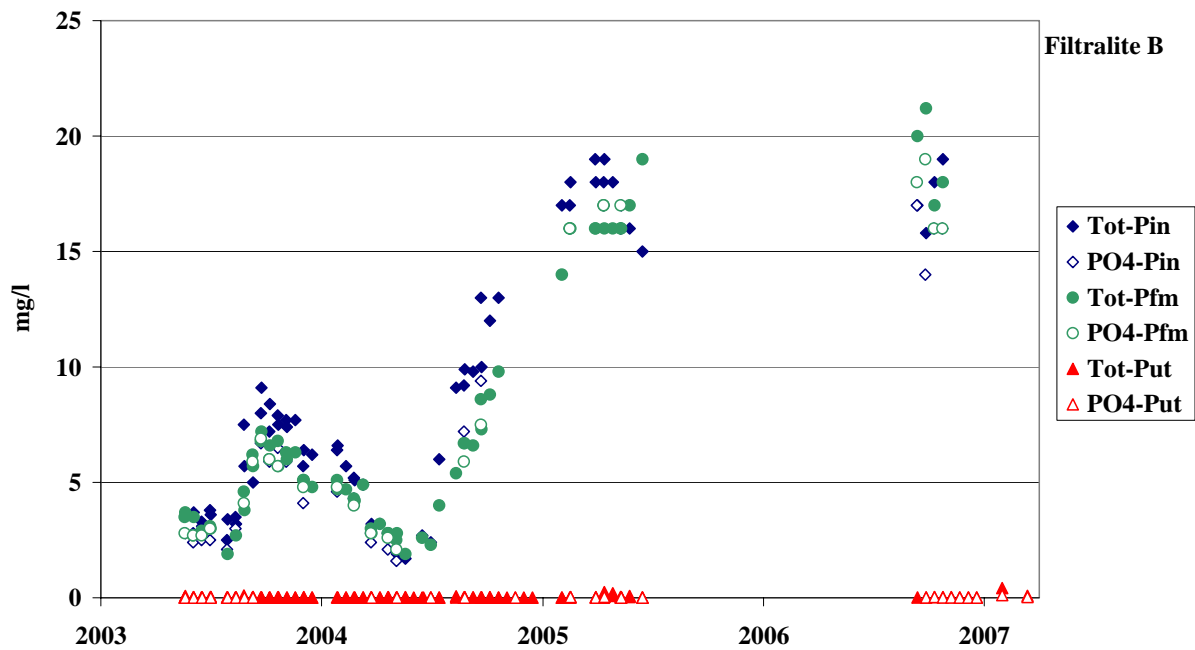


Figur101. Halt av TOC i Filtralite anläggning B. fm = före markbädd

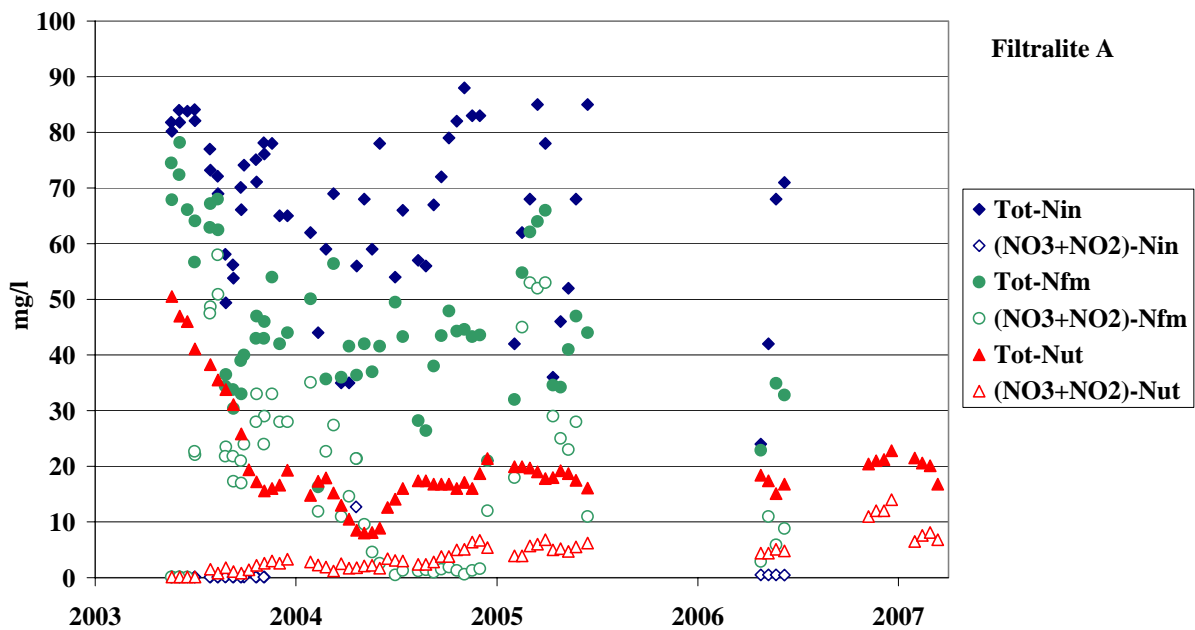


Figur102. Halt av total- och fosfatfosfor i Filtralite anläggning A. fm = före markbädd

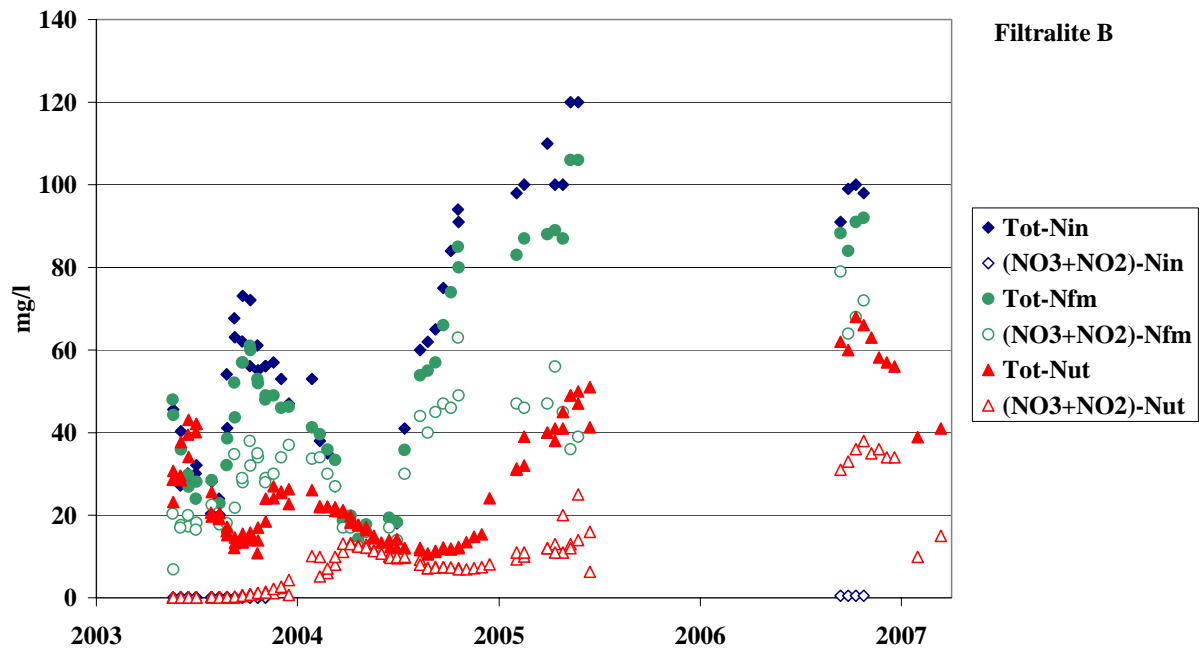




Figur103. Halt av total- och fosfatfosfor i Filtralite anläggning B. fm = före markbädd



Figur104. Halt av total- och nitratkväve i Filtralite anläggning A. fm = före markbädd



Figur105. Halt av total- och nitratkväve i Filtralite anläggning B. fm = före markbädd