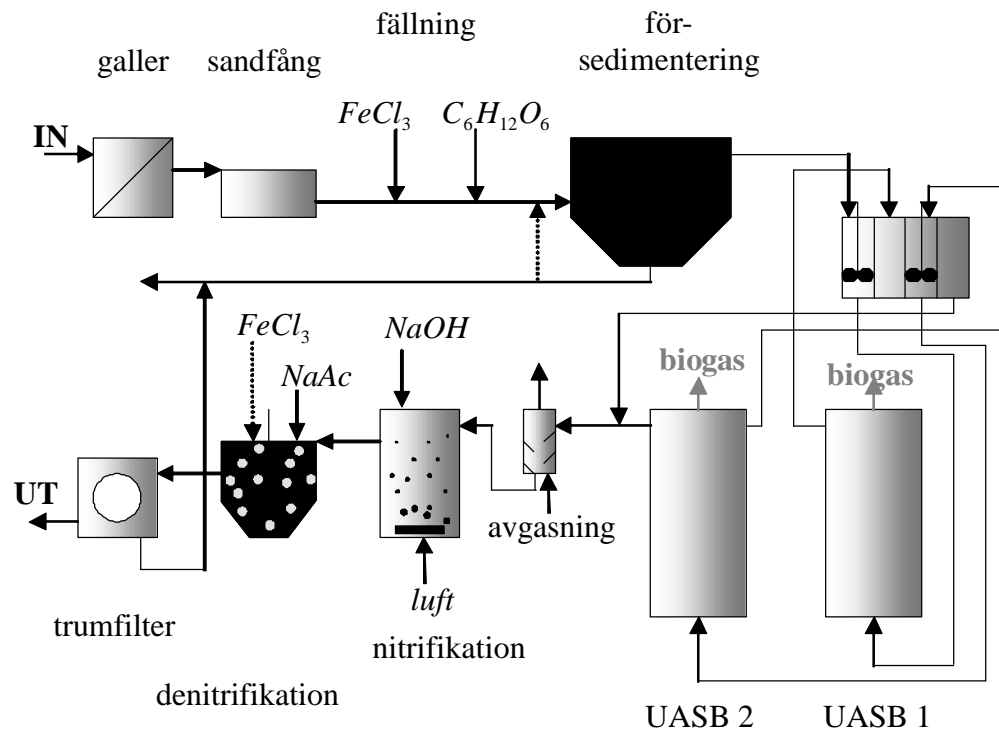


Utvärdering av förfällning vid Sjöstadsverkets anaeroba UASB-linje

Mila Harding, AP/Stockholms Miljöcenter



Utvärdering av förfällning

– **vid Sjöstadsverkets anaeroba
UASB-linje**

*Mila Harding
R nr 8-2005
Projektpublikation nr 23*

Sammandrag

Den nybyggda stadsdelen Hammarby Sjöstad har ett eget miljöprogram med högt satta mål. Målen ledde fram till en satsning på ny teknik för avloppsvattenbehandling. Projektet ska i sin första etapp utvärdera och optimera olika processlinjer och komponenter. Om försöken visat goda resultat kommer ett lokalt reningsverk för stadsdelen att byggas.

Detta delprojekt har under våren 2005 utförts på Hammarby Sjöstads reningsverk av Mila Harding en tidigare praktikant från Stockholms Miljöcenter. Syftet har varit att utvärdera olika fällningskemikalier för en försedimentering. Genom laboratorieförsök och fullskaleförsök har fällningskemikalier utvärderats för att finna en kombination som passar just Hammarby Sjöstads avloppsvatten och den anaeroba UASB-linjen. Målet är att få en bra reduktion på fosfat och suspenderat material samtidigt som alkalinitet och löst COD inte får reduceras för mycket.

Fällningskemikalien PIX 111 utmärkte sig både i laboratorieförsöken och i fullskaleanläggningen. Med molförhållandet metall/fosfor 2,5:1 erhöles goda resultat när det gällde reduktion av fosfatfosfor och suspenderat material. Resultaten visar dock att flockarnas sedimenteringsegenskaper var mindre bra och en del följer med ut efter försedimenteringen vilket ger för höga värden av bl.a. totalfosfor. Det förbrukas en viss del alkalinitet och löst COD, men detta är svårt att undvika vid kemiskt fällning. Ett högt molförhållande, 1,5 och över, reducerar mer än ett lågt molförhållande. En hel del järnsulfat bildas och detta ger avlagringar som stör analysresultat.

Då PIX 111 har både positiva och negativa effekter på Hammarby Sjöstads avloppsvatten är målen i vidare försök viktig. Dock kan några av de negativa effekterna eventuellt avhjälpas.

Förord

Under åtta intensiva veckor under våren har jag – en tidigare praktikant från Stockholm Miljöcenters KY-utbildning till Mättekniker arbetat med detta delprojekt på Hammarby Sjöstads reningsverk på uppdrag från Stockholm Vatten AB. Även om tiden varit knapp har det varit mycket lärorikt, spännande och utvecklande och jag hoppas att jag har bidragit med flera intressanta resultat.

Jag vill i synnerhet tacka min handledare och projektledare för de anaeroba linjerna Daniel Hellström och fällningsexperten Jonas Karlsson som båda har gett ovärderlig hjälp i mitt arbete. Tack för ert engagemang, stöd och uppmuntran.

Jag vill även tacka försöksledaren för aeroba linjerna Berndt Björleinius, driftschefen Lars Bengtsson och mät- och processteknikern Fredrik Pettersson samt alla andra examensarbetare och praktikanter vid Sjöstadsverket. Andra som ingår i gruppen är Lars-Erik Olsson AnoxKaldnes AB, Åke Norberg (JTI) samt examinator Ragnhild Eklund (Stockholms Miljöcenter).

Maj 2005

Mila Harding

Innehållsförteckning

1 Inledning	4
1.1 Syfte.....	4
1.2 Mål.....	4
1.3 Metod.....	4
1.4 Avgränsning	4
2 Bakgrund	5
2.1 Historik.....	5
2.2 Fosfor.....	5
2.2 Hammarby Sjöstad.....	5
2.3 Sjöstadsverket.....	6
3 Fällning och flockning	7
3.1 Grundläggande teori	7
4 Linje 4	8
4.2 UASB	9
4.3 Biologisk polering.....	9
4.4 Trumfilter.....	9
4.5 Karaktär på inkommande vatten.....	9
5 Analyser	10
6 Utförande	11
6.1 Screeningsförsök.....	11
6.2 Fullskaleförsök.....	11
7 Resultat och Diskussion	12
7.1 Screening.....	12
7.1.1 Försöksomgång 1	12
7.1.4 Försöksomgång 5.....	15
7.1.5 Försök med PIX 111	16
7.2 Fullskaleförsök.....	17
7.2.1 Fullskaleförsök med molförhållande 2:1	17
7.2.2 Fullskaleförsök med molförhållandet 2,5:1	18
8 Slutsatser	19

Källförteckning

Bilagor A-I

1 Inledning

1.1 Syfte

Detta projekts syfte är att med hjälp av laboratorieförsök och fullskaleförsök utvärdera ett antal olika fällningskemikalier för en försedimentering, detta för att få en bra efterföljande anaerob process i UASB¹ reaktorer. Projektet ska ge ett underlag om vilken kemikalie och dos som passar Hammarby Sjöstads avloppsvatten i ett framtida reningsverk.

1.2 Mål

Målet är att undersöka vilken fällningskemikalie och vilken dos som ger bästa möjliga resultat i fullskaleförsök, enligt följande punkter:

- ? Reducera fosfatfosfor till 0,5 mg/l och totalfosfatfosfor till 1-1,5 mg/l. Vilket innebär en reduktion på omkring 88-94 %. En för hög reduktion är inte önskvärd för den efterföljande reningsprocessen, då de anaeroba bakterierna behöver fosfor för att fungera. Fosforreduktionen är prioritet nummer ett.
- ? Behålla så mycket löst COD (organiskt material) som möjligt, detta för en effektiv fortsatt process och hög metangasbildning i de anaeroba UASB reaktorer.
- ? Minsta möjliga förbrukning av alkalinitet (buffringsförmåga), gärna en högre halt än 200 mg/l i utgående vatten från försedimenteringen.
- ? Reducera minst 50 % av det suspenderade materialet.

1.3 Metod

I samråd med Daniel Hellström, Jarl Söderholm (Kemira AB leverantör av PIX och PAX produkterna) och Jonas Karlsson valdes sex stycken fällningskemikalier ut som tidigare har fungerat bra eller antas fungera bra på Hammarby Sjöstads vatten. De kemikalier som ger bäst resultat i laboratorieskala prövas sedan i fullskala.

1.4 Avgränsning

Antalet fällningskemikalier har begränsats till:

PIX 111 - järnklorid Fe^{3+} från Kemira

PAX-XL36 - polyaluminiumklorid med organisk polymer Al^{3+} från Kemira

PAX 15 – polyaluminiumklorid från Kemira

PAX 21 - järnhaltig polyaluminiumklorid Al^{3+} och Fe^{tot} från Kemira

PAX-XL621 - järnhaltig polyaluminiumklorid Al^{3+} och Fe^{tot} från Kemira

Purfix 120 - katjonisk² stärkelsebaserad polymer³ av potatis, från Archemi

Sulfatbaserade fällningskemikalier har valts bort då det kan bildas gips och ger problem i en anaerob process när det reagerar med kalcium i kombination med vatten.

¹ UASB Upflow Anaerobic Sludge Blanket

² En katjon är positivt laddad

³ Polymer – kemisk förening som består av mycket stora molekyler uppbyggda av många likadana små molekyler

2 Bakgrund

2.1 Historik

Ända sedan urbaniseringen tog fart har detta inneburit sanitära problem. I Stockholm rann avloppsvatten och avfall i gatornas rännstenar till kajer och stränder. Under 1860- och 1870-talet byggdes de första allmänna avloppsledningarna i Stockholm. Efter det fick man färre sjukdomsutbrott men då fick istället recipienterna syrebrist och luktproblem. Vattnet i Stockholms innestad började bli ordentligt förorenat, Riddarfjärden kallades i folkmun för "Lortfjärden" och 1932 förbjöds bad vid Strömbadet nedanför Tegelbacken. Man började inse att det inte gick att släppa ut avloppsvatten obehandlat. 1934 invigdes Åkeshovs reningsverk och 1941 togs Henriksdals reningsverk i bruk. (Cronström 1986)

Utvecklingen av de olika reningsstegen (mekanisk, biologisk och kemisk rening) skedde i takt med att man upptäckte att ytterligare rening behövdes. Först renades vatten enbart mekaniskt med galler, efter det kompletterades reningsverken med biologisk rening. När närsalter började diskuteras så installerades i Stockholm teknik för kemisk fosforfällning i början av 70-talet. Krav på kväverening kom vid mitten av 80-talet. (Cronström 1986)

I dagens samhälle gäller kretsloppstänkandet och det har varit viktigt vid framtagande av de processlösningar som utvärderas i Sjöstadsverket. En annan viktig aspekt är att reningen ska vara resurseffektiv, vilket bland annat innebär liten nettoanvändning av högvärdig energi. Detta kan exempelvis uppnås genom att omvandla en större andel av det organiska materialet till biogas genom anaeroba processer. Teknikutvecklingen riktar sig även mot en mer kompakt teknik som kräver en mindre yta än den konventionella avloppsreningen. Detta för att urbaniseringen medför höjda markpriser i storstäder. (Norberg mfl.2001)

2.2 Fosfor

Fosfor är ett grundämne och ett viktigt växtnäringsämne. Fosfor lakas ut från jordbruk samt skogsmark och sprids i vattensystemet. Fosfor tillförs även vattendragen via avlopp. För stora mängder av detta näringsämne i våra vatten bidrar till algbloomningar och syrebrist. Huvuddelen fosfor kommer ifrån fekalier och urin och ca 1/3 från tvättmedel. (Kemira 2003)

Fosfor delas in i tre huvudfraktioner: fritt fosfat (mest från fekalier och urin), polyfosfater (mest från tvättmedel) och organiskt bundet fosfor. Totalhalten fosfor är summan av dessa. I den mekaniska reningen kan upp emot 30 % av den inkommande fosfor som är bundet till suspenderade partiklar avskiljas. (Kemira 2003)

Det biologiska reningssteget behöver fosfor för sin nyproduktion av mikroorganismer, därför får det utgående vattnet från förbehandlingen inte reducera för mycket av ämnet. Fosforreduktion kan ske både kemiskt och biologiskt.

2.2 Hammarby Sjöstad

Hammarby Sjöstad var ett industri- och hamnområde, idag är det en framväxande stadsdel i södra Stockholm med ett eget miljöprogram och högt satta miljömål. Allting skulle vara dubbelt så bra eller hälften så dåligt som andra nybyggnationer under 1990-talet. När allt är klart kommer 30 000 människor bo och arbeta i Hammarby Sjöstad.

Några av miljömålen:

- ? 95 % av fosfor i avloppsvattnet skall återföras till jordbruket, återföring av kalium och svavel kanske också är möjligt.
- ? Avloppsvattnets innehåll av tungmetaller och andra miljöskadliga ämnen skall reduceras med 50 %.
- ? Total-kvävet i det renade vattnet får inte överstiga 6 mg/l och totalfosfor får inte överstiga 0,15 mg/l.
- ? Vattenförbrukningen skall vara hälften så stor, helst 100 l/dygn och person.
(Stockholm Vatten AB, 2003)

De boende har ett eget miljöinformationscenter – Glashuset, där kan de bland annat få information om Hammarby Sjöstads kretsloppsmodell. Målet är att minimera energiförbrukning och avfallsprodukter och maximera återvinning och hushållning.
(hammarbysjostad.se)

2.3 Sjöstadsverket

De ambitiösa målen ledde fram till en satsning på ny teknik inom avloppsvatten- och slambehandling. Stockholm Vatten AB fick uppdraget att utvärdera ett lokalt reningsverk för Hammarby Sjöstad. Projektet är ett samarbete mellan Stockholm Vatten, högskolor, konsulter och leverantörer och har finansierats av Stockholm Vatten och LIP-kansliet (statliga pengar). Konsulter är bland andra IVL Svenska Miljöinstitutet AB, AnoxKaldnes, Tyréns AB, Institutet för jordbruks- och miljöteknik (JTI) m.fl.

Det har diskuterats och gjorts litteraturstudier för att identifiera och värdera olika idéer för avloppsvattenrening. Projektet ska i sin första etapp utvärdera fem stycken processlinjer med komponenter som i vissa fall är obeprövade i Sverige eller inom avloppsvattenbehandling. Projektet startade hösten 2000, driften av försöksanläggningen kom igång 2003 och kommer att fortgå till våren 2007. (Stockholm Vatten AB 2004)

Dagvattnet från Hammarby Sjöstad behandlas separat från avloppsvattnet, vilket innebär att tungmetaller och petroleumämnen minskar eller undviks helt. Då vattnet är mer koncentrerat utan dagvatten så har det också en högre temperatur. Man har också sett till att vid nybyggnation undvika kopparledningar till vattnet. Under försöksperioden renar fem parallella linjer avloppsvatten från 600-1000 personekvivalenter (pe), resterande renas i Henriksdals reningsverk.

De processlinjer som utvärderas är:

1. Aerob rening med aktivslam och biologisk kväve- och fosforreduktion, alternativt kemisk fosforreduktion
2. Aerob rening med membranbioreaktor och omvänd osmos
3. Anaerob rening med fluidiserad bädd och omvänd osmos
4. Anaerob rening med UASB, biologisk kvävereduktion och kemisk fosforreduktion eller omvänd osmos.
5. Anaerob rening med membranbioreaktor och omvänd osmos

Om försöksanläggningen kan ge goda resultat, är det tänkt att ett lokalt reningsverk för 15 000 pe skall byggas. (Norberg mfl.2001)

3 Fällning och flockning

3.1 Grundläggande teori

Hushållsavloppsvatten innehåller suspenderat material, syreförbrukande substanser, närsalter, bakterier, virus, parasitägg, tungmetaller och miljöfrämmande ämnen. Detta kan delas upp i en mängd olika grupper bl.a. partikulärt, kolloidalt och löst material. I detta examensarbete identifieras partikulärt material som $>1,6 \mu\text{m}$, lösta partiklar $<0,45 \mu\text{m}$ och kolloidalt där i mellan (Svensk Standard).

Man kan även dela in avloppsvatten i organisk och oorganiskt material. Det organiska består av proteiner, stärkelser och andra kolhydrater. Den oorganiska delen är mest lösta salter som bestäms av jonsammansättningen i dricksvattnet och tungmetaller som binds till partiklarna och slammet i avloppsvattnet.

En vanlig förbehandling och separationsprocess är försedimentering med kemisk fällning. Sedimentationshastigheten bestäms av densiteten och storleken på partiklarna.

Syftet med förfällning⁴ är att minska belastningen i den efterkommande biologiska reningen genom att fälla ut partiklar genom flockning⁵ samt att sänka fosforhalten i vattnet. Slammet som bildas och avskiljs vid fällningen är tänkt att kunna användas till gödning efter behandling.

Nettoladdningen på materialet i avloppsvattnet är negativ och repellerar då bort från varandra. Fällningskemikaliens⁶ uppgift är att neutralisera laddningen så att materialet kan med hjälp av "Van der Waals-krafter"⁷ bilda större partiklar som sedimenterar fortare. En annan uppgift som fällningskemikalien har är att reagera med fosfaten och genom jonbindning bilda metallfosfat. Vanligtvis är fällningskemikalierna baserade på järn- eller aluminiumsalt, men det går även att använda polymerer och andra metaller.

Polymeren Purfix 120 är katjonisk och har till uppgift att binda ihop mindre partiklar till större med bättre sedimenteringsegenskaper.

När metallsaltet tillsätts reagerar den på mindre än en sekund, om inblandningen är god, med den lösta fosfaten och bildar små stabila flockar. En annan typ av flockar som bildas är hydroxidflockar, de bildas när flockningsmedlet reagerar med hydroxider istället för med fosfaten. Det är dessa som syns och kan bli stora som snöflingor, de är också mycket känsliga för mekanisk påverkan och slås lätt sönder innan de hunnit sedimentera. Därför är det viktigt att undvika turbulens.

Metalljonerna kan vara hög- eller lågladdade. Järnjonen kan ha en laddning på +2 och +3, aluminiumjonen +3 men aluminiumkomplex kan ha upp till +7. En högladdad produkt (+4 och uppåt) är effektivare på att neutralisera och reducera partiklar än en lågladdad som är bättre på att reducera fosfat.

⁴ Efter en förfällning transporteras vattnet vidare till biologisk rening därför vill man avskilja partikulärt material och fosfat

⁵ Flockning innebär sammanslagning av mindre partiklar till större partikelagregat

⁶ Kemisk förening som åstadkommer flockning, kallas även koagulant och flockningsmedel.

⁷ Van der Waals krafter uppstår när temporära laddningsskillnader hos molekylerna gör så att de binds till varandra.

Rent teoretiskt så ska man få bort en mol fosfat med en mol metallsalt. I praktiken så spelar andra faktorer in, t.ex. så kan inblandningen inte fungera optimalt. I detta fall reagerar en del metallsalt med hydroxider eller med svavel istället för med fosfaten, eller så adsorberas metallsaltet på partikelytor utan att reagera med fosfaten.

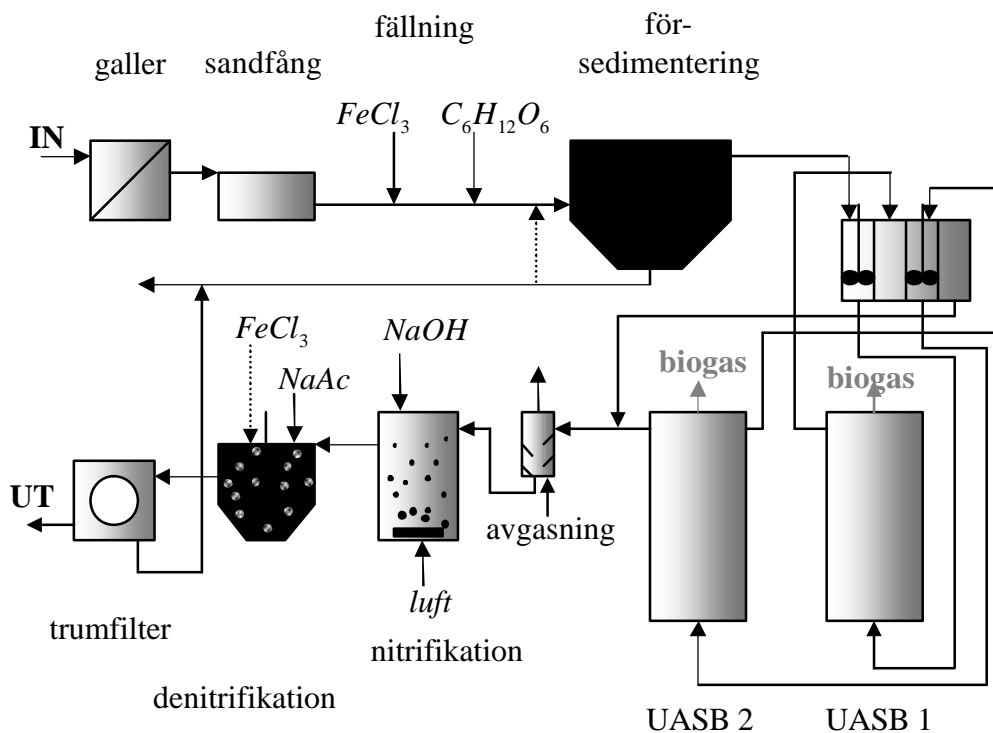
För att fällningskemikalien ska fungera optimalt ska pH intervallet ligga där metallsaltet har sin lägsta löslighet. För aluminium gäller 6,2-6,7 och för järn 5,0-5,5 och 8.

Fällningskemikalierna har ett pH omkring 2 men om inblandningen är otillräcklig eller om metallsaltet överdoseras så frigörs vätejoner och försurar mer än nödvändigt. Ett för lågt pH in i den anaeroba processen är inte bra för de mikroorganismer som ska sköta nedbrytningen. (Kemira 2003)

I nitrifikationen behöver för bakterierna en kolkälla (energi) och den tas helst från vätekarbonat (HCO_3), därför är det önskvärt att förbruka så lite alkalinitet som möjligt. Men ju mer fosfat som reduceras desto mer alkalinitet förbrukas.

4 Linje 4

Innan avloppsvattnet pumpas in i de olika processlinjerna passerar vattnet en mekanisk grovrening och ett sandfång. För närvarande består linje fyra av följande komponenter:



Figur 1. Flödesschema över linje 4, av Nils Zimmermann

4.1 Försedimentering

En vanlig avskiljningsprocess är en försedimentering (se figur 1) där partiklar avskiljs med hjälp av tyngdkraften och sjunker till botten. Dessa partiklar kan annars hindra en effektiv efterföljande rening. En vanlig metod är att använda fällningskemikalier för att öka reduceringen av fosfor och suspenderat material. Det slam som bildas och avskiljs förs till slambehandling. Flödet in till försedimenteringen är 1 m³/h.

4.2 UASB

UASB står för Upflow Anaerobic Sludge Blanket.

I dessa två anaeroba reaktorer bryts organiskt material (COD) ned av bakterier under bildning av metangas. Bakterierna har byggt upp sitt eget bärrmaterial s.k. granuler att växa på. De ser ut som svart kaviar och är 0,5-2 mm i diameter stora. Denna storlek ger bra sedimenteringsegenskaper och följer då inte med det renade vattnet ut. Komponenter av detta slag har används oftast vid varmare breddgrader. På Sjöstadverket står reaktorerna utomhus för att utvärdera hur processen fungerar i detta förhållandevis kalla klimat. Fördelar med anaerob rening är att det blir en liten slambildning och ingen energikrävande luftning behövs. En nackdel är att det tar lång tid att få en bra bakteriekultur i anaeroba processer.

4.3 Biologisk polering

I den biologiska poleringen sker kvävereduktion genom nitrifikation och denitrifikation i en aerob respektive anox⁸ zon. I nitrifikationen är det bra om alkaliniteten in är hög eftersom kolet i vätekarbonaten förbrukas när ammoniumkvävet (NH₄-N) ska omvandlas till nitratkväve (NO₃-N). När man har efterdenitrifikation behöver en kolkälla tillsättas för att få en fullständig denitrifikation då COD halten är för låg. Troligtvis kommer fällningskemikalier att tillsättas i denitrifikationen då inblandningen förväntas gå bättre än med den rörblandare som idag finns efter denitrifikationen.

4.4 Trumfilter

Trumfilter brukar bl.a. användas för att rena avloppsvatten från fiskodlingar.

I denna linje är trumfiltret det sista behandlingssteget och syftet är i detta driftsfall att fälla ut resterande fosfor som kan finnas kvar för att nå målet på 0,15 mg totalfosfor. Från början var det tänkt att enbart trumfiltret tillsammans med kemisk fällning skulle räcka för att reducera fosfor, men flockningen och fällningen har hittills inte fungerat. När man tillsätter fällningskemikalier så ska flockarna fastna på filterduken som består av nylonväv. På filterduken bildas en slamkaka som också fungerar som filter. Med jämna mellanrum så backspolas filterduken och slamkakan spolat ned till en slamränna och vidare till slamhantering.

4.5 Karaktär på inkommande vatten

Årsmedelvärde från 2004 och vår 2005 på inkommande vatten från Hammarby Sjöstad, analyserat på Stockholm Vattens ackrediterade laboratorium. Analyserna är genomförda 1 gång/vecka. Stickproverna är medelvärden från analyser utförda på Sjöstadverket enligt avsnittet ”Analyser” under examensarbetet.

⁸ En anox zon har bundet syre i någon form, i detta fall nitrat som bakterierna kan utnyttja

<u>Analys</u>	<u>Årsmedelvärde 2004</u>	<u>Vår 2005</u>	<u>Stickprover</u>
Totalfosfor	12 mg/l	11 mg/l	12,1 mg/l
Fosfatfosfor	8 mg/l	8,5 mg/l	7,8 mg/l
Total COD	570 mg/l	608 mg/l	643 mg/l
Löst COD	230 mg/l		178 mg/l
Totalkväve	64 mg/l	67 mg/l	
Suspenderat material	250 mg/l	277 mg/l	239,4 mg/l
Turbiditet			241 FNU
pH			7,9
Alkalinitet HCO ₃	306 mg/l	314 mg/l	257 mg/l
Järn	249 µg/l		

5 Analyser

Samtliga analyser har utförts på Sjöstadsverket.

Suspenderat material - SS

Suspenderat material mäts i mg/l och fångas upp vid filtrering av ett vattenprov med ett 1,6 µm filter. Det torkade (>2 timmar i 105°C) filtret vägs före och efter filtreringen och SS beräknas enligt ekvation 1. V står för volym på provvattnet, m_f står för filtrets massa före filtrering och m_e filtrets massa efter filtrering.

$$SS = \frac{m_e - m_f}{V} \quad [\text{mg/l}] \quad (1)$$

Turbiditet

Turbiditet mäts i en fotospektrometer och anges i FNU (Formazine Nephelometric Units). I vissa fall används denna metod som är snabbare istället för SS, då det går att jämföra resultaten även om turbiditet är ett grövre mått på det suspenderade materialet.

COD

COD betyder Chemical oxygen demand – syreförbrukning och anges i mg O₂/l. Både total COD och COD filtrerat med 1,6 och 0,45 µm filter har analyserats. På Sjöstadsverket används Dr. Langes snabbkyvtest, där provet kokas i två timmar i 148°C och mäts i en fotospektrometer. Filtratet från ett prov som filtrerats med 0,45 µm filter innehåller enbart löst COD, en stor andel sådant ger bra med energi för bakterierna i den efterföljande anaeroba processen. Ett prov som filtrerats med ett 1,6 µm filter innehåller både löst och kolloidalt organiskt material. Anledningen till att både 0,45 och 1,6 µm filter har används är för att 1,6 µm filter har blivit en projektstandard och är då lättare att jämföra med andra resultat samtidigt som de praktiska labförutsättningarna väger tungt, det går helt enkelt fortare. Skillnaden vid analyser på de olika filtraten anses som relativt liten.

Fosfor

Fosfor har mätts i totalfosfor och fosfatfosfor (PO₄-P). I analysen för totalfosfor kokas provet i en timme i 100°C för att frigöra den bundna fosfor i partiklarna. Vid analys av fosfatfosfor filtreras provet med ett filter av porstorleken 1,6 µm. I filtratet finns nu den lösta fosfaten som analyseras med Dr. Langes snabbkyvtest och fotospektrometern. På ett antal prov har fosfatfosfor analyserats på ofiltrerat prov, detta p.g.a. ett missförstånd.

pH

Ett pH anger koncentrationen av vätejoner i ett prov och mäts med en mobil pH mätare från WTW som har kalibrerats inför varje mättillfälle.

Alkalinitet

Alkaliniteten anger vattnets buffringsförmåga och vid denna analys anges den i mg vätekarbonat/l. Provet titreras med 0,05 M saltsyra (HCl) ned till pH 5,4. Alkaliniteten = åtgången syra i ml * 30,5.

6 Utförande

6.1 Screeningsförsök

I screeningsförsöken⁹ har följande reducerade försöksuppställning använts:

Metallsalt/Purfix	Låg	Mellan	Hög
Låg	LL		LH
Mellan		MM	
Hög	HL		HH

Molförhållandet mellan metall och inkommande PO₄-P

Låg: ca 1:1

Mellan: ca 1,5:1

Hög: ca 2:1

I vissa fall analyserades inkommande fosfatfosforhalt efter försöket, därför varierar molförhållandet på metallsaltet.

För Purfix 120 gäller följande dosering (torrhalt).

Låg: 0 och 3 mg/l

Mellan: 4,5 och 6 mg/l

Hög: 9 mg/l

Tillvägagångssätt

En bägare fylls med 1000 ml inkommande avloppsvatten som hämtas kl. 9.00. En större mängd vatten hämtas för att kunna utföra samtliga labförsök i försöksomgången på samma vatten. Metallsalt och Purfix tillsätts och under 10 sekunders snabb omrörning reagerar metallsaltet med fosfaten och bildar stabila små flockar. Sedan följer 10 minuters långsam omrörning då hydroxidflockarna växer till. Omröraren tas försiktigt bort och försöket får stå och sedimentera under 30 minuter. Minst 250 ml prov tas ur från klarfasen vid 600 ml märket för analyser.

6.2 Fullskaleförsök

Under två veckor prövas de bästa resultaten i fullskalanläggningen. Då den inkommande fosfathalten varierar, regleras metallsaltdoseringen efter en inkommande fosfathalt. Purfixen kommer i en 20 % lösning, denna späds till 0,4 % och tillsätts precis som metallsaltet strax

⁹ Vid screeningsförsök utförs en rad labförsök för att få ett mindre antal försök att fortsätta utvärdera

innan en rörblandare. Denna rörblandare skapar turbulens och blandar därmed vatten och fällningskemikalier innan vattnet når försedimenteringen.

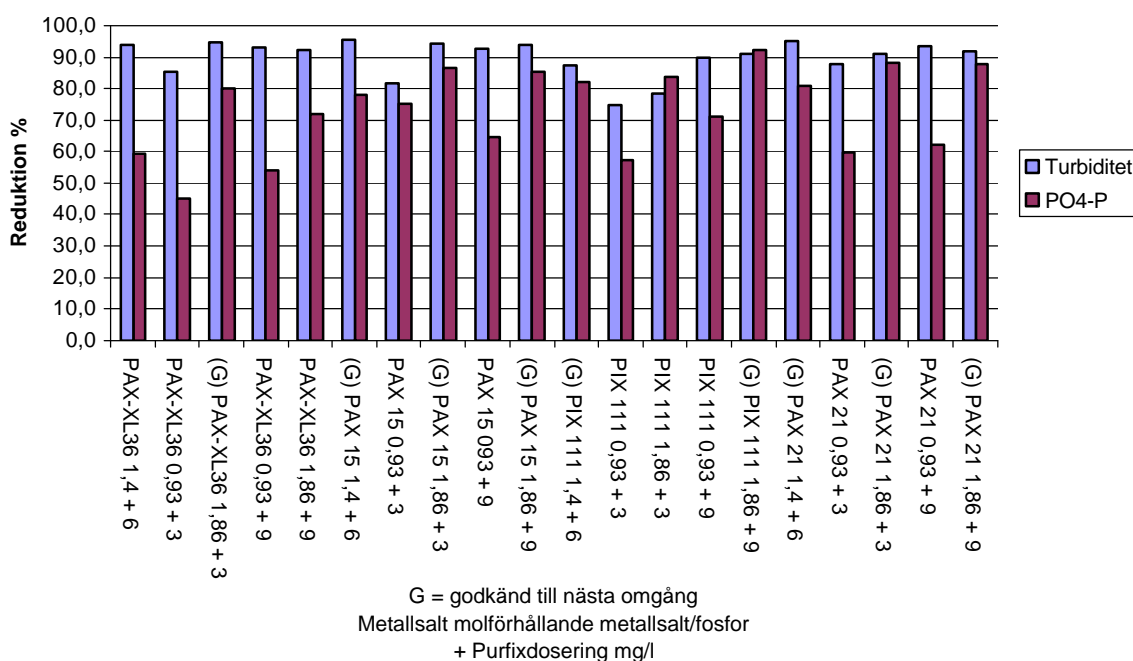
En vattenprovtagare tar ett prov var 6:e minut dygnet runt från ett kärl där vattnet pumpas vidare till UASB-reaktorerna.

7 Resultat och Diskussion

7.1 Screening

7.1.1 Försöksomgång 1

I den första omgången screeningsförsök (se figur 2) så utfördes försök på samtliga kemikalier förutom PAX XL621, i fem olika kombinationer av molförhållande och Purfixdosering. På de 20 försöken analyserades fosfatfosfor och turbiditet. Målet är att reducera ned fosfatfosforhalten till 0,5 mg/l och med en för dagen inkommande halt på 9,13 mg/l (ofiltrerat prov, det egentliga värdet är ca 15-20 % lägre) skulle det innebära en reduktion på 95 %. En önskvärd turbiditetsreducering är >50 %, det inkommande värdet låg på 247 FNU.



Figur 2. Diagram över Screening försöksomgång 1

Medelvärdet på fosfatfosforreduktionen i denna försöksomgång var 73 %. Det bästa resultatet gav PIX 111, med en reduktion på 92 % med molförhållandet metall/fosfat 1,86:1 + 0,9 mg Purfix/l vilket sänkte fosfatfosforhalten till 0,7 mg/l och turbiditeten med 91 % till 15,5 FNU. Som lägst var turbiditetsreduktionen på 74,6 % med PIX 111 molförhållandet metall/fosfat 0,93:1 + 3 mg purfix 120/l, vilket dock är en hög reduktion. Medelvärdet på turbiditetsreduktionen i denna omgång var 90 %, vilket får anses som mycket bra och eftersom partikelreduktionen är så pass god, fokuseras det mer på fosfatfosforreduktionen i fortsättningen.

Som väntat gav PAX XL36 produkten en hög turbiditetsreduktion men en mindre bra reduktion på fosfatfosfor, då det är en högladdad produkt som ska fungera på det sättet. Generellt sett kan man förvänta sig bättre resultat i labförsök än i fullskala p.g.a. olika orsaker som till exempel sämre inblandning i fullskala.

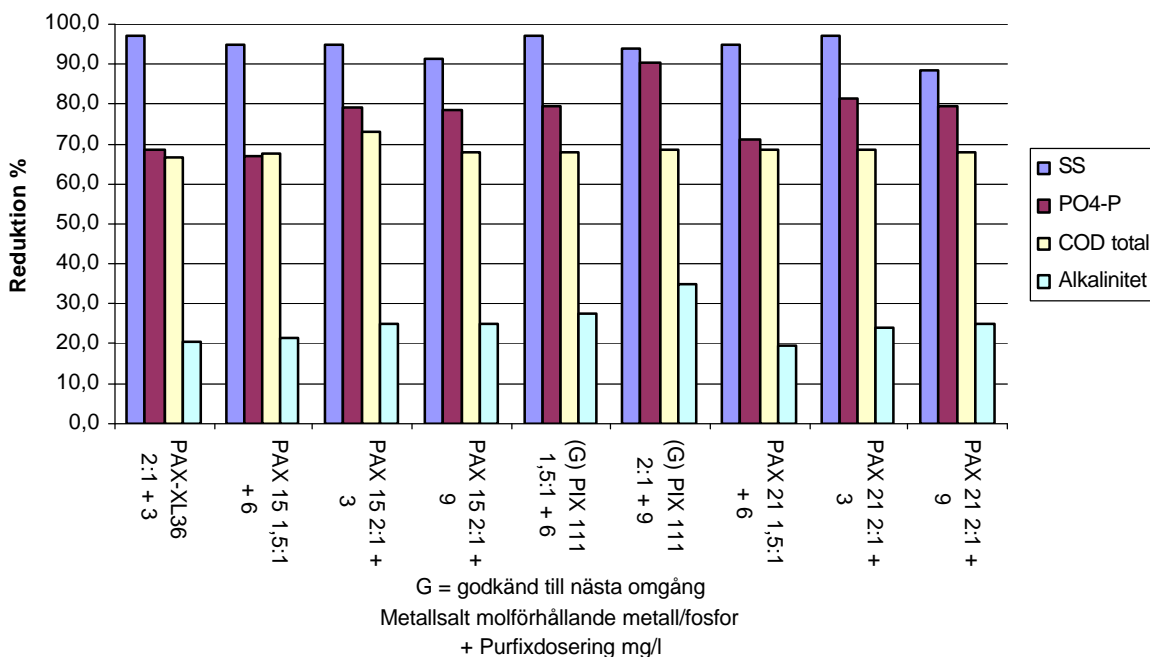
De som valdes ut att testas i nästa försöksomgång hade en fosfatfosforreduktion på minst 80 %. Kemikalier och doser som gav bäst resultat med avseende på både fosfatfosfor- och turbiditetsreduktion och som testas i nästa försöksomgång screeningsförsök ses i figur 2 märkt med ett G. I stort sett alla som gav bäst resultat har ett förhållandevis högt molförhållande mellan metallsalt och fosfat 1,86:1.

Purfixdoseringen verkar ha en mindre inverkan. En hög dosering av Purfix gav synligt större flockar men inte en bättre reduktion, däremot troligtvis bättre sedimenteringsegenskaper.

7.1.2 Försöksomgång 2 och 3

I försöksomgång två och tre testades de försök som gick vidare från försöksomgång ett. Här analyserades turbiditet, COD-total, suspenderat material, fosfatfosfor på ofiltrerat prov, pH och alkalinitet. Resultaten från försöksomgång två och tre skiljde sig inte märkbart ifrån varandra, därför redovisas enbart diagrammet från försöksomgång två (se figur 3). Båda tabellerna med analysresultat finns dock med som bilagor.

Istället för en redovisning av turbiditet används suspenderat material i diagrammen härnäst. Vid ett mindre antal prov att analysera är tidsåtgången för SS analys acceptabel.



Figur 3. Screening försöksomgång 2

PAX 21 som är en blandningsprodukt av järn och aluminiumsalt, gick inte vidare till nästa omgång efter en diskussion med Kemira eftersom den troligtvis slutar att tillverkas då den är instabil vid tillverkningen.

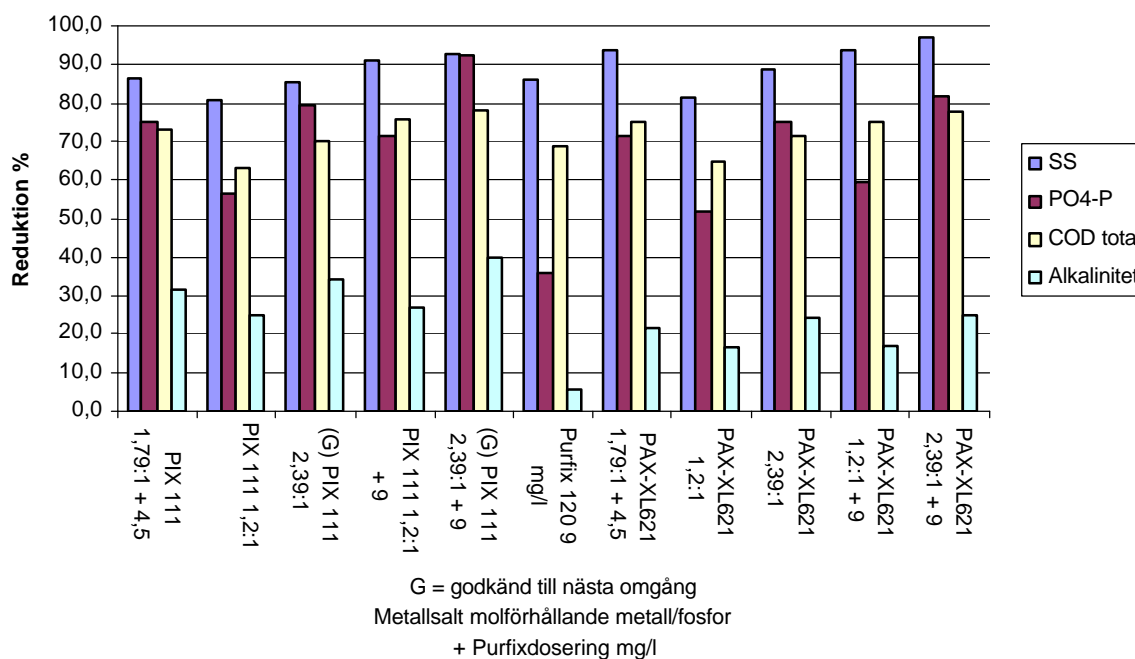
pH sänker sig inte nämnvärt efter flockningsprocessen, i snitt tre tiondels pH enheter från pH 8 till 7,7. Detta innebär att inblandningen fungerar bra och den efterföljande processen störs inte.

Resultaten skiljer sig endast marginellt från varandra, dock utmärker sig PIX 111 med molförhållandet 2:1 när det gäller fosfatfosforreduktionen som uppgår till 90 %. Däremot förbrukar den produkten mest alkalinitet. Kvarvarande alkalinitet är ändå tillräckliga för den efterföljande processen, omkring 174 mg HCO₃/l. Halten vätekarbonat är tillräcklig efter samtliga försök, i snitt 202 mg/l.

Den totala COD halten visar både det lösta organiska materialet (en hög halt löst COD är bra för UASB reaktorerna) och det partikulära materialet, av vilka det senare till stor del reduceras. Analyserna visar en relativt hög reduktion av det totala COD men inget försök ”godkänns” p.g.a. de resultaten.

7.1.3 Försöksomgång 4

Inför försöksomgång fyra fördes diskussioner med Jarl Söderholm från Kemira som föreslog produkten PAX-XL621 som är baserad på både järn och aluminium. Det beslutades även att utvärdera Purfix 120 lite närmare, låg dosering ändrades från 3 till 0 mg/l, mellan doseringen ändrades från 3 till 4,5 mg/l och hög dosering kvarstod på 9 mg/l.



Figur 4. Screening försöksomgång 4

Reduceringen i denna försöksomgång av suspenderat material är fortsatt hög med samtliga kemikalier och doseringar (se figur 4). Med enbart Purfix är reduktionen av fosfatfosfor alldeles för låg.

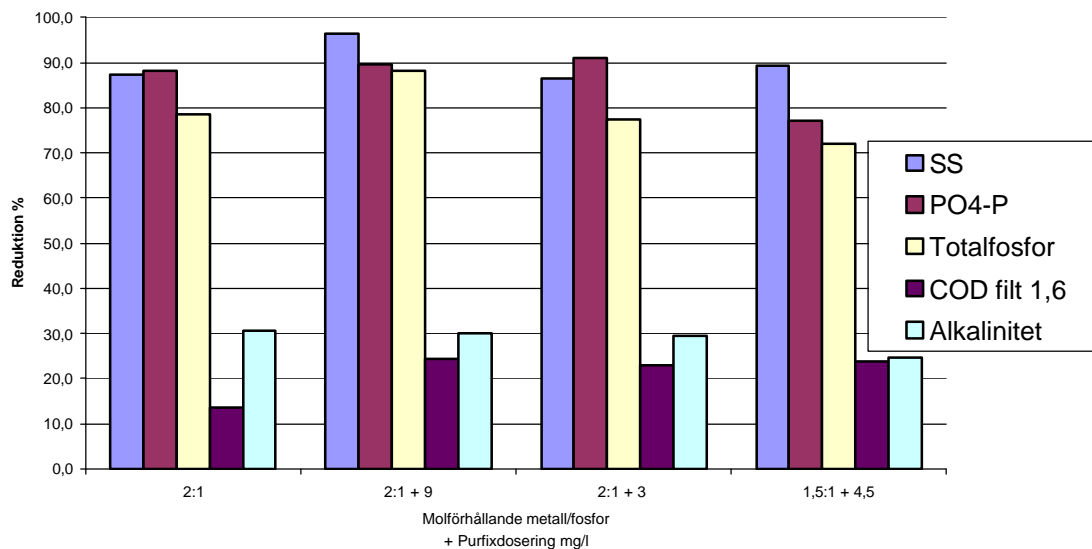
En fosfatfosforreduktion på 97 % med PIX 111 till 0,23 mg/l är ett mycket bra resultat. Detta uppnåddes med ett molförhållande på 2,39:1 och 9 mg Purfix/l. Även utan Purfix ger PIX 111 med ett högt molförhållande, 2,39:1 en hög fosfatfosfor- och SS reduktion. Därför kommer PIX 111 att testas i fullskalanläggningen.

7.1.4 Försöksomgång 5

PIX 111 har under samtliga försöksomgångar gett goda resultat därför utförs ytterligare försök för att få ett bra underlag för fullskaleförsöken (se figur 5).

Försöket med molförhållandet 2:1 + 3 mg Purfix reducerade fosfatfosforhalten till 0,57 mg/l och totalfosfor till 2,41 mg/l. Reduceringen av suspenderat material i det försöket var något lägre än i de andra försöken, vilket kan förklara att totalfosforhalten inte var lägre.

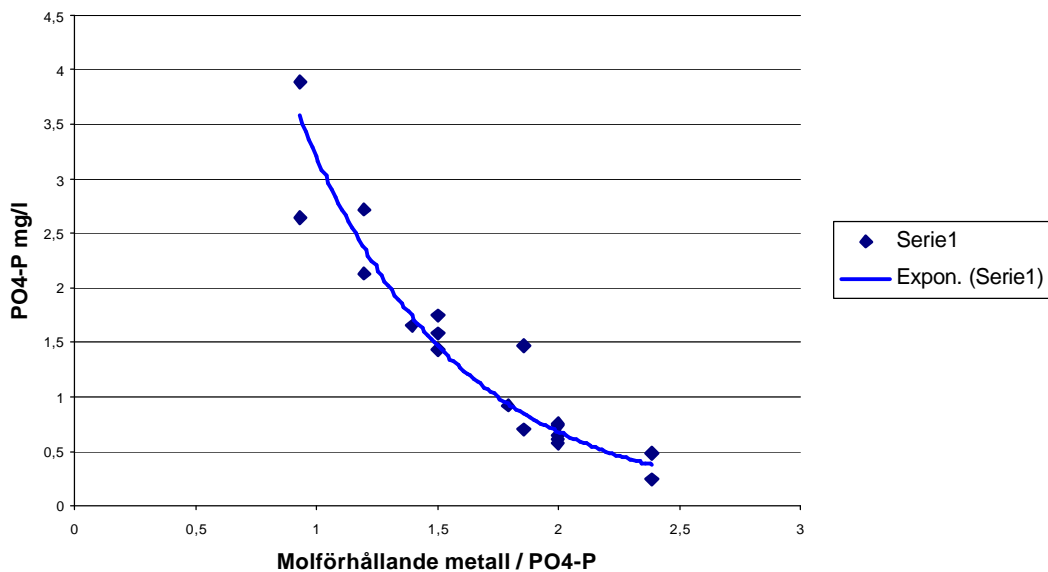
Med molförhållandet 2:1 och 9 mg Purfix blev resultatet 0,65 mg fosfatfosfor och 1,27 mg totalfosfor vilket är ett bra resultat. Vid ett molförhållande 2:1 och utan Purfix förbrukades en mindre andel löst COD, vilket är bra för den efterföljande anaeroba processen. Fosfatfosforresultatet blev 0,73 mg/l och totalfosfor 2,3 mg/l.



Figur 5. Screening försöksomgång 5

7.1.5 Försök med PIX 111

PIX 111 som är ett järnbaserat metallsalt har sitt optimala pH intervall mellan 5-5,5 och vid pH 8, vilket stämmer väl överens med Hammarby Sjöstads obehandlade avloppsvatten som har ett värde på 7,9. Diagrammet nedan (figur 6) är baserat på resultat från samtliga screeningsförsök med PIX 111. Det visar att ett värde av ca 0,5 mg fosfatfosfor/l uppnås med ett molförhållande metall/fosfor mellan 2 och 2,5:1. Diagrammet visar även att kurvan planar ut och att fällningskemikalien tappar effekt. Det beslutades efter diskussioner med Daniel Hellström och Jonas Karlsson att molförhållandet 2-2,5:1 skall provas i fullskala.



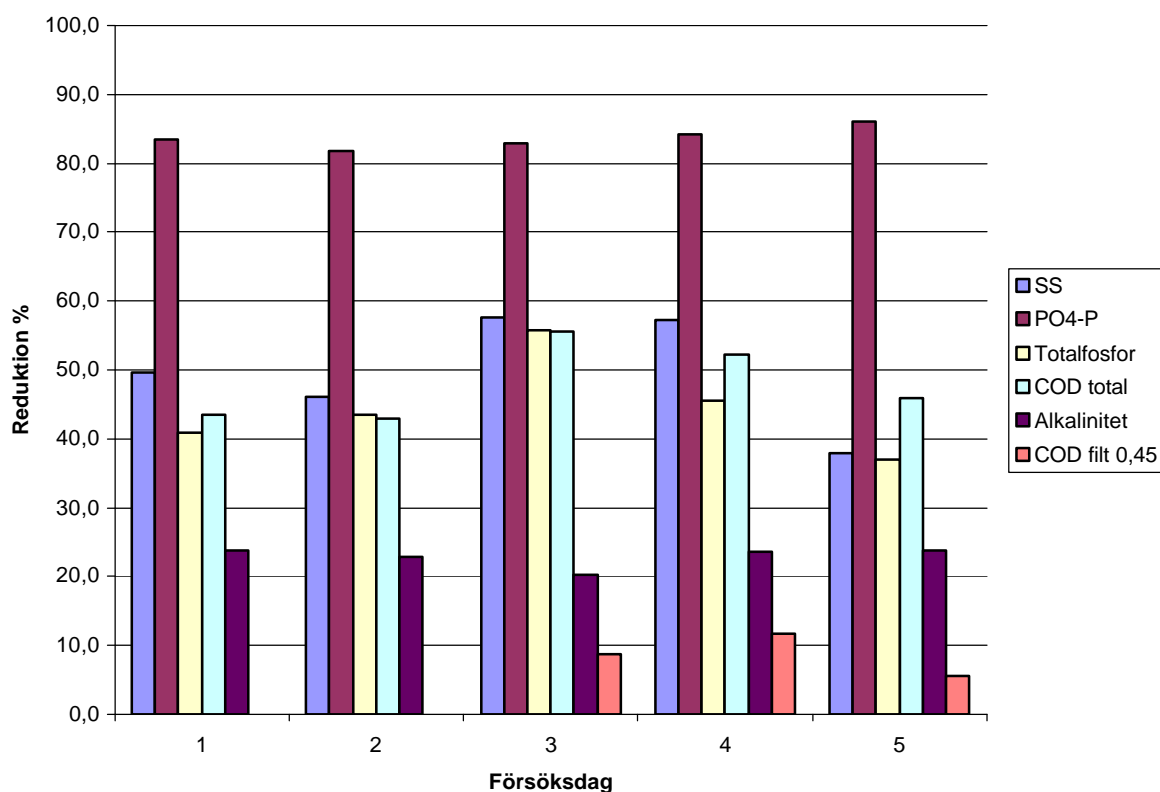
Figur 6. Utgående halt av PO₄-P med PIX 111

7.2 Fullskaleförsök

7.2.1 Fullskaleförsök med molförhållande 2:1

Ingen Purfix doserades under försöksdag ett, men då totalfosfor var på 7,44 mg/l, beslutades att dosera Purfix för att få tyngre flockar då de tidigare inte hunnit sedimentera. Dag två doserades 6 mg/l och dag tre till fem 8 mg/l.

Analyser på löst COD visade dag ett och två ett högre värde än inkommande vatten, värdena skiljde sig marginellt från varandra och var inom felmarginalen (se figur 7). Resten av dagarna visade en låg reduktion av löst COD.

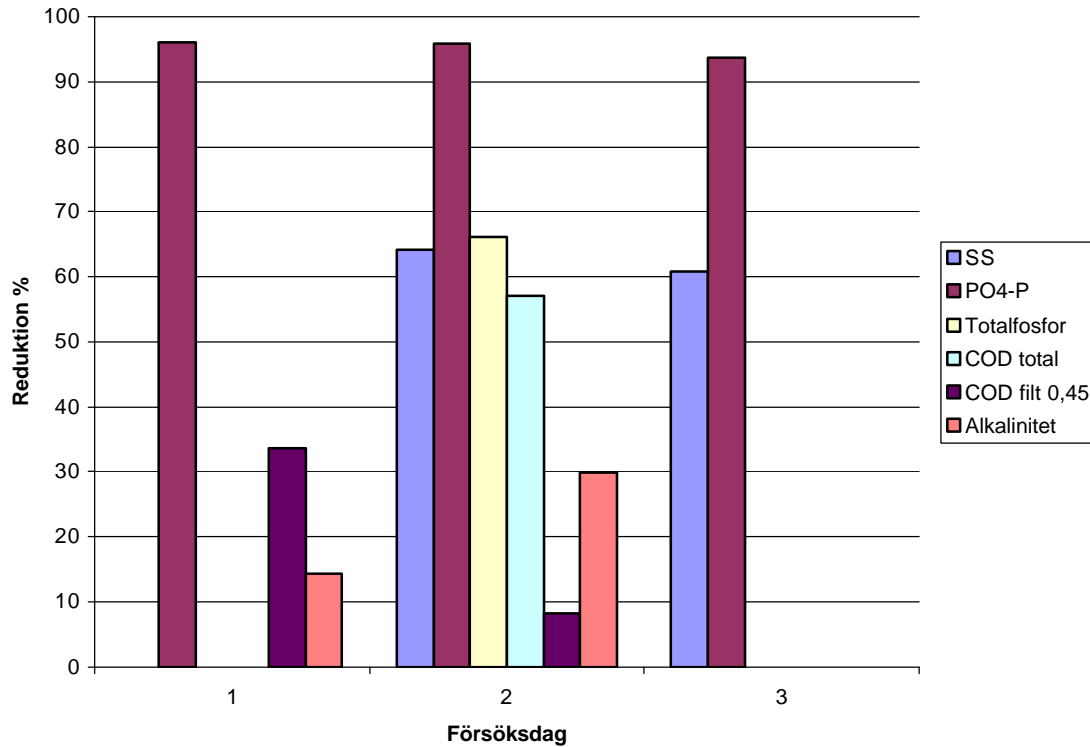


Figur 7. Fullskaleförsök med molförhållandet 2:1

Fosfatfosfor reducerades ned till 1,2-1,5 mg/l, och samtliga resultat låg på en jämn nivå, dock för liten reducering. Reduktionen av suspenderat material var förhållandevis låg, och vattnet i försedimenteringen var svart p.g.a. järnsulfidbildning. Järnsulfider ger avlagringar vilket stör analysresultat som SS, turbiditet, total COD och totalfosfor och ger då högre värden. Purfixdoseringen gav inte en högre reduktion av det suspenderade materialet och avlagringarna i slangar, försedimenteringsrännan m.m. störde mätningarna.

7.2.2 Fullskaleförsök med molförhållandet 2,5:1

Då järnsulfidavlagringarna behövde spolas bort, försvann en försöksdag till det, vilket gjordes mellan försöksdag ett och två. SS och totalfosfor på dag ett var högre än inkommande, men efter det är resultaten mer rättvisande och på en nivå som är acceptabel (se figur 8).



Figur 8. Fullskaleförsök molförhållande 2,5:1

Dag ett och två visar analysresultaten ett värde på 0,3 mg fosfatfosfor/l, dag tre reducerades halten till 0,6 mg/l, vilket är mycket lovande resultat. Dock var totalfosforhalten för hög med 17,6 mg/l dag ett och 4,16 mg/l dag två. Alkaliniteten låg på en acceptabel nivå runt 200 mg HCO₃/l. Den lösta COD visar en låg reduktion. Purfixdoseringen var under samtliga dagar 8 mg/l.

2,5:1 i molförhållande är en överdosering och slammet från processen har troligtvis en mycket hög järnhalt. Ett järnrikt slam är dock bättre för ekosystemet än ett aluminiumrikt slam. Ett alternativ till detta kan vara att dosera med molförhållandet 1,5:1 och sedan fälla ut resten av fosfaten i trumfiltret.

8 Slutsatser

Laboratorieförsök

Samtliga fällningskemikalier visade goda resultat när det gällde reduktion av suspenderat material, ofta över 90 %. Ett högt molförhållande hos samtliga fällningskemikalier, mellan 1,5-2:1 gav högst fosfatfosforreduktion och suspenderat material men då förbrukades också mest alkalinitet. De kemikalier som gav bäst reduktion när det gällde fosfatreduktionen valdes ut för fortsatt utvärdering.

De högladdade produkterna PAX XL36 och PAX XL621 reducerade fosfatfosfor sämre än de andra fällningskemikalierna. Samtidigt som reduktionen av suspenderat material var likvärdig. Dock var reduktionen av alkalinitet några procentenheter lägre än genomsnittet.

Produkterna PAX 15 och PAX 21 gav relativt måttlig fosfatfosforreduktion utan att visa andra tydliga fördelar jämfört med de andra fällningskemikalierna.

Järnkloriden PIX 111 med ett högt molförhållande på 2-2,5:1 reducerade fosfatfosfor ned till 0,5 mg/l och under. Försöken visade även en tendens till att PIX 111 förbrukar mer alkalinitet än de andra produkterna.

Fullskaleförsök

Utifrån resultaten i screeningsförsöken valdes PIX 111 för försök i fullskala. Målet att nå ned till en nivå av 0,5 mg/l uppnåddes med ett molförhållande på 2,5:1. Trots att antalet försöksdagar var få visade samtliga analyser goda resultat. Det suspenderade materialet reducerades med omkring 60 %.

När det gäller alkaliniteten så är en reduktion svårt att undvika vid kemisk fällning. I fullskaleförsöken 2:1 så reducerades i genomsnitt 23 % ned till en nivå av 222 mg/l. Vid molförhållandet 2,5:1 är resultaten för få för att kunna kvantifiera slutsatserna.

Den lösta COD, som är viktig för UASB-processen, reduceras vid fullskaleförsöken 2:1 i genomsnitt med 9 % (jämfört med inkommande vatten) till en nivå av 172 mg/l. Reaktorernas effektivitet minskar till en viss del. Detta är dock svårt att undvika vid fosforfällning. En jämförelse mellan olika kemikaliers reduktion av löst COD utfördes ej. Det är sannolikt att mindre löst COD reduceras vid ett lägre molförhållande.

Järnsulfid bildades som gav avlagringar och näst intill svart vatten. Detta kan vara på grund av en otillräcklig inblandning, avsaknad av luftning och ett överskott av järn.

Fortsatta försök

I vidare försök är målen viktiga då PIX 111 har både positiva och negativa effekter. Är målet en bra fosfatfosfor- och suspenderat materialreduktion så rekommenderas ett molförhållande på 2,5:1 och 8 mg Purfix/l. Eventuellt kan en två-punktsfällning testas.

Flockningen och fällningen skulle kunna förbättras t.ex. med flockningskammare. Detta skulle innebära en bättre inblandning av fällningskemikalierna och kanske därmed undvika järnsulfidbildningen. Flockarna skulle på detta sätt troligtvis få bättre sedimenteringsegenskaper och därmed få bättre resultat. Eventuellt kan luftning innan dosering också avhjälpa problemet med järnsulfidbildning.

Källförteckning

Bengtsson Jessika, *Förbehandling av kommunalt avloppsvatten före anaerob behandling*, examensarbete i ekosystemteknik, Avdelningen för Vattenförsörjnings- och avloppsteknik, Lund, juni 2003

Cronström Anders, *Vattenförsörjning och avlopp*, Stockholms Tekniska historia, 1986.

Gannholm Catharina, *Utvärdering av anaerob behandling av hushållspillvatten och tekniker för efterbehandling*, examensarbete i miljö- och vattenteknik, Institutionen för geovetenskaper, Uppsala Universitet, 2005.

Gillberg Lars m.fl. *Konsten att rena vatten*, Kemira Kemwater, Helsingborg 2003

Karlsson Jonas, *Optimering av trumfilter för behandling av avloppsvatten*, examensarbete i miljö- och vattenteknik, Institutionen för geovetenskaper, Uppsala Universitet, 2005

Nordberg Å, Edström M, Olsson L.E, Hellström D, *Anaerob behandling av avloppsvatten*, 2001, Litteraturstudie, JTI uppdragsrapport

Nyberg Ulf m.fl. *Introduktion till avloppstekniken*, VAV (Svenska Vatten- och Avloppsföreningen) Publikation, Stockholm 1996

Stockholm Vatten AB, *Hammarby Sjöstads reningsverk*, broschyr, 2004.

www.hammarbysjostad.se 2005-04-21

www.kemira.com/water_treatment_Sweden/svenska/Kemisk_fallning/Grundkurs_kemisk_fallning/ 2005-04-05

www.stockholm.krets.snf.se 2005-04-21

www.stockholmvatten.se 2005-04-21

BILAGA B sid 1 (2)

Försök nr.	Metallsalt molförhållande metallsalt/fosfor + Purfixdosering mg/l	Molförhållande Me/P	Metallsalt µl/l	Purfix mg/l	Förhåll. Metallsalt / Purfix	Turbiditet ABS FNU	Turbiditet Reduktion %	COD O2/l	COD Reduktion %	SS mg/l	SS Reduktion %
2005-04-07 Screening försöksomgång 2											
	Inkommande					197		482		177,4	
21	PAX-XL36 2:1 + 3	2	149	3	HL	12,2	93,8	162	66,4	5	97,2
22	PAX 15 1,5:1 + 6	1,5	101	6	MM	12,1	93,9	157	67,4	9	94,9
23	PAX 15 2:1 + 3	2	134	3	HL	13,3	93,2	129	73,2	9	94,9
24	PAX 15 2:1 + 9	2	134	9	HH	14,3	92,7	154	68,0	14,9	91,6
25	X PIX 111 1,5:1 + 6	1,5	111	6	MM	25,3	87,2	155	67,8	5	97,2
26	X PIX 111 2:1 + 9	2	148	9	HH	24,7	87,5	152	68,5	11	93,8
27	PAX 21 1,5:1 + 6	1,5	107	6	MM	12,6	93,6	152	68,5	9	94,9
28	PAX 21 2:1 + 3	2	142	3	HL	13,8	93,0	152	68,5	5	97,2
29	PAX 21 2:1 + 9	2	142	9	HH	18,9	90,4	155	67,8	20	88,7
			Gul = godkänd till nästa omgång								
2005-04-12 Screening försöksomgång 3											
	Inkommande					240,0		655		271,3	
21	PAX-XL36	2	154	3	HL	13,3	94,5	170	74,0	11	95,9
22	PAX 15	1,5	104	6	MM	11,9	95,0	168	74,4	8	97,1
23	PAX 15	2	139	3	HL	14,9	93,8	172	73,7	7	97,4
24	PAX 15	2	139	9	HH	13,4	94,4	166	74,7	15	94,5
25	PIX 111	1,5	114	6	MM	30,4	87,3	170	74,0	18	93,4
26	PIX 111	2	153	9	HH	17,6	92,7	152	76,8	16	94,1
27	PAX 21	1,5	107	6	MM	15,0	93,8	163	75,1	9	96,7
28	PAX 21	2	142	3	HL	25,9	89,2	166	74,7	12	95,6
29	PAX 21	2	142	9	HH	19,1	92,0	163	75,1	11	95,9

BILAGA B sid 2 (2)

Ofilt. PO4-P mg/l	Ofilt PO4-P Reduktion %	pH	Alkalinitet HCO3 mg/l	Alkalinitet Reduktion %	Kommentarer
7,74		8,04	268,4		
2,45	68,3	7,9	213,5	20,5	medelstora flockar, klar klarfas
2,55	67,1	7,86	210,5	21,6	medel flockar, klar klarfas
1,64	78,8	7,68	201,3	25,0	små flockar, klar klarfas
1,67	78,4	7,67	201,3	25,0	stora flockar med bollar, klar klarfas
1,58	79,6	7,38	195,2	27,3	små flockar, klar klarfas
0,753	90,3	7,18	173,9	35,2	stora flockar, klar klarfas
2,26	70,8	7,86	216,6	19,3	medel flockar, klar klarfas
1,44	81,4	7,65	204,4	23,8	medelsmå flockar, klar klarfas
1,6	79,3	7,71	201,3	25,0	stora flockar, klar klarfas
8,0		8,30	247		
2,12	73,5	7,70	196,7	20,4	medelstora flockar
2,08	74,0	7,66	195,2	21,0	stora flockar
1,42	82,3	7,41	189,1	23,4	små flockar
1,44	82,0	7,44	187,6	24,0	stora flockar med bollar
1,75	78,1	7,00	173,9	29,6	medelsmå flockar
0,598	92,5	6,78	157,1	36,4	stora flockar med bollar
2,21	72,4	7,51	198,3	19,7	medelstora flockar
1,39	82,6	7,29	186,1	24,7	små flockar
1,31	83,6	7,26	187,6	24,0	medel flockar

BILAGA E 1 (2)

Försök nr.	PIX 111 molförhållande + Purfixdos	Datum	Molförhållande Me/P	Metallsalt µl/l	Purfix mg/l	Förhåll. Metallsalt / Purfix	Turbiditet ABS FNU	Turbiditet Reduktion %	COD O2/l	COD Reduktion %	Filt COD 1,6 O2/l	Filt. COD Reduktion %
PIX 111 SORTERING												
5	2,39:1+ 9	18-apr	2,39	152	9	HH	22,6	91,6	162	78,3	133	39,8
3	2,39:1	18-apr	2,39	152	0	HL	74,6	72,4	223	70,2	152	31,2
3	2:1+ 3	19-apr	2	120	3	HL	47,7	81,2	181	70,5	142	22,8
26	2:1+ 9	12-apr	2	153	9	HH	17,6	92,7	152	76,8		
2	2:1+ 9	19-apr	2	120	9	HH	20,3	92,0	160	73,9	139,0	24,5
15	1,86:1+ 9	06-apr	1,86	162	9	HH	21,9	91,1				
1	2:1	19-apr	2	120	0	HL	57,4	77,4	253	58,7	159,0	13,6
26	2:1+ 9	07-apr	2	148	9	HH	24,7	87,5	152	75,2		
1	1,79:1+ 4,5	18-apr	1,79	114	4,5	MM	51,5	80,9	202	73,0	140	36,7
4	1,5:1+ 4,5	19-apr	1,5	90	4,5	MM	38,4	84,9	174	71,6	140,0	23,9
13	1,86:1+ 3	06-apr	1,86	162	3	HL	53	78,5				
25	1,5:1+ 6	07-apr	1,5	111	6	MM	25,3	87,2	155	74,7		
11	1,4:1+ 6	06-apr	1,4	122	6	MM	31,4	87,3				
25	1,5:1+ 6	12-apr	1,5	114	6	MM	30,4	87,3	170	74,0		
4	1,2:1+ 9	18-apr	1,2	76	9	LH	35,1	87,0	182	75,7	137	38,0
14	0,93:1+ 9	06-apr	0,93	81	9	LH	25	89,9				
2	1,2:1	18-apr	1,2	76	0	LL	109	59,6	276	63,1	170	23,1
12	0,93:1+ 3	06-apr	0,93	81	3	LL	62,8	74,6				
Inkommande		19-apr					254		613		184,0	
Inkommande		18-apr					270		748		221	
Inkommande		07-apr					197		482			
Inkommande		12-apr					240		655			
Inkommande		06-apr					247					

BILAGA E 2 (2)

SS mg/l	SS Reduktion %	PO4-P mg/l	PO4-P Reduktion %	Tot-P mg/l	Tot-P Reduktion %	pH	Alkalinitet HCO3 mg/l	Alkalinitet Reduktion %	Kommentarer
23	92,7	0,233	96,5	0,9	92,1	7,1	155,6	40,0	stora flockar, klar klarfas
45,5	85,5	0,5	92,7	2,4	79,1	7,0	170,8	34,1	små flockar grumlig klarfas
37,0	86,4	0,6	91,0	2,4	77,5	7,1	178,4	29,5	medel flockar grumlig klarfas
16,0	94,1	0,6	92,5			6,8	157,1	36,4	stora flockar med bollar
10,1	96,3	0,7	89,6	1,3	88,1	7,2	176,9	30,1	stora flockar klar klarfas
		0,7	92,3						stora flockar, klar klarfas
34,7	87,3	0,7	88,4	2,3	78,5	7,0	175,4	30,7	medelsmå flockar grumlig klarfas
11,0	93,8	0,8	90,3			7,2	173,9	35,2	stora flockar, klar klarfas
42	86,6	0,918	86,2	2,9	75,0	7,3	176,9	31,8	små flockar, klar klarfas
29,0	89,4	1,4	77,2	3,0	72,0	7,3	190,6	24,7	medel flockar klar klarfas
		1,5	83,9						små flockar, klar klarfas
5	97,2	1,58	79,6			7,4	195,2	27,3	små flockar, klar klarfas
		1,7	81,9						medelsmå flockar, klar klarfas
18	93,4	1,75	78,1			7,0	173,9	29,6	medelsmå flockar
28	91,1	2,13	68,0	3,3	71,4	7,4	189,1	27,1	stora flockar klar klarfas
		2,7	71,0						medel flockar, klar klarfas
59,9	80,9	2,72	59,2	5,1	56,5	7,6	195,2	24,7	medel flockar grumlig klarfas
		3,9	57,4						små flockar, grumlig klarfas
272,7		6,3		10,7		8,3	253,2		
313,8		6,66		11,6		8,3	259,3		
177,4		7,7				8,0	268,4		
271,3		8,0	Filtrerat	13,8		8,3	247,0		
		9,13	Ofiltrerat						

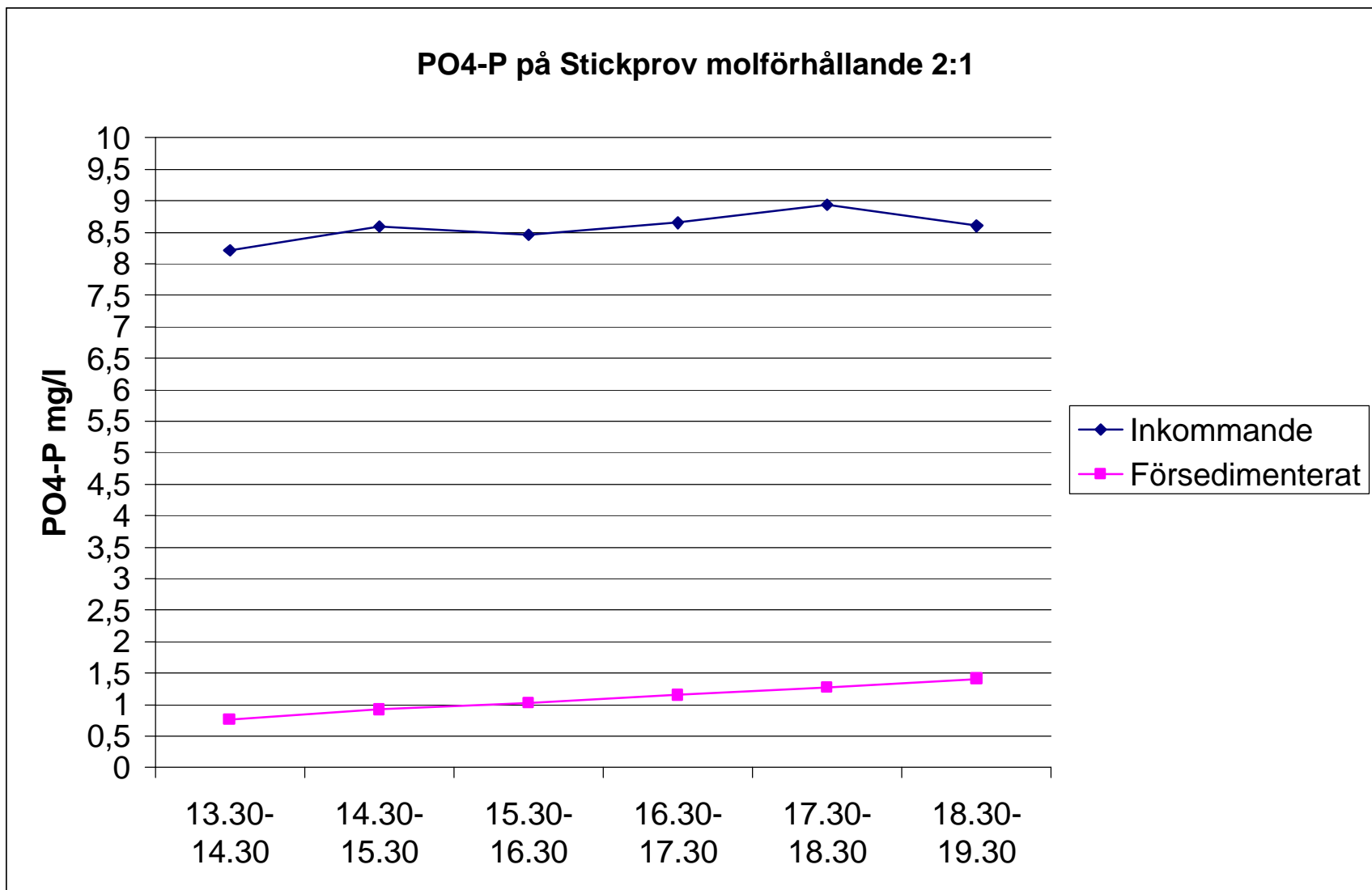
BILAGA F 1 (2)

Försök nr.	Prov	Dygnsprövdatum	Metallsalt	Molförhåll. Me/P	Purfix torrsvikt mg/l	Turbiditet FNU	Turbiditet Reduktion %	COD-tot O2/l	COD-tot Reduktion %	COD Filt 1,6 O2/l	COD Reduktion filt 1,6 %	Filt 0,45 COD O2/l	COD Reduktion filt 0,45 %
Fullskaleförsök 2:1													
	Inkom	2005-05-02				240		675		310		184	
1	Försed	2005-05-02	PIX 111	2:1	0	168	30,0	381	43,6	215	30,6	190	
	Inkom	2005-05-03				233		608		276		164	
2	Försed	2005-05-03	PIX 111	2:1	6	170	27,0	347	42,9	193	30,1	176	
	Inkom	2005-05-05				239,0		647		281		172	
3	Försed	2005-05-05	PIX 111	2:1	8	118,0	50,6	287	55,6	171	39,1	157	8,7
	Inkom	2005-05-08				248,0		688		301		188	
4	Försed	2005-05-08	PIX 111	2:1	8	128,0	48,4	329	52,2	171	43,2	166	11,7
	Inkom	2005-05-09				242,0		659		294		180	
5	Försed	2005-05-09	PIX 111	2:1	8	172,0	28,9	357	45,8	210	28,6	170	5,6

BILAGA F 2 (2)

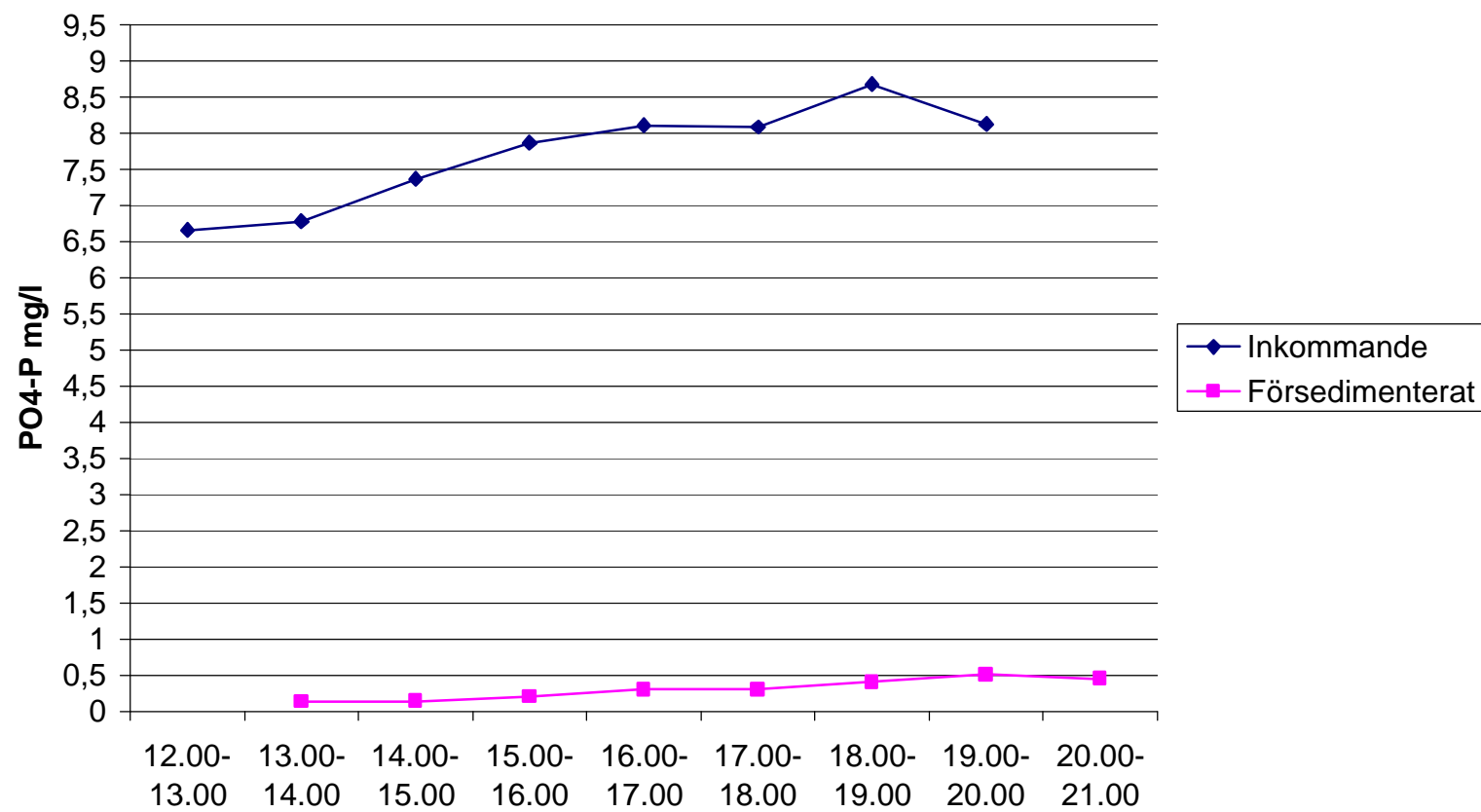
	SS Reduktion %	Tot-P mg/l	Tot-P Reduktion %	PO4-P mg/l	PO4-P Reduktion %	pH	Alkalinitet HCO3 mg/l	Alkalinitet Reduktion %	TS Primärslam %	Kommentarer
234		12,6		7,92		7,57	276			
118	49,6	7,44	41,0	1,31	83,5	7,32	211	23,7	3,16	vattnet i Fsed är svart, grumligt
223		11,7		7,45		7,97	280			
120	46,1	6,62	43,4	1,36	81,7	7,53	216	22,9		purfixen ger ett högre COD
212,6		13,2		8,5		7,9	292,8			
90	57,7	5,83	55,8	1,45	82,9	7,5	233,3	20,3	1,7	dygnsprov från 4-5 maj
231,7		12,6		8,86		7,62	304			
99	57,3	6,86	45,6	1,4	84,2	7,4	232	23,7		
218,2		12,3		8,21		7,87	290			
135,5	37,9	7,75	37,0	1,15	86,0	7,28	221	23,8		purfixdos på rätt nivå vid 12.30

BILAGA H



BILAGA I

PO4-P på stickprov molförhållande 2,5:1



- Nr 20** **Utvärdering av anaerob behandling av hushållspillvatten och tekniker för efterbehandling, examensarbete av Catharina Gannholm**
- Nr 21** **Avloppsvattenrening i anaerob membranbioreaktor med VSEP-enhet, examensarbete av Andreas Carlsson**
- Nr 22** **Avloppsvattenbehandling med anaerob membranbioreaktor – En jämförande systemanalys avseende exergi, miljöpåverkan samt återföring av närsalter, examensarbete av Cecilia Hessel**
- Nr 23** **Utvärdering av förfällning vid Sjöstadsverkets anaeroba UASB-linje, examensarbete av Mila Harding**
- Nr 24** **Utvärdering av fluidiserad bädd – kartläggning av orsaker till sandflykt, projektarbete av Jonas Karlsson**

Lokalt reningsverk för Hammarby Sjöstad, etapp 1 – Projektpublikationer

- Nr 1 Förstudie av aerobera processer
- Nr 2 Förstudie av anaeroba processer
- Nr 3 Förstudie av membranteknik
- Nr 4 Informationsteknologi inom VA-sektorn
- Nr 5 Förstudie av mätstation för avloppsvatten
- Nr 6 Förutsättningar för biologisk fosforrening i avloppsvatten från Hammarby Sjöstad - en förstudie, examensarbete av Linus Dagerskog
- Nr 7 Förbehandling av kommunalt avloppsvatten före anaerob behandling, examensarbete av Jessica Bengtsson
- Nr 8 A new wastewater treatment plant for Hammarby Sjöstad
Comparative study between four alternatives, examensarbete av Joost Paques
- Nr 9 Sammansättning på hushållspillvatten från Hammarby Sjöstad, examensarbete av Joel Magnusson
- Nr 10 Mikrosilning som förbehandlingsmetod av hushållsavloppsvatten, examensarbete av Fredrik Petterson
- Nr 11 Anaerob psykföfil behandling av hushållsavloppsvatten i UASB, examensarbete av Frida Hesselgren
- Nr 12 Aeroba processer Delrapport 1 - Linje 1 Period 0 Henriksdalsprocess med Henriksdalsvatten, Berndt Björleinius, Peter Magnusson, Mats Ek
- Nr 13 Aeroba processer Delrapport 2 - Linje 1 Period 1 Henriksdalsprocess med Sjöstadsvatten, Berndt Björleinius, Peter Magnusson, Mats Ek
- Nr 14 Aeroba processer Delrapport 1 - Linje 2 Period 1 Funktionstest av utrustningen, Berndt Björleinius, Peter Magnusson, Mats Ek
- Nr 15 Teknisk broschyr om Hammarby Sjöstads reningsverk, Berndt Björleinius
- Nr 16 Förbättrad avskiljning med trumfilter av suspenderat material, examensarbete av Jonas Karlsson
- Nr 17 Hydrolys av primärslam för förbättrande av biologisk fosforreduktion vid behandling av hushållsavloppsvatten, examensarbete av Erik Elfving
- Nr 18 Återvinning av näringsämnen från hushållspillvatten med omvänd osmos, examensarbete av Kristina Blennow
- Nr 19 En undersökning av efterfällning i ett sandfilter, examensarbete av Anders Wester

Fortsättning innersidan



STOCKHOLM VATTEN AB, 106 36 STOCKHOLM

TELEFON 08-522 120 00 TELEFAX 08-522 120 02

E-POST: stockholm.vatten@stockholmvatten.se

www.stockholmvatten.se

BESÖKSADRESS: Torsgatan 26