



Linnéuniversitetet

Kalmar Växjö

Fakulteten för hälso- och livsvetenskap

Examensarbete

Utvärdering av polymerers sedimenteringsegenskaper i aktivt avloppsslam.



*Författare: Ida Angeland
Ämne: Miljövetenskap
Nivå: Grund
Nr: 2015:M5*

Examensarbetets titel

Ida Angeland

Examensarbete, *miljövetenskap, 15hp*

Filosofie Kandidatexamen

Handledare: Utvecklingsingenjör process, Qing Zhao
Kalmar Vatten AB

Fil. Dr. Fabio Kaczala
Linnéuniversitetet, Fakulteten för hälso- och livsvetenskap.

Examinator: Prof. Geoffrey Lemdahl
Linnéuniversitetet, Fakulteten för biologi och miljövetenskap.

Examensarbetet ingår i programmet Miljöanalytiker 180hp

Sammanfattning

Den idag mest använda biologiska metoden för rening av avloppsvatten är processen som kallas för aktivt slam. Denna är normalt uppbyggd av luftningsbassäng och sedimenteringsbassäng. Kärnan i processen består av mikroorganismer vars sammansättning varierar. Detta beror på en rad olika yttre faktorer.

Mikroorganismer bryter ned löst organiskt material i avloppsvattnet och bildar så kallade flockar, som sedan sjunker ner till bassängbotten i sedimentationssteget. På detta sätt separerar man vattnet ifrån slammet. Det man vill uppnå är så snabb och kompakt sedimentation som möjligt.

Polymerer används i samband med avloppsvattenrening för att förbättra flockbildningen och då speciellt när förutsättningarna för naturlig flockning är nedsatt.

Syftet med den här studien var att laborativt utvärdera ett antal konventionella polymerprodukter och ett miljövänligare alternativ baserad på potatistärkelse ur effektiv flockning- och sedimenteringssynvinkel. Där resultat för slamvolym, turbiditet och färgtal har vägts mot varandra, samt koncentrationen av polymer och den tid för sedimentering som krävts.

Resultaten har visat att Magnafloc® 919 var den polymer med effektivast och mest optimala egenskaper. Fler polymerer så som t.ex. Magnafloc® 455 hade snarlika resultat, men krävde en högre koncentration av flockningsmedlet, vilket gör Magnafloc® 919 till det bättre alternativet. Resultaten kommer att ligga till grund för rekommendation av polymerprodukt att testa i fullskala.

Abstract

The most common method for biological treatment of wastewater in use today is a variant called activated sludge. The treatment unit normally consist of an aeration basin together with a sedimentation basin. The core of the process consists of microorganisms, which composition varies. This is due to various external factors. Microorganisms break down dissolved organic matter in the wastewater, forming so called flocks, which then sedimentate to the basin bottom in the settling stage. In this way the water is separated from the sludge. The aim is to create a sedimentation process which is as fast and as compact as possible.

Polymers are used in wastewater treatment for improving flocculation and then in particular; when the conditions for natural flocculation are reduced.

The purpose of this study was to evaluate a number of conventional polymer products as well as a more environmentally friendly alternative based on potato starch; where results for sludge volume, turbidity, color numbers, concentration of polymers and required time for sedimentation have been weighed against each other.

The results have shown that Magnafloc® 919 is the polymer with the most efficient and most optimal properties. Other polymers such as Magnafloc® 455 produced similar results, but required a higher concentration making Magnafloc® 919 the better option. The results of the study form the basis for a recommendation to test the polymers at full scale.

Nyckelord

Aktivt slam, konventionella polymerer, naturliga polymerer, sedimentation, flockning, mikroorganismer, färgtal, turbiditet, slamvolym.

TACK!

Ett stort tack till min interna handledare Fabio Kaczala för alla värdefulla tips och ditt tålamod under arbetets gång. Jag vill också tacka min externa handledare Qing Zhao, Maria Dahl och Alma Engstedt på Kalmar Vatten AB för förklaringar av aktiv slamstegs processen, råd vid provtagning och upplysningar kring slamkvalitén. Ännu ett stort tack till Sara Gunnarsson i labbet för din outhärliga kunskap och stöttning. Tack till Archemi AB för provflaskan med Purfix 120-polymer.

Till sist vill jag ge ett stort tack till min familj och närmsta vänner för allt ni gjort och särskilt tack till min sambo, som hjälpt till med hanteringen av tabell- och diagramvärden.

Innehåll

1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.1.1 Aktivt slamsteg	1
1.1.2 Mikroorganismer	2
1.1.3 Flockningsmedel	2
1.2 Syfte och frågeställning	3
2 MATERIAL OCH METOD	4
2.1 Flockningsmedel	4
2.2 Karaktärsdrag hos aktivt slam	4
2.3 Provtagning	5
2.3.1 Påverkande faktorer	5
2.4 Analyser	5
2.4.1 Testomgång	5
2.4.2 Bägartest och slamvolym	6
2.4.3 Turbiditet	7
2.4.4 Färgtal	7
2.5 Kalmar avloppsreningsverk	7
3 RESULTAT	8
3.1 Slamvolym	8
3.2 Turbiditet	10
3.3 Färgtal	11
4 DISKUSSION	12
4.1 Slutsatser och rekommendationer	13
Referenser	14
Bilagor	I
Bilaga A-Resultat för slamvolym	I
Bilaga B- Resultat för turbiditet	III
Bilaga C- Resultat för färgtal	V

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

I Sverige består ofta ett kommunalt avloppsreningsverk av mekanisk, biologisk och kemisk rening.

Den mekaniska reningen kan bestå av rengaller och sandfång som avskiljer större fasta föremål så som papper, bomullspinnar och annat som spolats ned i toaletten. Sandfånget avskiljer grus, sand och liknande, eftersom detta annars innebär ett stort slitage på bl.a. pumpar inne i verket.

Efter dessa steg låter man avloppsvattnet försedimentera för att biologiska partiklar av större storlek skall sjunka till bassängbotten. Här samlas slammet för sig och fett avskiljs vid ytan, då detta kan störa processens senare steg. Den biologiska reningens kärna består av mikroorganismer som bryter ned löst organiskt material. Detta kan ske i t.ex. så kallat aktivt slamsteg, SBR-reaktorer (satsvis biologisk rening) eller biobäddar. I det biologiska steget sker kväve-, BOD- och fosforreducering (Persson & Nilsson 2005, ss 55-144).

Ett vanligt förekommande problem med sedimenteringen i detta reningssteg är så kallad ”slamflykt”, vilket innebär att slammet inte sedimenterat i en tillfredsställande omfattning och därför följer med det renade vattnet ut till recipient. Ett sätt att underlätta processen är genom tillsats av polymerer som underlättar flockningen och sedimenteringen. Dessa medel verkar dock olika effektivt, beroende på avloppsvattnets egenskaper och har en mer eller mindre påverkan på miljön. Efter mekanisk och biologisk rening sker den kemiska reningen, då t.ex. järn- eller aluminiumklorid tillsätts vattnet för att binda de kvarvarande fosfaterna. Genom den kemiska fällning, sjunker dessa till bassängbotten och kan avlägsnas (Svenskt Vatten AB 2007).

1.1.1 Aktivt slamsteg

Den idag mest använda biologiska varianten för rening av avloppsvatten är processen, som kallas för aktivt slam. Denna är normalt uppbyggd av luftningsbassäng, samt sedimenteringsbassäng (I figur 1.1 ses luftningsdel i aktivt slamsteg). Med avloppsvattnet, som kommer till verket anländer en rad olika mikroorganismer. De är dessa som är själva grunden i processen för aktivt slam. Av dessa, som anländer via ledningssystemet, överlever dem som är bäst lämpade för stunden rådande förhållanden (Martins *et al.* 2004). Detta varierar och beror på en rad olika yttre faktorer, så som temperatur, syre, pH, näring, energikällor etc. (Hasselblad 1999), men även vissa toxiska ämnen som kan vara skadliga för vissa av mikroorganismerna, medan andra av dem knappt berörs alls. Mikroorganismer bryter ned löst organiskt material i avloppsvattnet och bildar så kallade flockar, det vill säga att dem klumpar ihop sig. Flockarna väger mer än när mikroorganismerna och de organiska partiklarna är i fri form och därför sjunker dessa ner till bassängbotten i sedimenteringssteget. På detta sätt separerar man vattnet ifrån slammet (Carlsson & Hallin 2003). För att kunna hålla en jämn nivå med aktivt slam i processen, återför man en viss mängd av det sedimenterade slammet tillbaka in i luftningsbassängen (returslam). Detta ger mikroorganismerna längre tid inne i processen än vad vattnet får. Man måste dock ta bort en del av slammet helt ur processen, så kallat överskottslam. Det behövs, eftersom mikroorganismerna hela tiden växer till sig, vilket gör att slammängden ökar kontinuerligt (Persson & Nilsson 2005, ss 109-110). Luftningen i processens första steg är en mycket viktig del, eftersom de flesta mikroorganismer i det aktiva slammet, kräver detta som en förutsättning för att agera nedbrytare. Luftningen har också en viktig funktion att fylla i form av omrörning, vilket i rätt omfattning, underlättar

flockbildningen. Genom en modifikation av det aktiva slamstegets grundutförande kan t.ex. nitrifikation och denitrifikation bidra till att ytterligare höja reningsgraden av syreförbrukande ämnen (BOD) och kväve ur avloppsvattnet, men även fosforavskiljning är möjlig. Får man det aktiva slamsteget att fungera tillfredsställande kan halter av syreförbrukande material minska med hela 90-95%. Sedimentationsdelen kan ses som det allra viktigaste och mest kritiska steget i hela processen. Om denna inte fungerar tillfredsställande så spelar luftningssteget med flockbildning liten roll för reningen. Det man optimalt vill uppnå är så snabb och kompakt sedimentation som möjligt. Klarfasen vill man ha så ren som möjligt och man vill inte att slammet efter en stund börjar flyta upp mot ytan och lägger sig som ett täcke (Carlsson & Hallin 2003).



Figur 1.1 Luftningsdel i aktivslamsteg på Kalmar avloppsreningsverk.
Foto: Ida Angeland

1.1.2 Mikroorganismer

Mikroorganismernas sammansättning är av stor betydelse i aktiv slamsteg. Dessa påverkar slammets egenskaper och avgör hur flockningen sker. Frilevande bakterier följer med det reade avloppsvattnet ut om inte även dessa flockats ihop. Vissa bakterier är som avlånga trådar. Dessa kallar man för filament. Vid lagom balanserad mängd fungerar filamenterna som stabilisering för flockarna, men om dessa istället blir för många ställer det till med bekymmer i sedimenteringsbassängen, när sedimentationen inte blir tillfredsställande (Oppong *et al.* 2003). Förutom filament finns även andra sorters bakterier, som ger upphov till så kallade extracellulära polymerer. Dessa har en klisterverkan, som håller flockarna intakta. Under vinter- och vårmånaderna får avloppsreningsverk generellt ta emot högre vattenflöden till följd av regn och snö än resterande årstider. Detta leder till en utspädning av det inkommande avloppsvattnet, vilket i sin tur kan ge upphov till svältbetingelser för många bakterier och samtidigt som det gynnar filamentbakterierna, som då tillväxer och blir alldeles för många. De vanligaste mikroorganismerna i samband med avloppsvattenrening är prokaryoter, metazoa samt protozoa (Lee 1996).

1.1.3 Flockningsmedel

Polymerer, som ofta kallas för flockningsmedel eller hjälpkoagulant används i samband med avloppsvattenrening för att förbättra flockbildningen. Speciellt när

förutsättningarna för naturlig flockning är nedsatt. Polymererna finns i olika varianter och är antingen anjoniska, d.v.s. negativt laddade, katjoniska, vilka är positivt laddade eller nonjoniska, d.v.s. neutral laddning. De kan även vara amfolyter (kan fungera både som syra och bas). De laddade polymererna kallas gemensamt för polyelektrolyter (Sharma *et al.* 2006). I Sverige är det vanligt att man kombinerar polymerer ihop med någon form av fällningskemikalie (Kemira Kemwater 1999). Polymererna delas sedan in i två olika kategorier, beroende på vad dem är tillverkade av. Syntetiska organiska polymerer är baserade på olika monomerer. Vanligt är t.ex. akrylamid, akrylsyra och DADMAC (Poly Di Allyl Di Metyl Ammonium Klorid). Naturliga organiska polymerer baseras istället på naturliga material så som cellulosa, stärkelse, naturligt gummi, skaldjursskal (chitosan), växtfröer etc. (Sharma *et al.* 2006) Organiska polymerer kan delas upp i ytterligare två kategorier, beroende på dess kedjelängd. Lågmolekylära är de vars kedja är kort och högmolekylära är de lite längre varianterna. De kommersiella, syntetiska polymererna har använts under lång tid och är oftast väldigt effektiva. På senare tid har dock funderingar gått kring hur miljövänliga dessa produkter är. Man vet egentligen inte så mycket om deras miljöpåverkan. De är inte biologiskt nedbrytbara, vilket de naturliga polymererna är. Man vet heller inte hur dessa syntetiska varianter påverkar växt- och djurliv på lång sikt, medan de naturliga är icke-toxiska (Devesa-Rey *et al.* 2011). Detta kan ses som relevant, då det renade avloppsvattnet når recipienten och när avloppsslam sprids på jordbruksmark. En trolig anledning till att dem kommersiella produkterna fortfarande används i en så dominerande omfattning, är sannolikt för att dem är så pass effektiva och relativt ekonomiskt lönsamma, samt att marknaden för dem är väl etablerad (Okaiyeto *et al.* 2014).

1.2 Syfte och frågeställning

Syftet med examensarbetet är att i laboratorieskala testa och utvärdera olika flockningsmedels egenskaper för att få fram den eller de med dem bästa och effektivaste sedimentationsegenskaperna. Försöksresultaten ska vara underlag till förslag på produkter som kan vara av intresse att testa i fullskaleförsök i försöksanläggningen på Kalmar avloppsreningsverk. Examensarbetet har avgränsats, genom att fokusera på den biologiska reningen; aktivt slam. Detta sker med en inriktning på polymerers funktion, effektivitet och inverkan på flockning, samt sedimentering av slammet.

Nedan följer de frågeställningar som satts upp för projektet;

- Vilken av de fem polymerprodukterna kommer att bidra till bäst sedimentering i försöksbägarna med aktivt slam och ge en ren klarfas till turbiditets- och färgtalsbestämning?
- Vilken koncentration av polymerprodukterna behövs för att få bra sedimentationseffekt?
- Vilka tidsintervall för omrörning av slammet, samt tider för stillastående avloppsslam behövs för att polymerprodukternas effekt på sedimentationen ska bli tillfredsställande?
- Vilka omrörningshastigheter är lämpligast för att gynna flockbildning?

Hypoteser

- De olika flockningsmedlen har olika effekter och egenskaper på slammets sedimenteringsegenskaper och kommer att reagera olika bra på just Kalmar avloppsreningsverks slam.

- Olika koncentrationer av polymererna kommer att ge dem olika mycket effekt i just detta slam, som får dem att uppträda olika bra.
- Olika tider kommer att få polymererna att hinna flocka och sedimentera olika mycket, beroende på hur väl varje specifik produkt fungerar med Kalmar avloppsreningsverks slam.
- Olika omrörningshastigheter kommer att bidra till att underlätta flockbildning alternativt att slå sönder dem.

2 MATERIAL OCH METOD

2.1 Flockningsmedel

För studien har fem polymerkemikalier valts ut, fyra av dem är att räkna till konventionella alternativ och utgörs av polyakrylamider. Av dessa är det tre som är anjoniska och en som är katjonisk. Anledningen till detta är att de olika laddningarna (positiv- respektive negativ laddning) kan verka olika bra beroende på egenskaperna hos slammet. Därför måste man testa sig fram. Flockningsmedlen är levererade i redan flytande och spädd form, för att underlätta laborativ hantering. Dessa är annars i pulverform och ger en väldigt viskös vätska vid iblandning av vatten. Produkterna som använts är; Magnafloc®5250, Magnafloc®10, Magnafloc®919 och den katjoniska varianten Magnafloc®455. Samtliga dessa har levererats av BTC Europé, som är en del av kemikalietyllverkaren BASF Group. Utöver dessa konventionella valdes två miljövänligare alternativ ut, Purfix 120 och Floquat™ FL 5333. Den senare är en flytande organisk koagulant, som till största del är baserad på tanninextrakt från Mimosaträdet *Acacia mearnsii*. Purfix 120 är potatisstärkelse, som modifierats med en amin för att bli mer katjonisk och har levererats av Archemi AB, även denna i flytande form. På grund av långa leveranstider, då Floquat™ FL 5333 enligt leverantör SNF Nordic måste skickas centralt från Frankrike, utgick denna i försöket då den hamnade långt utanför tidsramen.

2.2 Karaktärsdrag hos aktivt slam

Karaktärsdragen för studiens försöksanläggning, Kalmar avloppsreningsverk har noterats för de veckor (13-17) då provtagning skett. Kraven på försöksanläggningens slam är baserade på gällande regler för certifieringssystemet REVAQ. öpUppgifter om bl.a. slamvolym, suspenderade ämnen och slamindex har tillhandahållits av Kalmar Vattens VA-laboratorie för det aktiva slammet. I tabell 2.1 ses mätningarna gjorda för ovanstående parametrar.

Tabell 2.1 Karaktärsdrag hos slammet under provtagningsveckorna.

Parameter	Datum: 140325, v.13	Datum: 140409, v.15	Datum: 140422, v.17	Datum: 140424, v.17
Slamvolym, ml/l	741	593	611	436
Suspenderade ämnen, mg/l	5540	4720	4600	3040
Slamindex, ml/g	135	126	133	145

Under vecka 14 påbörjades filamenttillväxt, som sedan eskalerade under vecka 15. Behandling för detta, genom skumborttagning med hjälp av spolbil påbörjades i slutet

av vecka 16. Provtagningsperioden visar för t.ex. slamvolymsindex högre värden än vad som normalt råder i aktiv slamsteget på Kalmar avloppsreningsverk.

Mycket filament i slammet har funnits till följd av att stora mängder fett tillförts avloppsreningsverket, enligt Maria Dahl¹.

Detta i kombination med den stigande temperaturen har gjort att hydrofoba filament tillväxt snabbt enligt resultat av prover, som skickats av Kalmar Vattens VA-lab till AnoxKaldnes AB för mikroskopiering. Gram-och Neisserfärgning av preparat har visat att det dominerande filamentet är *Microthrix parvicella*, vilket kan ha en försämrande effekt på slammets förmåga att flocka och sedimentera på ett önskvärt sätt (Oppong *et al.* 2003).

2.3 Provtagning

Provtagning har skett på Kalmar avloppsreningsverk i aktivslamstegets luftningsbassäng, med hjälp av en plastbägare på periskopskaft, under våren 2014 (v.13-17) som sköljdes ur med kranvatten efter varje avslutad provtagning. Provtagningen har påbörjats ungefär samma klockslag vid varje tillfälle (07.00-08.00). Avloppsslammet har hållits i plastdunkar och tagits med till laboratoriet, där de har förvarats i dragskåp under själva analystillfället. Dunkarna har sköljts ur med kranvatten efter varje avslutat analystillfälle. En ny omgång slam har hämtats för varje ny påbörjad analysdag.

2.3.1 Påverkande faktorer

Det finns en hel del omgivningsfaktorer som kan ha en inverkan på hur väl det aktiva slamsteget fungerar och därmed slammets kvalitet. Av stor betydelse är t.ex. temperatur (både i luft och vatten), pH, syremängd och eventuella toxiska eller på annat sätt skadliga substanser. Även anläggningens utformning och dimensionering spelar in. Vad gäller temperatur gynnas mikroorganismernas tillväxt vid högre temperatur. Tillväxten har ett optimalt temperaturintervall då mikroorganismerna trivs som bäst. Vintertid kan alltså tillväxten slå ned på farten, vilket kan försämra effektiviteten. Vad gäller pH är väldigt många mikroorganismer känsliga för pH-värden utanför deras optimala intervall, likt vad gäller för temperatur. Oftast ligger trivselintervallet mellan pH 6-8. (Perry *et al.* 2002). Syre å andra sidan är rent toxiskt för somliga mikroorganismer, medan det för andra är en förutsättning för liv. I det aktiva slamsteget är god luftning viktigt, då det till stor del är aeroba bakterier som står för reningens effektivitet, som annars hämmas. Toxiska eller på annat sätt skadliga ämnen, som når det aktiva slamsteget påverkar också. Vissa toxiska ämnen kan helt slå ut större delen av organismerna och samtidigt gynna en annan del av dem. Detta leder ofta till att man får en dåligt fungerande balans i processen, som dessutom kan ta lång tid för att återhämta sig (Miezkarek *et al.* 2013). Ett ganska vanligt problem är att aktiv slamsteget är en äldre teknik, när anläggningarna för dessa byggdes såg belastningen inte alls ut som idag. Detta innebär att flera av de luftnings- och sedimentationsbassänger, som än idag används är feldimensionerade. Det ger naturligtvis sämre förutsättningar för effektiv rening och sedimentation (Hynninen & Ingman 1998).

2.4 Analyser

2.4.1 Testomgång

Innan de riktiga försöken sattes igång, kördes några testomgångar. Detta för att pröva sig fram till ungefär, vilka som är de optimala intervallen för parametrarna; tid, koncentration, omrörningshastighet, volym och sedimentering. De volymer avloppsslam

¹ Maria Dahl Arbetsledare VA-lab, Kalmar Vatten AB, e-post den 28 maj 2014.

som kördes var 300 ml, 600 ml och 800 ml. Testen visade att 300 ml, var en för liten volym att arbeta med. Den gav i och för sig samma proportionalitet i fråga om andel slam och vatten, som för de två större volymerna. Dock blev den totala volymen för vattenfasen, efter sedimentering för liten för att t.ex. kunna analysera färgtal, vilket kräver volymer på strax över 50 ml. Det var dessutom svårare att bedöma sedimenteringseffektiviteten okulärt. Den största volymen på 800 ml valdes också bort, då det visade sig att 600 ml fungerade lika väl. Detta minskade volymen i samband med provtagning. För val av polymerkoncentrationer rekommenderade Qing Zhao² att testa sig fram mellan ca 0,1 mg/l-20 mg/l. Därför kördes; 0,1 mg/l, 0,5 mg/l, 1 mg/l, 5 mg/l, 10 mg/l och 20 mg/l. Under testomgången varierade resultaten av de olika polymerernas effekt lite grand, därför kördes ett intervall med väldigt låga, till lite högre koncentrationer. Detta för att öka chansen att samtliga polymerer får verka i sitt optimala intervall. Omrörningen testades också i några olika varianter. Genom litteraturstudier bestämdes att omrörningen till en början skulle vara kraftig (ca 300 rpm), för att sedan övergå till en lite försiktigare omrörning (ca 50 rpm) och därefter stängas av (Satterfield 2005). Den snabba omrörningen bestämdes till 3 min, då 1-2 min gav liten effekt. Medan 3-5 min gav bättre resultat. Resultaten för 3-5 min var likvärdiga gentemot varandra. Därför valdes den kortaste tiden, eftersom det är önskvärt att hela processen är så tidseffektiv som möjligt. Sedimenteringstiderna sattes till 10 min, 20 min och 30 min. 5 min och 15 min testades också, men 5 min visade sig vara för kort tid för att de testade polymererna skulle hinna sedimentera. 15 min togs bort för att tidseffektivisera försöket. 30 min är satt som ett maximum, då det inte är möjligt eller i alla fall realistiskt med längre uppehållstider i sedimenteringsbassängen för fullskaleanläggningen enligt Qing Zhao³

2.4.2 Bägartest och slamvolym

Bägartestet bestod av sex likadana magnetomrörare med varsin glasbägare, där polymertillsats skedde i avloppsslammet under omrörning. Vattenfasen togs ut med vissa tidsintervall under sedimenteringen. Plastdunken med avloppsslam luftades för att få innehållet väl blandat. 600 ml avloppsslam mättes upp i sex stycken 1000 ml-glasbägare. Dessa ställdes på magnetomrörare med kraftig omrörning. Flockningsmedel pipetterades upp med hjälp av automatpipett. Koncentrationen i första bägaren var 0,1 mg/l, 0,5 mg/l i andra bägaren, 1,0 mg/l i tredje, 5,0 mg/l i fjärde, 10,0 mg/l i femte och 20,0 mg/l i den sjätte bägaren. Efter tre minuter vreds hastigheten ned, så att långsam och försiktig omrörning fick ske i femton minuter. Därefter stängdes omrörningen av och sedimentering fick ske i tio minuter. Slammets volym lästes av på bägarnas volymskala. Vattenfas sögs upp med hjälp av en plastspruta. Innehållet sprutades sedan ned i varsitt 50 ml- och 10 ml provrör, eftersom färgtalsbestämningen krävde en volym på strax över 50 ml och turbiditetsmätningen på lite drygt hälften. Provrören var märkta med polymerkoncentration, sedimenteringstid, samt vilken polymerprodukt som använts. Efter ytterligare tio och tjugo minuter, upprepades processen. En kontrollbägare hölls upp och fick sedimentera under samma tid och intervall, som de bägarna med polymertillsats. Slamvolym och vattenfas togs ut, som analyserades vidare på samma sätt som för det övriga. Provrören förvarades i kylskåp i väntan på turbiditets- och färgtalsanalys. På samma sätt upprepades sedan hela proceduren för samtliga fem polymerprodukter. För att kunna jämföra de olika polymerprodukterna, gjordes spädningar för att ha samma koncentration av samtliga. Detta eftersom fyra av

² Qing Zhao utvecklingsingenjör, process Kalmar Vatten AB, e-post den 19 mars 2014.

³ Qing Zhao utvecklingsingenjör, process Kalmar Vatten AB, e-post den 19 mars 2014.

produkterna bestod av 0,5 % aktiv polymer (Magnafloc®5250, Magnafloc®10, Magnafloc®919 och Magnafloc®455), en av 20 % (Purfix 120).



Figur 2.1 Till vänster ses avloppsslammet obehandlat. Högra bilden visar slammet efter polymertillsats, samt 20 min sedimentering. Foto: Ida Angeland

2.4.3 Turbiditet

Turbiditetsmätningen har gjorts för att avgöra vattenfasens grumlighet, dess turbiditet. Detta ger en uppfattning om hur mycket olöst substans, som finns kvar efter sedimentationen. Turbidometern mäter spridningen av ljus som i rät vinkel passerar genom en glaskyvet med prov i och anges i FNU (Bydén *et al.* 2003). Den referens som provet har jämförts mot är en formazinlösning, som turbidometern är kalibrerad mot. Instrumentet som har använts under detta försök, är en Turb 550 IR WTW.

2.4.4 Färgtal

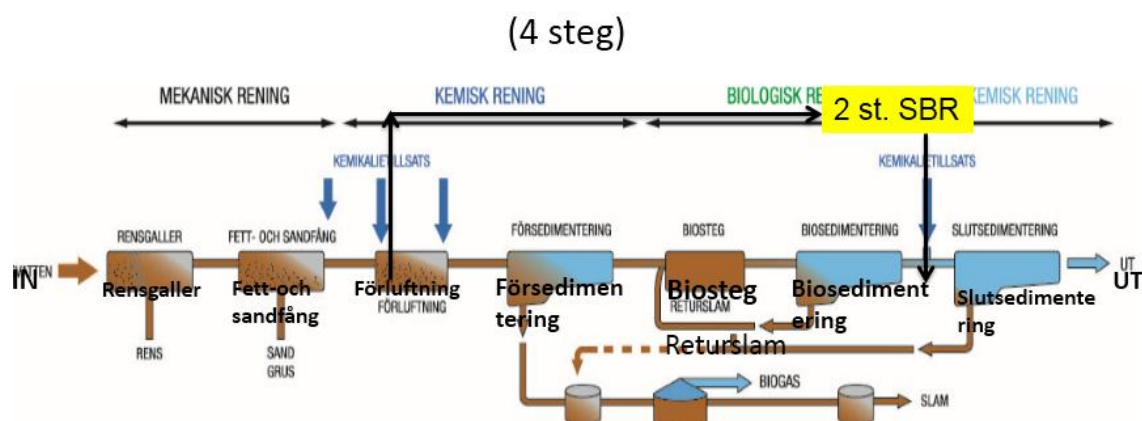
Färgtalen har bestämts med hjälp av en Lovibond komparator 2000 Nessleriser 2150, med tillhörande standardfärgskivor. Denna analysmetod mäter nyanser av brun färg i vatten till följd av humusämnen, järn- och manganföreningar. Färgtalet som bestämts, uttrycks sedan som mg platina per liter (Bydén *et al.* 2003).

2.5 Kalmar avloppsreningsverk

Huvudansvaret för VA-området i Kalmar kommun har det kommunala aktiebolaget Kalmar Vatten AB. Kalmar avloppsreningsverk, som är denna studies försöksanläggning behandlar hushållspillvatten från ca 57 000 invånare och industrier, där Arla mejeri är den dominerande. Verket är utformat för mekanisk, biologisk och kemisk rening. Den biologiska reningen sker i ett aktivslamsteg och två SBR-reaktorer. Efter aktivslamsteget leds vattnet till mellansedimenteringsbassängerna, där slam och vatten avskiljs från varandra (figur 2.2). Ett förekommande problem på denna typ av anläggning är dåligt tillfredsställande sedimentationsegenskaper, framförallt under vinter- och vårmånaderna. Detta ger upphov till så kallad slamflykt och gör kvävereningen ostabil, enligt Qing Zhao⁴.

⁴ Qing Zhao utvecklingsingenjör, process Kalmar Vatten AB, e-post den 10 januari 2014.

Avlopprensingsprocess i Kalmar Avloppsreningsverk



Figur 2.2 Flödesschema över reningsprocessen på Kalmar avloppsreningsverk (Kalmar Vatten AB).

3 RESULTAT

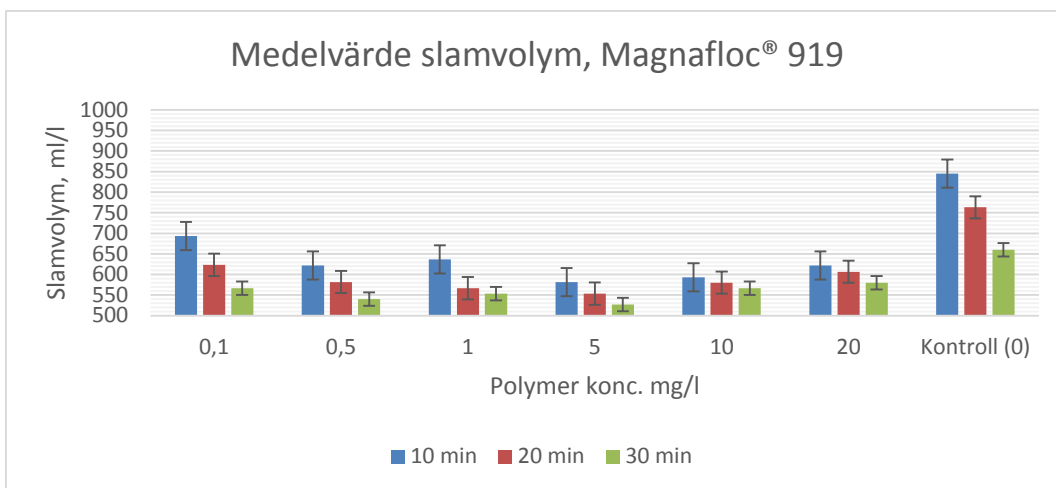
Försöken i denna studie har visat att Magnafloc®919 är den polymerprodukt som totalt sett är bäst. Då resultaten ligger bland de bästa i avseende på både slamvolym och turbiditet, när en koncentration av 1,0 mg/l använts (30- respektive 20 min sedimentering). Samma värde som för Magnafloc® 919 fås även för Magnafloc® 455 gällande slamvolym och ett snarlikt värde på turbiditet. Skillnaden är dock att Magnafloc® 919 kräver en betydligt lägre koncentration polymer för att uppnå dessa resultat.

Bäst resultat gällande färgtal gavs med Magnafloc®455 med en koncentration av 1,0 mg/l och 20 min sedimentering. Dock fås även här ett likvärdigt resultat med lägre koncentration polymer, samt kortare sedimenteringstid för Magnafloc® 919.

3.1 Slamvolym

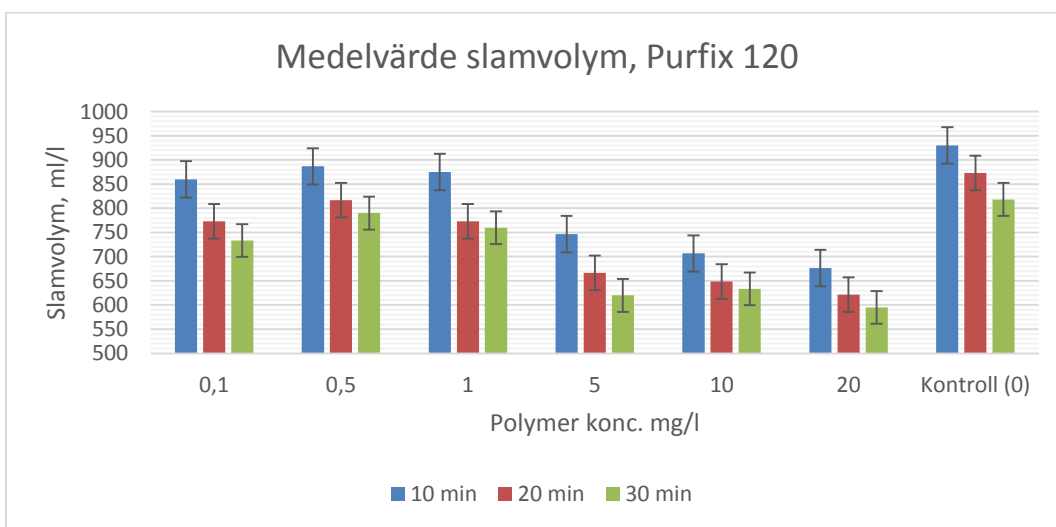
Resultatet av slamvolymsavläsningen visade att Magnafloc® 919 hade lägst värde på 527 ml/l. Denna volym gavs efter 30 min sedimentering och med polymerkoncentrationen 5,0 mg/l (fig. 3.1).

Magnafloc® 5250 visar ingen större skillnad mellan de olika polymerkoncentrationerna (fig 1, bilaga A). Magnafloc® 10 ger resultat som visar att koncentrationerna av tillsatt polymer inte verkar spela någon större roll för slamvolymen. Samtliga koncentrationer under försökets gång har gett liknande resultat (fig 3, bilaga A).



Figur 3.1 Visar medelvärdet för slamvolymen i ml vid olika koncentrationer Magnafloc® 919, samt sedimenteringstider.

Även för Magnafloc® 919, verkar det inte vara någon större skillnad i fråga om slamvolym för de olika koncentrationerna polymer som tillsats (fig. 3.1). Resultaten för Magnafloc® 455 visar att bäst värden för slamvolym fås vid polymerkoncentrationerna 5, 10 och 20 mg/l (fig.2, bilaga A). Dessa verkar producera mindre mängd slamvolym, vilket betyder bättre koagulation-flockningsprocess. Samtliga tre har bäst resultat efter 30 min sedimentering, men skillnaden mellan 10, 20 och 30 min för koncentrationerna 10 och 20 mg/l är väldigt liten. Samma gäller för koncentrationen 5 mg/l, som dock har ett lite högre slamvolymsvärde för 10 min sedimentering än de andra två.



Figur 3.2 Visar medelvärdet för slamvolymen i ml vid olika koncentrationer Purfix 120, samt sedimenteringstider.

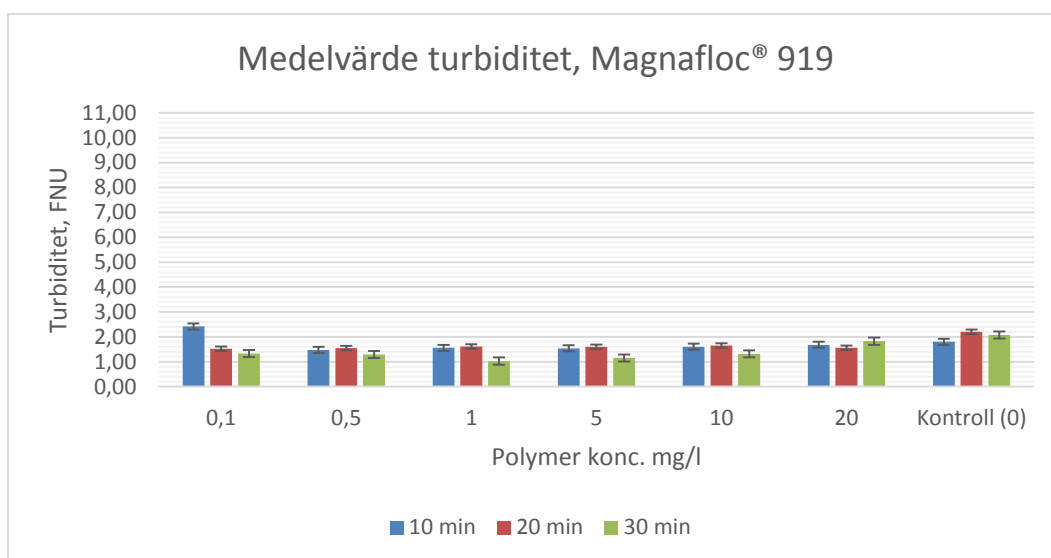
Resultaten för Purfix 120 visar att bäst värden för slamvolym fås vid polymerkoncentrationerna 5, 10 och 20 mg/l (fig. 3.2). Dessa verkar producera mindre mängd slamvolym, vilket betyder bättre koagulation-flockningsprocess. Samtliga tre har bäst resultat efter 30 min sedimentering, men skillnaden mellan 20 och 30 min är väldigt liten.

3.2 Turbiditet

Resultatet av turbiditetsmätningen visade att Magnafloc® 919 hade lägst värde på 1,03 FNU. Detta värde gavs för provet som sedimenterat i 30 min och med polymerkoncentrationen 1,0 mg/l (fig. 3.3).

Turbiditetsresultaten för Magnafloc® 5250 (fig.6, bilaga B) visar att koncentrationen 10 mg/l är väldigt bra. Dock fås ett väldigt högt värde för 20 mg/l.

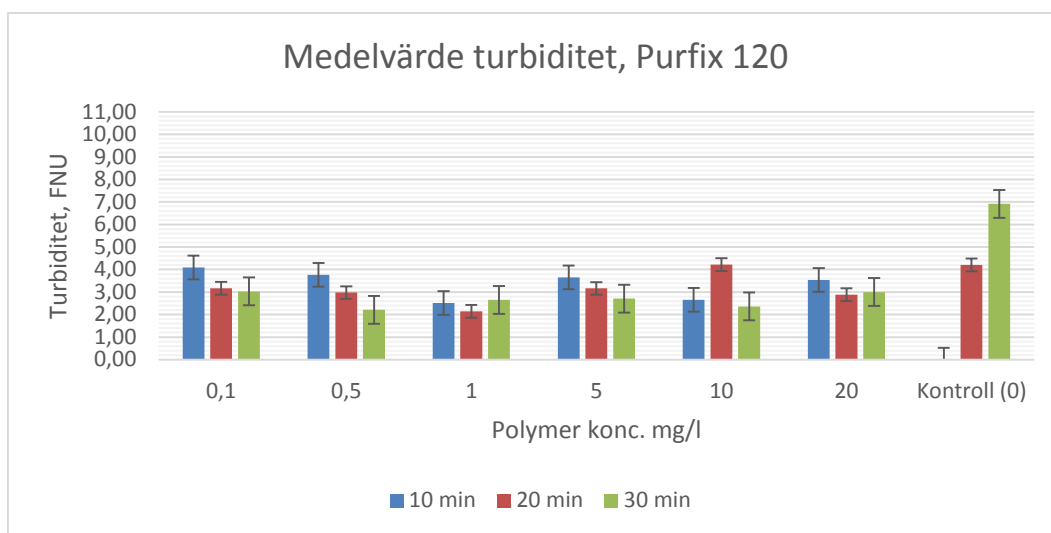
Koncentrationerna 0,1 och 0,5 mg/l av Magnafloc® 10 visar väldigt bra resultat. Dock fås även här som för Magnafloc® 5250 ett väldigt högt värde för koncentrationen 20 mg/l (fig.8, bilaga B).



Figur 3.3 Visar medelvärdet för turbiditeten i FNU vid olika koncentrationer Magnafloc® 919, samt sedimenteringstider.

Vad gäller Magnafloc® 919 visar (fig.3.3) resultaten att koncentrationerna 1 och 5 mg/l är de som är bäst. Det är ingen större skillnad mellan sedimenteringen efter 10 och 20 min, men bäst resultat fås efter 30 min.

Koncentrationen 20 mg/l Magnafloc® 455 ger bäst resultat för turbiditet. För övrigt fås värden med trenden att gå upp och ner. Efter 0,1 mg/l sjunker värdena för turbiditet, för att sedan stiga något för koncentrationen 1 mg/l. Vid 5 mg/l sjunker dem för att sedan åter stiga för 10 mg/l. Vid 20 mg/l sjunker dem igen och visar då det bästa värdet (fig. 7, bilaga B).



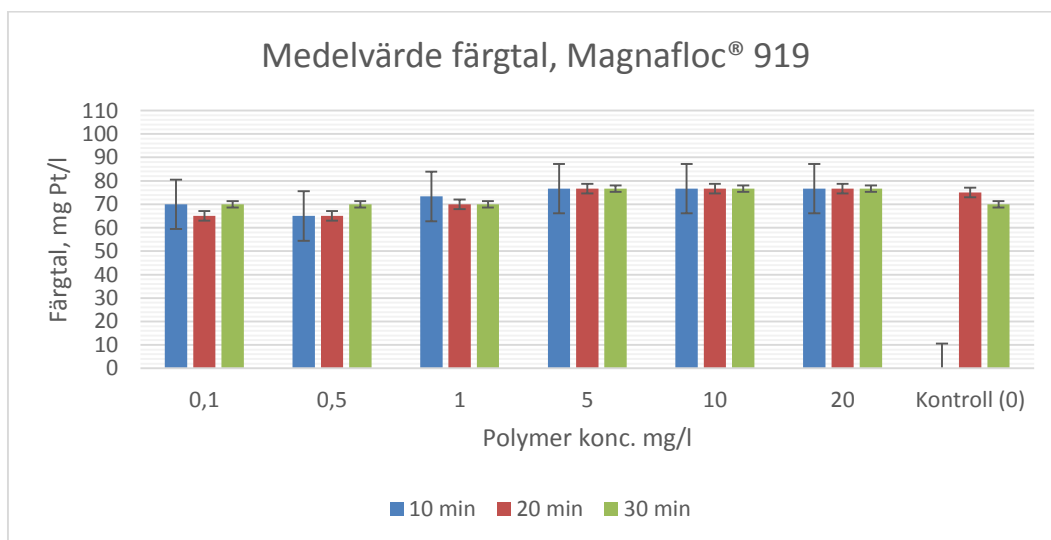
Figur 3.4 Visar medelvärdet för turbiditeten i FNU vid olika koncentrationer Purfix 120, samt sedimenteringstider.

Koncentrationen 1 mg/l Purfix 120 visar bäst turbiditetsvärde. Ett lite märkligt värde fås för koncentrationen 10 mg/l efter 20 min sedimentering då värdet skjuter i höjden för att sedan åter falla (fig. 3.4).

3.3 Färgtal

Resultatet av färgtalsbestämningen visade att Magnafloc® 455 hade lägst värde på 50 mg Pt/l. Detta värde gavs för provet som sedimenterat i 20 min och med polymerkoncentrationen 1,0 mg/l (fig.12, bilaga C).

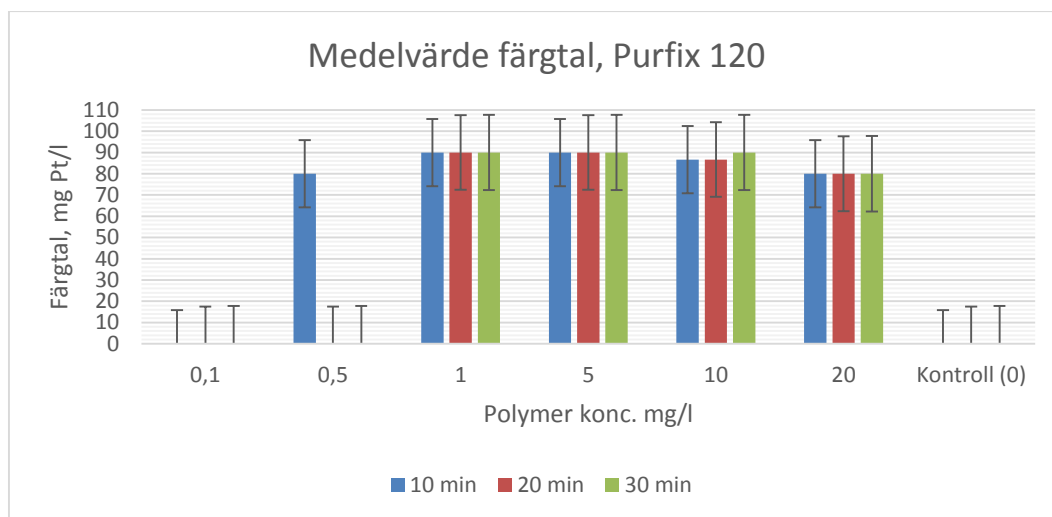
Färgtalet för Magnafloc® 5250 visar inga större skillnader mellan de olika koncentrationerna. Något bättre värden kan ses för 0,5, 1 och 5 mg/l (fig.11, bilaga C). Resultaten för Magnafloc® 10 visar heller ingen större skillnad mellan de olika polymerkoncentrationerna (fig.13, bilaga C).



Figur 3.5 Visar medelvärdet för färgtal i mg Pt/l vid olika koncentrationer Magnafloc® 919, samt sedimenteringstider.

Resultaten visar att det inte är någon större skillnad mellan polymerkoncentrationerna. Något bättre värden fås för 0,1, 0,5 och 1 mg/l (fig. 3.5).

Resultaten för Magnafloc® 455:s färgtal är något oregelbundna. För koncentrationerna 0,1 och 0,5 mg/l finns inga värden. Likaså för kontrollen, samt värdena för 10 min och 30 min för koncentration 1 mg/l saknas. Ytterligare ett lite märkligt värde fås för 30 min sedimentering av koncentrationen 5 mg/l, som sticker iväg jämfört med de övriga tiderna. Bäst värdena utifrån knappa förutsättningar ses hos koncentrationerna 10 och 20 mg/l (fig.12, bilaga C).



Figur 3.6 Visar medelvärdet för färgtal i mg Pt/l vid olika koncentrationer Purfix 120, samt sedimenteringstider.

Likt resultaten för Magnafloc® 455, saknas även för Purfix 120 värden för koncentrationen 0,1 mg/l, samt för 20 respektive 30 min för koncentrationen 0,5 mg/l. Även kontrollen saknar samtliga värden. Bäst färgtal fås för koncentrationen 20 mg/l. Inga större skillnader ses mellan de olika sedimenteringstiderna (fig.15, bilaga C).

4 DISKUSSION

Liknande undersökningar, som de i detta arbete, saknas sedan tidigare på den aktuella försöksanläggningen. Därför finns inget material att göra en direkt jämförelse, vad gäller just detta aktiva slam. Olika slam har olika sorters karaktärer och egenskaper. Detta varierar anläggningarna emellan och gör att en exakt jämförelse är svår att göra. Försöken i denna studie har visat att Magnafloc®919 är den polymerprodukt med bäst resultat i avseende på både slamvolym och turbiditet, när en koncentration av 1,0 mg/l använts (20- respektive 30 min sedimentering).

Bäst resultat gällande färgtal gavs med Magnafloc®455 med en koncentration av 1,0 mg/l och 20 min sedimentering.

Dock kan man se i tabellvärdena i bilaga A, B och C att skillnaderna är marginella för både slamvolym, turbiditet och färgtal. Därför ses Magnafloc® 919 som den polymer som totalt sett visat bäst resultat. Skillnaderna kan kanske ses som variationer och osäkerhet i den laborativa metodiken.

Faktorer som kan ha påverkat resultatet är t.ex. att några få värden helt saknas för vissa av polymerprodukterna, då volymen med klarfas som suggs upp med hjälp av en spruta i samband med sedimenteringen är alldeles för liten har t.ex. färgtal inte kunnat

analyseras. I vissa fall gäller detta också för turbiditeten. I andra fall har resultaten hamnat utanför mätområdet och visar då inte heller några värden.

Momentet med uttag av klarfas med spruta visade sig vara lite problematiskt då det ibland var svårt att enbart få med sig vattenfasen, utan att redan sedimenterat slam sögs med. Detta kan vara förklaringen till varför t.ex. en del kontrollvärden ibland ser bättre ut än dem för prover med polymertillsats och varför tillsynes märkliga trender mellan de olika koncentrationerna för en och samma polymer fås. Några exempel på dessa är turbiditetsvärdena för Magnafloc® 5250 och 10, som båda har osannolika värden för koncentrationen 20 mg/l.

Andra yttre faktorer som kan ha påverkat resultatet är att polymererna har testats för olika provtagningsomgångar. Slammet kan därför ha haft lite varierande karaktär, till följd av t.ex. temperaturhöjningar och nederbörd, vilket är oundvikligt när en fullskaleanläggning används till försöket. Under denna provtagningsperiod (v.13-17) har även en kortare tid med mycket slamflykt funnits. Mycket filament i slammet har funnits till följd av att stora mängder fett tillförts avloppsreningsverket. Detta i kombination med den stigande temperaturen har gjort att hydrofoba filament tillväxt snabbt enligt resultat av prover som skickats av Kalmar Vattens VA-lab till AnoxKaldnes AB för mikroskopiering. Gram-och Neisserfärgning av preparat har visat att det dominerande filamentet är *Microthrix parvicella*, vilket kan ha haft klart försämrande effekt på slammets förmåga att flocka och sedimentera på ett önskvärt sätt (Oppong *et al.* 2003). För denna period syntes försämrade resultat i analyserna för polymer Magnafloc® 10 som då kördes. På grund av den ökade filamenttillväxten har t.ex. slamvolymindex haft ett högre värde än normalt under denna period, vilket gör att resultaten för polymerprodukterna kanske blir annorlunda jämfört med om studien gjorts under normala förhållanden. Samtidigt är det framförallt när den naturliga flockningen och sedimenteringen av olika anledningar inte fungerar tillfredsställande, som polymerprodukten är som viktigast.

Det miljövänligare alternativet, som till största delen är naturlig och biologiskt nedbrytbar (Okaiyeto *et al.* 2014); Purfix 120 visade generellt något sämre värden i resultatet än Magnafloc®-produkterna, men även för denna polymer var det inga stora skillnader gentemot de andra. Naturligtvis kan andra faktorer så som miljöpåverkan och ekonomisk kostnad även vägas in i avgörandet; vilken polymer som är allra bäst lämpad. Denna del behandlas dock inte i detta arbete.

4.1 Slutsatser och rekommendationer

Magnafloc® 919 var en av de polymer som visade bäst resultat för slamvolym och turbiditet. För färgtal visade Magnafloc® 455 bäst. Totalt får Magnafloc® 919 räknas som det bättre alternativet, då lägst polymerkoncentration krävs av denna produkt. Skillnaden mellan resultatet för Magnafloc® 919 och Magnafloc® 455 för färgtal var dessutom marginellt. Man kan dock se en viss osäkerhetsmarginal i resultaten. Troligen till följd av en viss osäkerhet i vissa av metodikens delar. Den polymerprodukt som rekommenderas för att testa och användas i fullskala är Magnafloc® 919, baserat på de resultat som fås i studien.

Exempel på fortsatt forskning efter denna studie skulle kunna vara att testa fler miljövänliga alternativ och väga in de ekonomiska aspekter som kan tänkas finnas. Man skulle kunna undersöka toxiciteten för polymerprodukterna och se om det med hjälp av polymertillsats skulle kunna avskilja metaller, fosfor och andra toxiska substanser ur slammet. Detta skulle troligen bidra till ett renare och mer miljövänligt slam, som då kan få ett större användningsområde.

Referenser

- Bydén, S., Larsson, A. & Olsson, M. (2003). *Mäta vatten- Undersökningar av sött och salt vatten*. 3. Uppl., Göteborg: Bohuslän '5, 136 pp.
- Carlsson, B & Hallin, S. (2003). *Reglerteknik och mikrobiologi i avloppsreningsverk* (VA-Forsk rapport Nr 2003-27). Stockholm: Svenskt Vatten AB, 95 pp.
- Devesa-Rey, R., Bustos, G., Cruz, J.M. & Moldes, A.B. (2011). Evaluation of non-conventional coagulants to remove turbidity from water. *Water, Air, & Soil Pollution*, 223:591-598.
- Hasselblad, S.K.R (1999). *Optimization methods for sedimentation and denitrification in activated sludge*. Diss. Uppsala universitet. Uppsala: Acta Universitatis Upsaliensis, 28 pp.
- Hynninen, P. & Ingman, L.C. (1998). Improved Control Makes Activated Sludge Treatment More Viable. *Pulp & Paper*, 72:63-65.
- Lee, N.M. (1996). *Parameters Affecting Microorganisms and the Process Performance in Biological Wastewater Treatment*. Diss. Lunds universitet. Lund: Biotechnology (LTH), 70 pp.
- Martins, A., M.P., Pagilla, K., Heijnen, J.J. & van Loosdrecht, M.C.M. (2004). Filamentous bulking sludge- a critical review. *Water Research*, 38:793-817.
- Miekszerek, A.T., Saunders, A.M., Larsen, P., Albertsen, M., Stevenson, M., Nielsen, J.L., Nielsen, P.H. (2013). The Microbial Database for Danish wastewater treatment plants with nutrient removal (MiDas-DK) - a tool for understanding activated sludge population dynamics and community stability. *Water Science and Technology*, 67:2519-2526.
- Okaiyeto, K., Nwodo, U.U., Mabinya, L.V. & Okoh, A.I. (2014). Evaluation of the flocculation potential and characterization of bioflocculant produced by *Micrococcus* sp. Leo. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 50:601-608.
- Oppong, D., King, V.M. & Bowen, J.A. (2002). Isolation and characterization of filamentous bacteria from paper mill slimes. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 52:52-62.
- Perry, J.J., Staley, J.T., Lory, S. (2002). *Microbial life*. Sunderland, Massachusetts, USA: Sinauer Associates Publishers, 800 pp.
- Persson, P. & Nilsson, L.(2005). Vattenhantering och vattenreningsteknik. I Persson, P. (red.) *Kompendium i miljöskydd, del 2: Miljöskyddsteknik för ett hållbart miljöskydd*. 7.uppl., Stockholm: Institutionen för kemiteknik, Tekniska högskolan, 461 pp.
- Satterfield, Z. (2005). Jar testing. *On tap magazine*, 5:1-4.
- Sharma, B.R., Dhuldhoya, N.C. & Merchant, U.C. (2006). Flocculants-an Ecofriendly Approach. *Journal of Polymers and the Environment*, 14:195-202.

Svenskt Vatten AB (2007). *Avloppsteknik 2-Reningsprocessen* (Publikation U2). Stockholm: Svenskt Vatten AB, 136 pp.

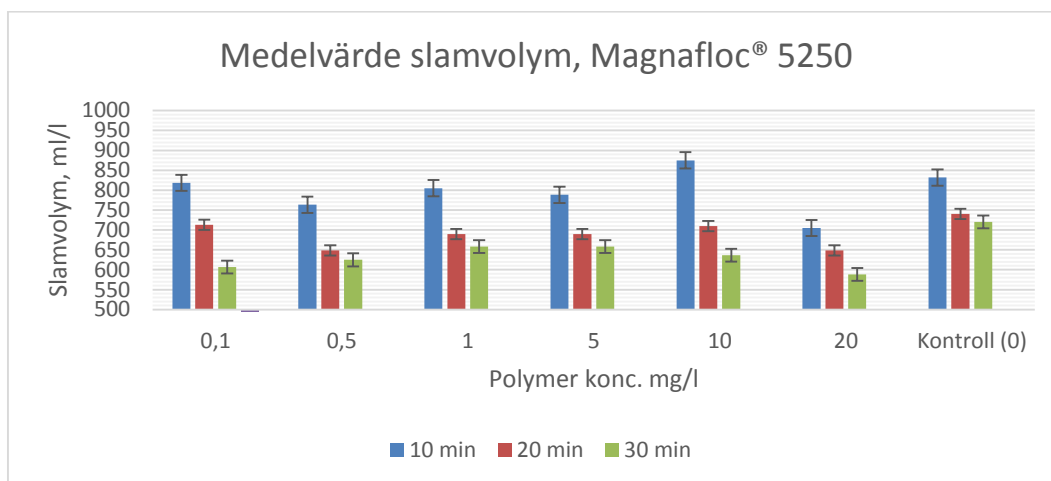
Övriga referenser

Fotografierna i rapporten tillhör författaren (Ida Angeland).

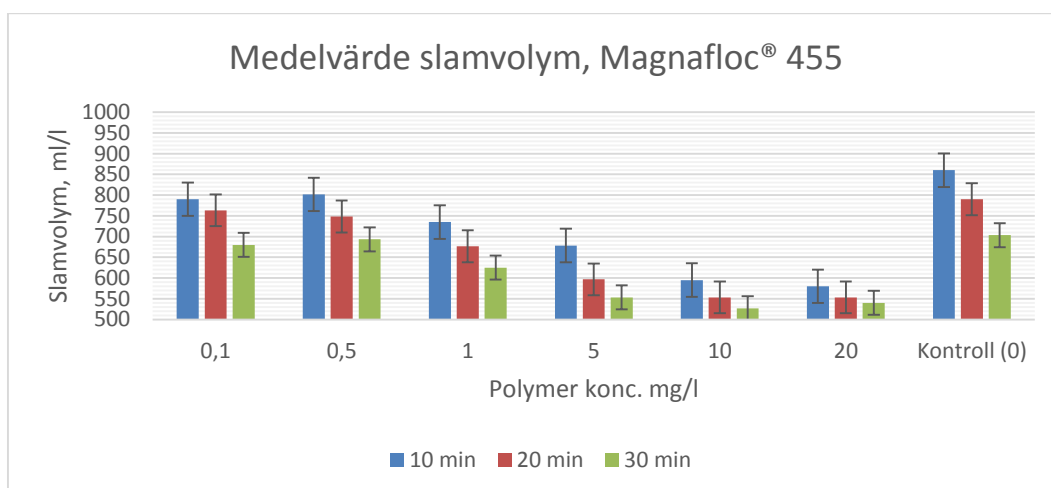
Processkissen över Kalmar avloppsreningsverk i kapitel 2.2, används med tillstånd av Kalmar Vatten AB.

Bilagor

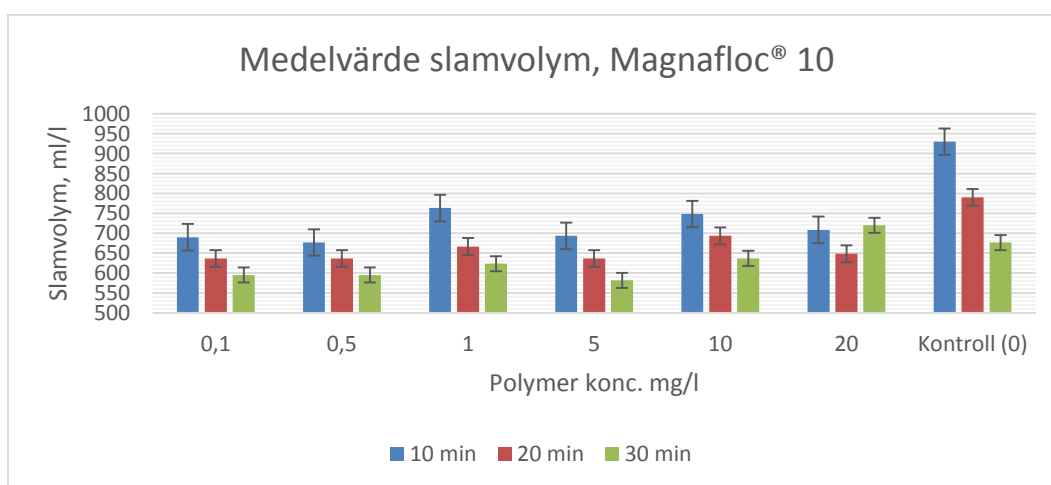
Bilaga A-Resultat för slamvolym i ml/l, angivet som medelvärde, standardavvikelse och CV%.



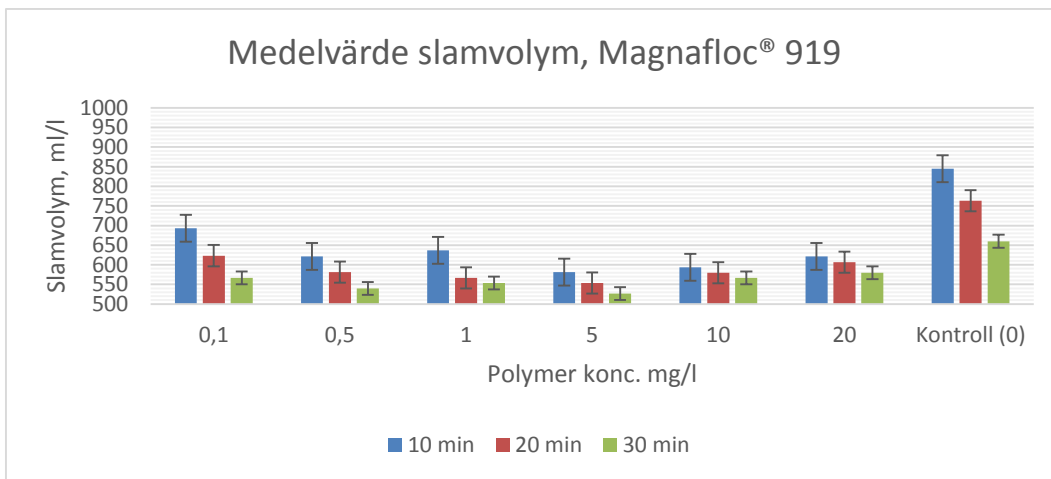
Figur 1. Visar medelvärdet för slamvolymen i ml vid olika koncentrationer Magnafloc® 5250, samt sedimenteringstider.



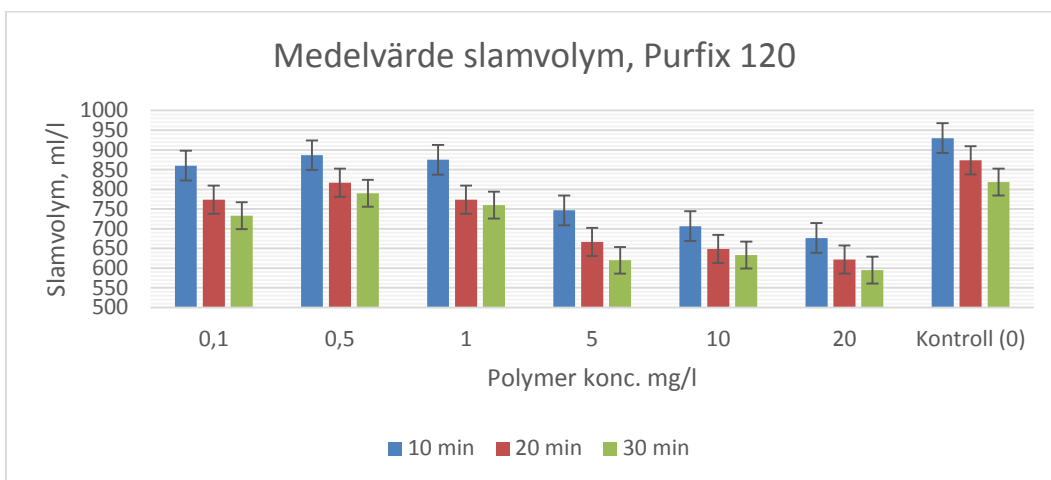
Figur 2. Visar medelvärdet för slamvolymen i ml vid olika koncentrationer Magnafloc® 455, samt sedimenteringstider.



Figur 3. Visar medelvärdet för slamvolymen i ml vid olika koncentrationer Magnafloc® 10, samt sedimenteringstider.

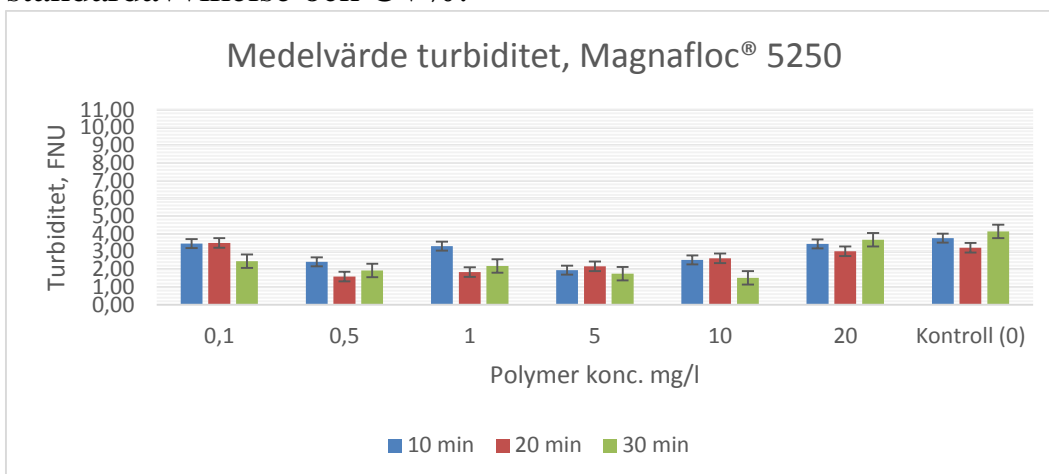


Figur 4. Visar medelvärdet för slamvolymen i ml vid olika koncentrationer Magnafloc® 919, samt sedimenteringstider.

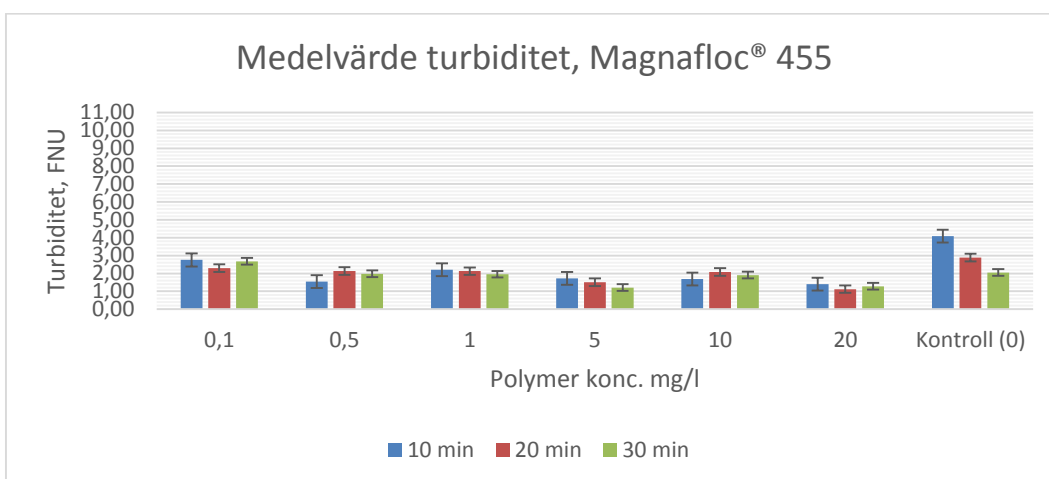


Figur 5. Visar medelvärdet för slamvolymen i ml vid olika koncentrationer Purfix 120, samt sedimenteringstider.

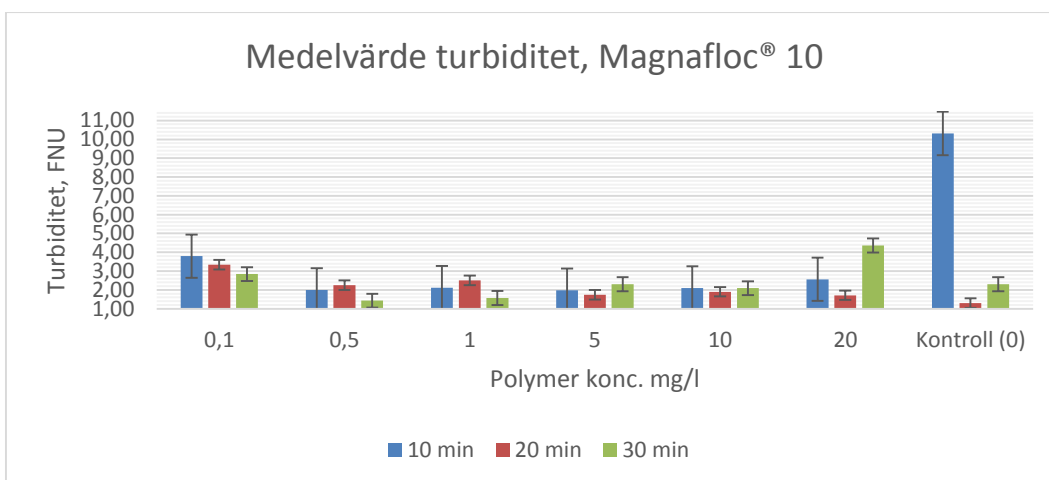
Bilaga B- Resultat för turbiditet i FNU, angivet som medelvärde, standardavvikelse och CV%.



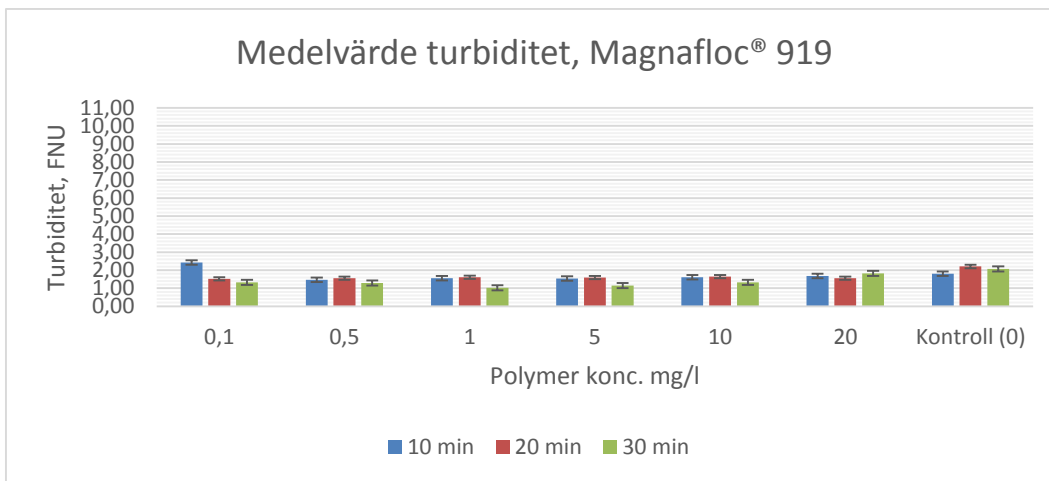
Figur 6. Visar medelvärdet för turbiditeten i FNU vid olika koncentrationer Magnafloc® 5250, samt sedimenteringstider.



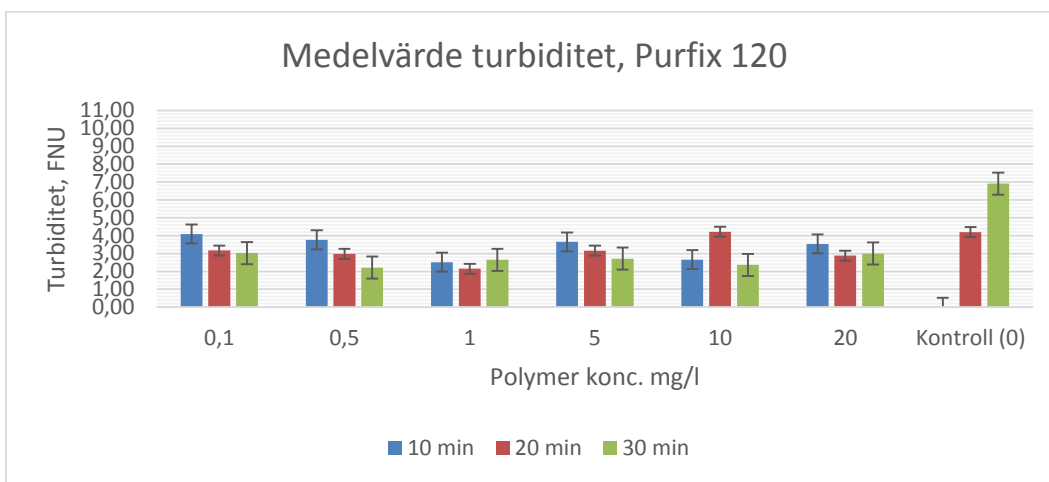
Figur 7. Visar medelvärdet för turbiditeten i FNU vid olika koncentrationer Magnafloc® 455, samt sedimenteringstider.



Figur 8. Visar medelvärdet för turbiditeten i FNU vid olika koncentrationer Magnafloc® 10, samt sedimenteringstider.

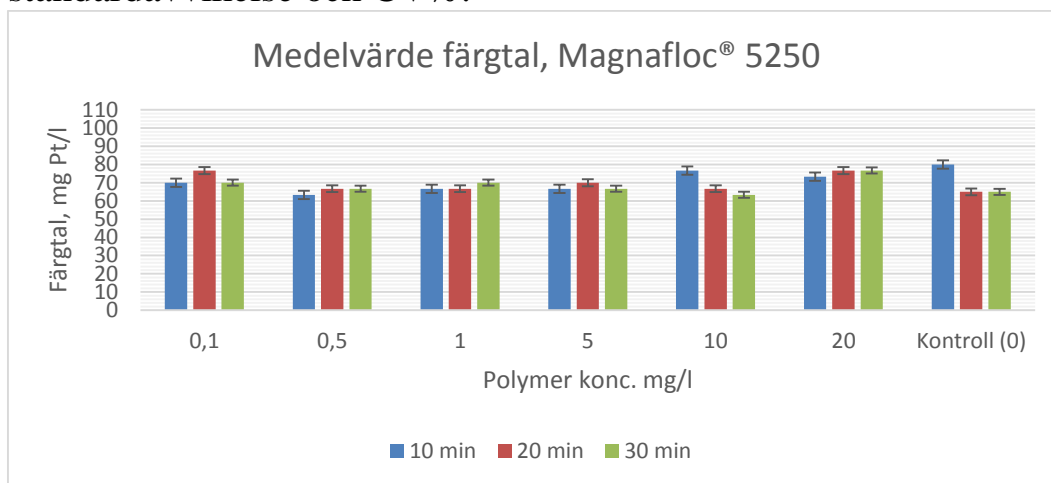


Figur 9. Visar medelvärdet för turbiditeten i FNU vid olika koncentrationer Magnafloc® 919, samt sedimenteringstider.

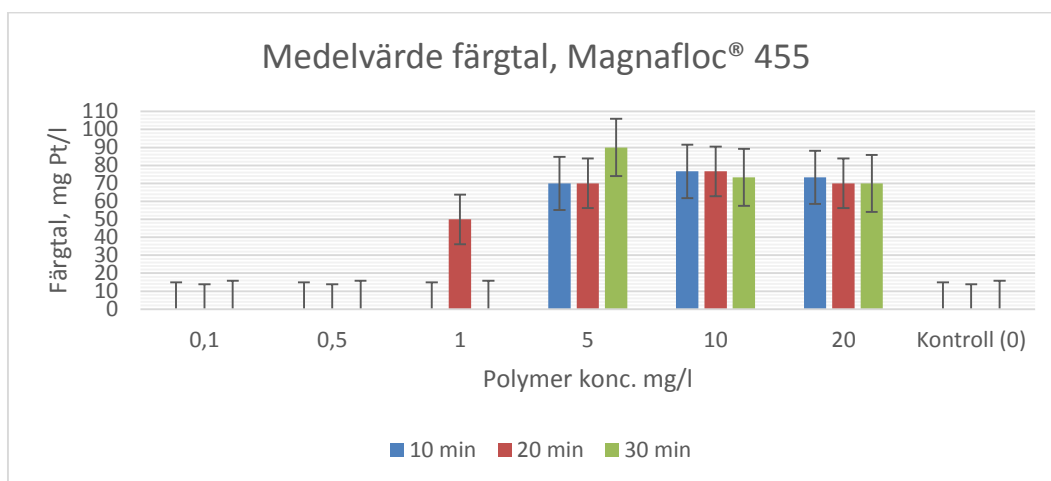


Figur 10. Visar medelvärdet för turbiditeten i FNU vid olika koncentrationer Purfix 120, samt sedimenteringstider.

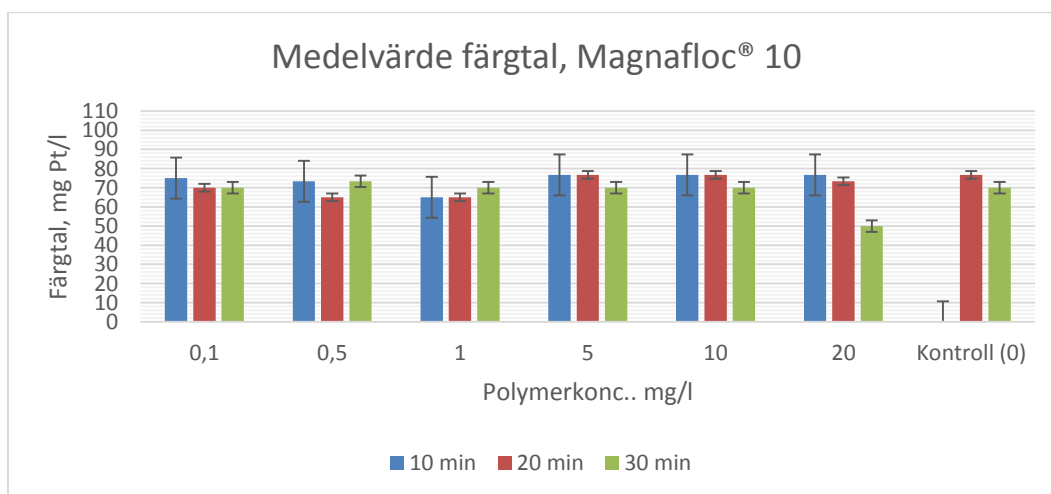
Bilaga C- Resultat för färgtal mg Pt/l, angivet som medelvärde, standardavvikelse och CV%.



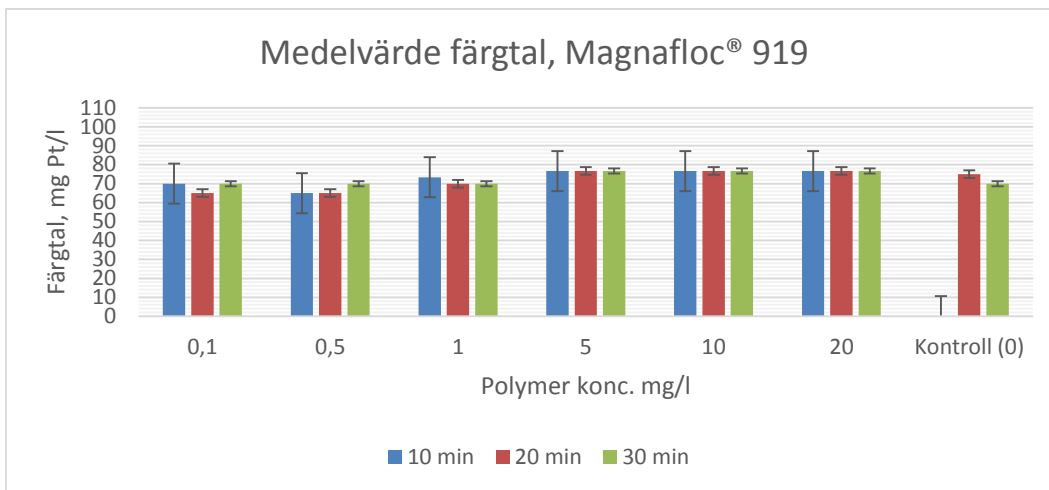
Figur 11. Visar medelvärdet för färgtal i mg Pt/l vid olika koncentrationer Magnafloc® 5250, samt sedimenteringstider.



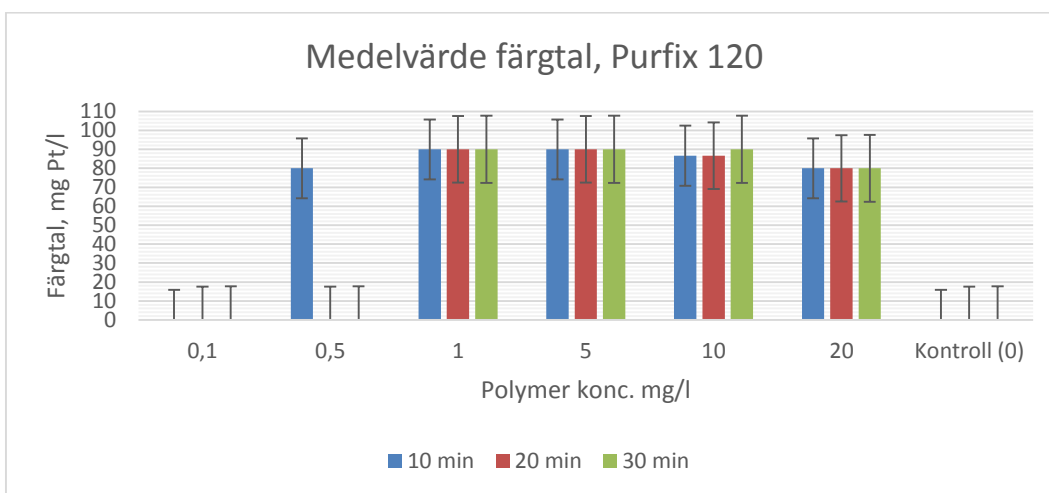
Figur 12. Visar medelvärdet för färgtal i mg Pt/l vid olika koncentrationer Magnafloc® 455, samt sedimenteringstider.



Figur 13. Visar medelvärdet för färgtal i mg Pt/l vid olika koncentrationer Magnafloc® 10, samt sedimenteringstider.



Figur 14. Visar medelvärdet för färgtal i mg Pt/l vid olika koncentrationer Magnafloc® 919, samt sedimenteringstider.



Figur 15. Visar medelvärdet för färgtal i mg Pt/l vid olika koncentrationer Purfix 120, samt sedimenteringstider.

Linnéuniversitetet
Kalmar Växjö

Lnu.se