

Pilotförsök med biologisk järn- och manganavskiljning vid Brantafors Vattenverk

Trials with biological iron and manganese removal in a pilot plant at Brantafors Waterworks



Hans Carlsson, AVVATech AB, hans.carlsson@avvatech.se

Sammanfattning

Inför utbyggnaden av Brantafors vattenverk i Ronneby kommun utfördes studier i en pilotanläggning, som försågs med en delström av råvattnet till befintligt vattenverk, för att hitta lämplig processkonfiguration för det blivande vattenverket och säkerställa att denna levererar godkänt dricksvatten. Studien pågick under sju månader 2021-2022.

Huvudsyftet med pilotstudien var frågan om huruvida biologisk manganavskiljning helt skulle kunna ersätta tillsats av starkare oxidationsmedel, t ex kaliumpermanganat, som används vid det befintliga vattenverket i Brantafors. Hur långt biologisk järnavskiljning skulle kunna nå var också en huvudfråga.

Efter sju månaders drift hade pilotanläggningen visat så pass stabila resultat avseende järn och mangan att beslut om att biologisk järn- och manganavskiljning skulle ingå som första steg i framtida vattenverk kunde fattas.

Abstract

Prior to the expansion of the Brantafors waterworks in Ronneby municipality, studies were carried out in a pilot plant, which was supplied with a partial stream of the raw water to the existing waterworks, to find a suitable process configuration for the future waterworks and ensure that it delivers approved drinking water. The study ran for seven months in 2021-2022.

The main purpose of the pilot study was to determine whether biological manganese removal could completely replace the addition of stronger oxidizing agents, such as potassium permanganate, which is used at the existing waterworks in Brantafors. How far biological iron removal could go was also a key question.

After seven months of operation, the pilot plant had shown such stable results regarding iron and manganese that a decision could be made that biological iron and manganese removal would be included as the first step in future waterworks.

Key words: biological manganese removal, biological iron removal

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Inför utbyggnaden av Brantafors vattenverk i Ronneby kommun utfördes studier i en pilotanläggning, som försågs med en delström av råvattnet till befintligt vattenverk, för att hitta lämplig processkonfiguration för det blivande vattenverket och säkerställa att denna levererar godkänt dricksvatten. Studien pågick under sju månader 2021-2022.

1.2 Syfte & mål

Huvudsyftet med pilotstudien var frågan om huruvida biologisk manganavskiljning helt skulle kunna ersätta tillsats av starkare oxidationsmedel, t ex kaliumpermanganat, som används vid det befintliga vattenverket i Brantafors. Hur långt biologisk järnavskiljning skulle kunna nå var också en huvudfråga.

Råvattnet till vattenberedningen vid Brantafors vattenverk innehåller mycket NOM (naturligt organiskt material) för att vara ett grundvatten. Därför behövde piloten också visa att avskiljning av NOM med kemisk fällning fungerade bra.

Den i prioritetsordning därefter viktigaste frågan var frågan om huruvida lamellsedimentering eller filtrering i Dynasand skulle väljas som avskiljningsmetod efter tillsats av fällningskemikalie, efter det biologiska steget.

Följande siffermål användes i urvalsprocessen för att sortera och prioritera mellan möjliga processlösningar för huvudprojektet, och är därför relevanta mål att nå i driften av pilotanläggningen:

- TOC < 4 mg/l
- FNU < 0,1 FNU (< 0,5 enl LIVSFS 2022:12)
- Fe < 0,02 mg/l (< 0,1 enl LIVSFS 2022:12)
- Mn < 0,02 mg/l (< 0,05 enl LIVSFS 2022:12)

2 Metod

För att nå målen drevs en pilotanläggning, som designades och byggdes för uppgiften, under sju månaders tid. Pilotanläggningen beskickades en delström av råvattnet till Brantafors vattenverk, och uppföljning skedde genom direkta mätningar i pilotanläggningen, stöttande laborationer och mikrobiologiska studier av uttagna prov.

2.1 Pilotanläggning

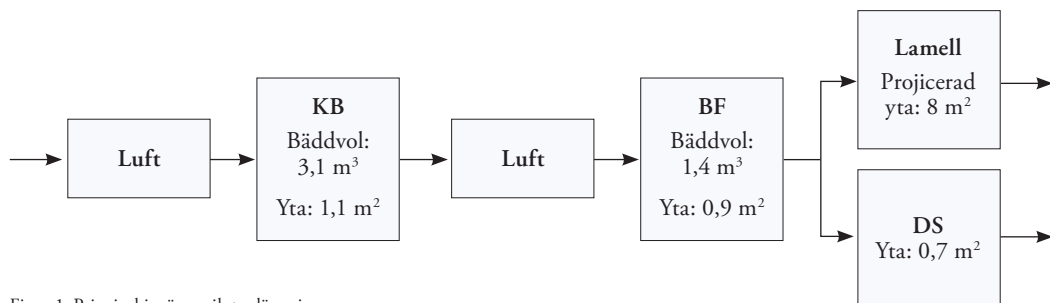
I flödesriktning bestod pilotanläggningen, se figur 1, först av ett biologiskt steg, som i sin tur var uppdelat på en uppströms kontaktbassäng (KB), med fyllkroppar av plast, typ HUFO med 90 mm diameter, följt av ett nedströms biofilter (BF), fyllt med korn av krossad LECA av typ Filtralite. Möjlighet till syresättning av vattnet, och reglering av syrehalten, fanns både före KB och före BF. Möjlighet att tillsätta NaOH för (manuell) pH-reglering fanns före BF.

Efter det biologiska steget leddes vattnet antingen till tre flockningskamarar i serie följda av lamellsedimentering (Lamell), eller till ett kontinuerligt spolat filter av typ Dynasand (DS). För båda dessa alternativ fanns möjlighet att tillsätta fällningskemikalie (bestämd dos) och NaOH (automatisk inreglering mot valt pH).

Flödet till de olika anläggningsdelarna kunde väljas olika (med vissa begränsningar).

2 Driftinställningar

Även om man utgår från driftinställningar som bedöms vara välvägdade i förhållande till den kunskap och de erfarenheter som finns, och de mål som behöver uppnås, finns det ett stort antal möjliga kombinationer av driftinställningar.



Figur 1. Principskiss över pilotanläggningen.

Tabell 1. Antal unika driftinställningar vid tre inställningar av varje

Parametrar att variera	KB	BF	Lamell	Dynasand	Pilot tot
KB		27			
BF			2187	2187	
Flöde	3	3	3	3	
Syre	3	3			
pH	1	3			
pH/FeNaOH			3	3	
Störttappningsrutin	3				
Backspolningsrutin		3			
Antal inställn	27	2 187	19 683	19 683	39 366

I tabell 1, nedan visas antalet unika driftinställningar som uppstått i pilotanläggningen för fallet att man vill testa tre inställningar av varje påverkbar parameter (och då har varken möjligheten att byta ut järn mot aluminium som fällningskemikalie, vilket dock gjordes mot slutet av perioden, eller t ex omrörarhastighet i de tre flockningskammarna tagits med som parametrar).

Rutiner för störttappning och backspolning var intressant för att det ligger det en svårighet i att avlägsna lagom mycket, förhoppningsvis biologisk, påväxt så att tryckfallet minskar mycket, medan tillräckligt mycket påväxt ska finnas kvar så att processen fungerar väl även direkt efter störttappning/backspolning.

Naturligtvis var det totala antalet inställningar i tabell 1 alldeles för stort, men denna typ av överväganden låg till grund vid prioritering mellan olika driftinställningar att testa.

I resultatredovisningen i avsnitt 9 framgår vilka driftinställningar som testats.

2.3 Mätningar

Pilotanläggningen var utrustad med kontinuerliga mätare enligt tabell 2, nedan. Direkta mätningar i processen med handhållna instrument, samt uttag av

stickprov för analys skedde 1-4 d/v. Dessa mätningar och analyser omfattade följande:

- 4 d/v – syrehalt före och efter såväl KB som BF
- 4 d/v – pH före BF
- 4 d/v – järnhalt efter KB (of/f), efter BF (of/f) och efter Lamell/DS (of/f)
- 1 d/v – järnhalt före KB (of/f)
- 1 d/v – manganhalt (of/f) före och efter KB, efter BF och efter Lamell/DS
- 1 d/v – Redox i/efter KB

2.4 Laborationer

För att stötta pilotstudien utfördes laborationer med följande mål, som uppfylldes:

- Att i lab-skala testa ut vilken kombination av Fe och pH som skulle kunna vara ett alternativ till den kombination av Fe och pH som använts i piloten.
- Att i lab-skala testa ut vilken kombination av Al och pH som skulle kunna vara ett alternativ till den kombination av Fe och pH som använts i piloten.
- Att säkerställa att det går att nå ned under 0,1 mg Fe/l i filtrerat prov (0,45 µm) efter att utgående vatten från Dynasand tillsatts en viss dos KMnO₄ vid visst pH.
- Att i lab-skala säkerställa att filtratet från en volymmässigt, med hänsyn till beräknade mängder i dimensionerande medeldriftsituation, relevant blandning av störttappnings-, backspolnings- och tvättvatten (från DS) efter fällning med järnklorid eller aluminiumklorid och gravimetrisk filtrering visade så låg turbiditet (< 0,2 FNU) att sambehandling av vattnen i DS vore ett fungerande alternativ.

Tabell 2. Kontinuerliga mätare och deras placering i pilotanläggningen.

Före KB	Före BF	I BF	Efter BF	Före Lamell/DS	Efter Lamell/DS
Flöde	Flöde	Vätskenivå	Syrehalt Temperatur Redox pH Turbiditet TOC DOC UV254	Flöde pH	Syrehalt Temperatur Redox pH Turbiditet TOC DOC UV254

2.5 Mikroskopering

Mikroskopering av påväxt på HUFO-material och Filtralite i syfte att, främst, konstatera närvaro av järn- och manganavskiljande bakterier utfördes vid två tillfällen av företaget micans.

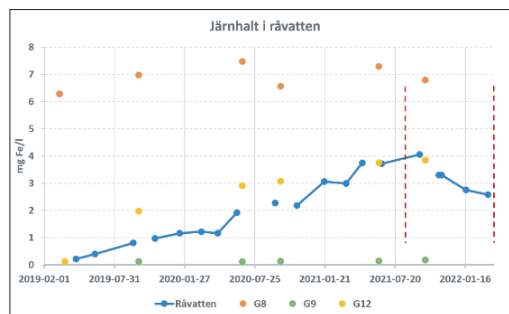
2.6 Järnhalt i råvatten

Råvattnet till vattenverket utgjordes av vatten från tre brunnar, G8, G9 och G12. I figur 2 visas uppmätta järnhalter i brunnarna samt i det samlade råvattnet. De röda streckade linjerna i figuren visar den period pilotstudien pågick. Det kan förstås inte uteslutas att fler egenskaper hos råvattnet också varierade enligt något mönster.

2.7 Flöden, störtappning och backspolning

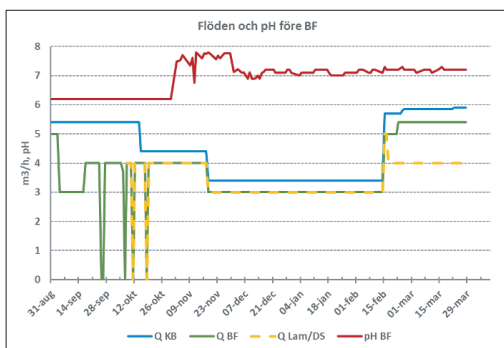
Figur 3 visar de flöden som KB och BF belastades med samt också uppmätt pH före BF. Lamell driftsattes 8/10-21 och växling till DS skedde 8/12-21.

Figur 4 visar nivå i BF, samt intervall för störtappning och backspolning. Bräddnivån i BF höjdes i början av september för att kunna tillåta ett större tryckfall i filterbädden, och därmed kunna öka intervallet mellan backspolningarna.

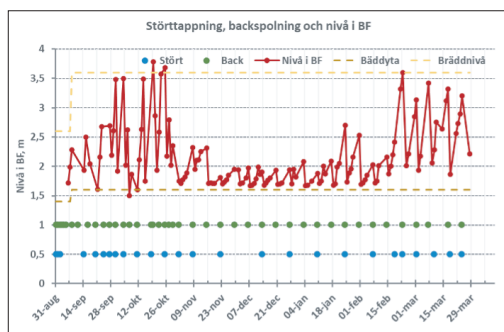


Figur 2. Järnhalter i råvatten och brunnar. De röda strecken visar den period pilotstudien pågick.

Man ser att tryckfallstillväxten bromsades markant 1/11 då pH i BF höjdes från strax över 6 till ca 7,5. Denna pH-höjning gjordes för att skapa gynnsammare förhållanden för manganbakterierna i BF. Anledningen till att tryckfallet i BF minskar så snabbt och så mycket var med stor sannolikhet att järnoxider som tidigare fallit ut löstes upp, och därefter inte bildades vid det högre pH-värdet.



Figur 3. Flöden till KB och BF, samt pH före BF. Lamell driftsattes 8/10-21 och växling till DS skedde 8/12-21, och dessa enheter belastades med samma flöde som BF.



Figur 4. Nivå i BF, samt intervall för störtappning och backspolning.

2.8 Järnavskiljning i KB och BF

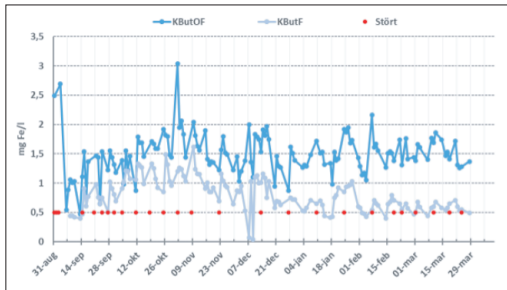
Figur 5 visar järnhalter före och efter KB. Den fallande trenden för inkommande järnhalt känns igen från figur 1. Man ser att järn avskiljs i KB och att det var möjligt att nå strax under 0,5 mg/l i filterrat prov.

Analysvärdena för järn i filterade prover kan vara behäftade med fel av det skälet att filtrering kan innebära viss syresättning av provet, vilket i sin tur kan resultera i att en del av det lösta järnet oxideras och fastnar i filterpappret. När det gäller "KButF" mätes dessa värden på plats, så varsamt som möjligt, direkt efter uttag av provet, medan "KBinF" mätes på annan plats och transporterades därför dessutom. Således är det större risk att de senare är behäftade med fel.

I detaljfiguren, som endast visar KBut och störtappningar, framgår att Fe-halten i provet direkt efter nästan varje störtappning var högre än i provet före. Detta mönster gjorde att rutinen för störtappning modifierades i förhoppning att kunna hitta en skonsam

Tolkningen av mönstret är endera eller en kombination av förlust av aktiva järnbakterier och förlust av mekanisk filtreringsförmåga – ty det förhöll sig så att precis före en störttappning hade materialet i KB mycket påväxt som förmodligen hade en viss förmåga att filtrera ifrån partiklar, som förstås kan vara/innehålla järn.

De syrehalter som ställdes in före KB och BF, och som blev resultatet efter desamma framgår av figur 6. Det ser endast ut att förbrukas ett eller ett par tiondels



mg OZ/l

Syre

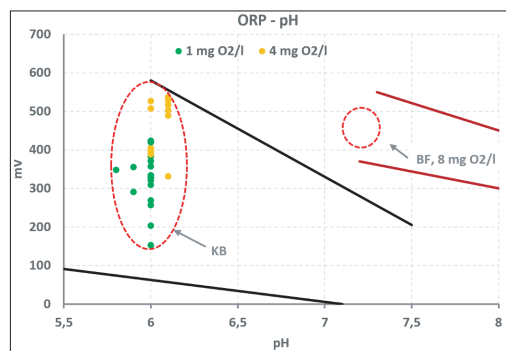
31-aug 14-sep 28-sep 12-oct 26-oct 09-nov 23-nov 07-dec 21-dec 04-jan 18-jan 01-feb 15-feb 01-mar 15-mar 29-mar

— KBin — KBut — BFin — BFut

Figur 6. Syrehalter före och efter KB, samt före och efter BF.

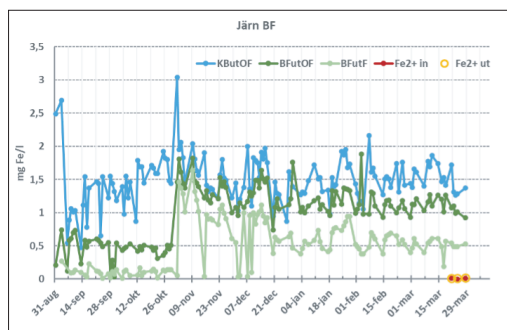
Figur 7 visar områden i termer av pH och redox-potential, uttolkat från några publicerade studier (Mouchet, 1992; Pacini m fl, 2005), där gynnsamma förhållanden råder för biologisk järn- respektive manganoxidation (järn – svarta linjer, mangan – röda linjer). De gröna och gula prickarna i figur 7 visar mätningar som utfördes manuellt i stickprov från vattnet efter KB. Tolkningen av prickarnas position blir att förhållandena är goda eller godtagbara för biologisk järnavskiljning.

Figur 8 visar Järnhalter efter BF, samt som jämförelse också efter KB. Värt att lägga märke till här är att efter att pH justerats upp 1/11 (figur 3, figur 19a) avskiljs knappast något järn i BF (jfr järn i filtrerat prov mellan figurerna 5 och 8). Det som förmodligen



händer precis efter 1/11 är, som tidigare sagts, att järnoxider i BF löses upp och ger upphov till kraftigt förhöjda järnhalter efter BF under en tid, för att sedan plana ut på en betydligt högre nivå än tidigare.

Figur 8 visar också några mätningar av 2-värt järn i slutet av perioden, och det framgår att halten 2-värt järn var försumbar både in till och ut från BF.

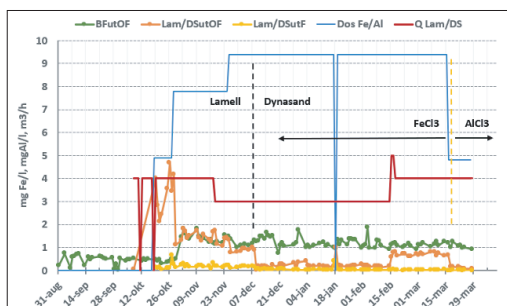


Figur 8. Järnhalter efter BF, samt som jämförelse också efter KB

2.9 Järnavskiljning i lamell och DS

Figureerna 9 och 10 visar, i olika skala, järnhalter efter lamell/DS, samt doserad järn- eller aluminiumhalt.

Av figur 9 framgår att järnhalten i ofiltrerat prov efter lamell blev lägre när järndosen ökades 28/10, och att den blev ännu lite lägre när järndosen ökades ytterligare 27/11. Det är också tydligt i figur 9 att järnhalten i ofiltrerat prov efter DS var markant lägre



Figur 9. Järnhalter efter Lamell/DS, samt som jämförelse också efter BF. Figuren visar också indoserad halt järn eller aluminium med fällningskemikalien.

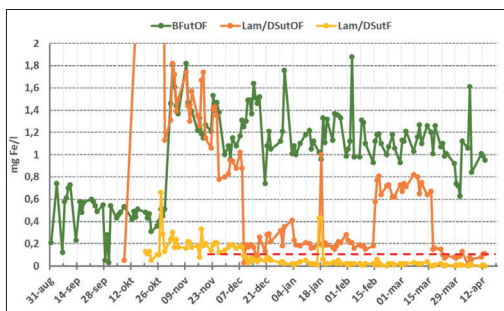
än den var vid motsvarande förhållanden för lamell.

Av figur 10 framgår att järnhalten i filtrerat prov efter DS var lägre än 0,1 mg/l, men att motsvarande halt efter lamell var högre än 0,1 mg/l. Man ser också i figur 10 att efter skiftet till aluminium var järnhalten i ofiltrerat prov efter DS är lägre än den var när järn doserades, t o m lägre än 0,1 mg/l vid ett par tillfällen.

Det kan tilläggas att under den korta period aluminium doserades var resthalten under 0,1 mg Al/l.

2.10 Manganavskiljning i KB och BF

I figur 11 visas manganhalter före och efter KB och BF. Resultaten kring KB är svårtolkade, men mang-

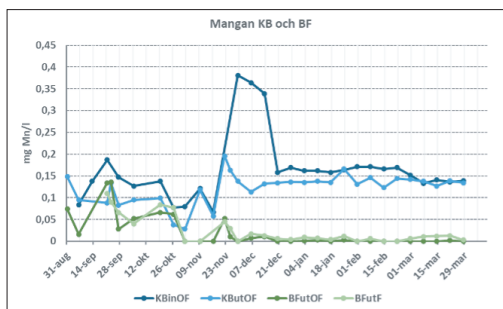


Figur 10. Järnhalter efter Lamell/DS, samt som jämförelse också efter BF (annan skala än i figur 9). Den röda streckade linjen visar kravet från Livsmedelsverket.

anhalterna efter KB var genomgående betydande. Enligt figur 7 bör inte heller någon biologisk manganavskiljning ha skett i KB.

Manganhalterna efter BF var mycket låga efter det att pH 1/11 höjdes till ca 7,2. Med hänsyn till figur 7 är detta också mycket rimligt. En så lång period med så låga halter utan avbrott signalerar att den biologiska manganavskiljningen fungerade mycket bra.

Figur 12 visar manganhalter efter Lamell/DS, samt som jämförelse också efter BF. Figuren visar också indoserad halt mangan med fällningskemika-



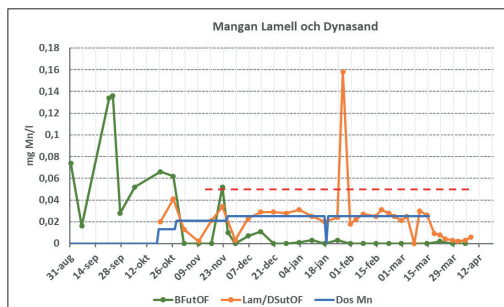
Figur 11. Manganhalter före och efter KB och BF.

lien. Den röda streckade linjen visar kravet från Livsmedelsverket.

Fällningskemikalien järnklorid (oavsett producent) tillverkas av ett manganhaltigt råmaterial, vilket innebär att man doserar i mangan så snart man doserar järnklorid.

Av figur 12 framgår att den dosering som tillämpades innebar att ungefär halva utrymmet för manganhalt i utgående vatten upptogs av indoserad halt mangan. Det framgår också att i princip allt mangan som lämnade lamell/DS är indoserad.

Man ser också i figur 12 att efter det att järndoseringen upphörde, och aluminium doserades istället, sjönk utgående manganhalt till ungefär samma låga värden som efter BF.



Figur 12. Manganhalter efter Lamell/DS, samt som jämförelse också efter BF. Figuren visar också indoserad halt mangan med fällningskemikalien. Den röda streckade linjen visar kravet från Livsmedelsverket.

2.11 Mikroskopiering

Vid det första mikroskoperingstillfället (15/12-21) sammanfattades resultaten enligt följande:

- Råvattenprovet hade ljus gulbruna flockar på botten av flaskan när det anlände till laboratoriet. Det här provet innehöll nästan uteslutande den järnoxiderande bakterien *G. ferruginea*. I provet fanns också mörka strukturer som stor sannolikhet är manganoxiderande bakterien *Siderocapsa*.
- Fällningarna från KB innehöll också till största delen *G. ferruginea* men här fanns även skidor av *L. ochracea*. Även här fanns rundade mörka strukturer som med stor sannolikhet är manganoxiderande bakterien *Siderocapsa*.
- Provet från BF gick inte att studera i mikroskop men i stereolupp. Det fanns inga fällningar i vatten från det här provet. Ytor på kulorna i filtret varierade i utseende. En del hade ett tunt lager järnoxider och några en lilabrun yta som möjligen kan vara manganoxider.

Vid det andra tillfället (21/1-22), då inget prov från BF ingick, sammanfattades resultaten enligt:

- Råvattenprovet hade ljus gulbruna flockar på botten av flaskan när det anlände till laboratoriet. Det här provet innehöll nästan uteslutande den järnoxiderande bakterien *G. ferruginea*. I provet fanns också mörka strukturer som stor

sannolikhet är manganoxiderande bakterien *Siderocapsa*.

- Fällningarna från KB innehöll också till största delen *G. ferruginea* men här fanns även skidor av *L. ochracea*.
- Järnoxiderna i provet från KB upplevdes som mer kristallina den här gången i jämförelse med provet som togs i december 2021.

Således kunde konstateras att vid båda tillfällena var järnavskiljande bakterier närvarande, och sannolikt även manganavskiljande bakterier. Det bör här påpekas att denna typ av undersökning inte kan ge svar på hur omfattande påväxten av bakterier är i olika delar av filterbäddarna.

2.12 Kontinuerliga mätare

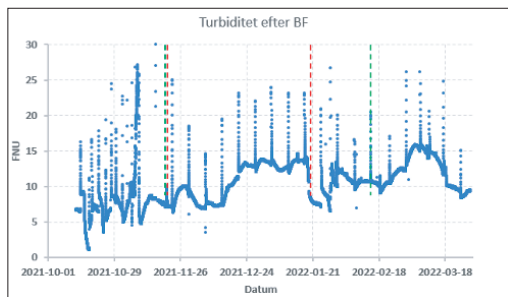
För att följa redovisningen av mätvärden från de kontinuerliga mätarna behövs följande förklaringar:

- Kalibrering av instrumenten mot laboratorieanalyser skedde 19/11-21 och 20/1 – 22. Dessa tidpunkter representeras av röda, lodräta streckade linjer.
- Betydande flödesförändringar (se figur 2) skedde och 18/11 -21 och 15/2 -22, vilka representeras av gröna, lodräta streckade linjer.
- Skifte mellan lamell och Dynasand skedde 11/12 -21, vilket representeras av svart, lodrät streckad linje.
- Skifte mellan järnklorid och aluminiumklorid skedde 18/3 -22, vilket representeras av gul, lodrät streckad linje.

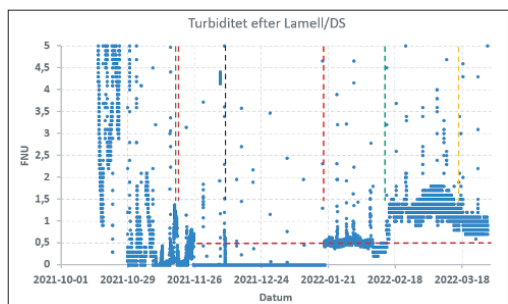
2.13 Turbiditet

Figur 13 a och b visar turbiditet efter BF resp lamell/DS. Man ser att efter BF varierade turbiditeten mellan ca 7 och 15 FNU. Det är svårt att koppla variationsmönstret till enskilda händelser.

När det gäller lamell/DS verkar det som att denna mätare drabbades av något dåligt strax efter första kalibreringen eftersom den visade noll ända fram till den andra kalibreringen. Efter den andra kalibreringen, då flödet var ca 75 % av dimensionerande flöde, lade sig turbiditeten kring 0,5 FNU, och efter flödesökningen till dimensionerande flöde, låg turbiditeten mellan ca 1 och strax under 2 FNU.



Figur 13a. FNU efter BF.



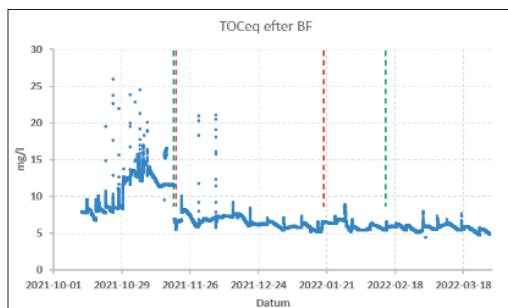
Figur 13b. FNU efter lamell/DS.

Skiftet till aluminiumklorid tycktes påverka avskiljningen av turbiditet positivt – efter skiftet låg mätvärdena mellan 0,7 och 1,2 FNU (något kort period dock).

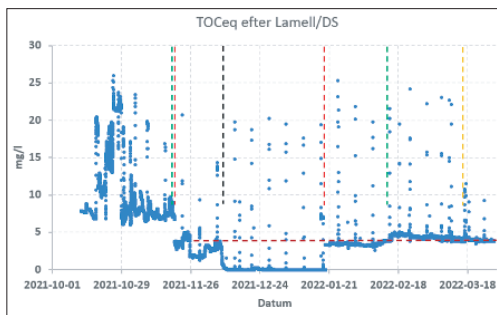
Det bör här påpekas att i framtida vattenverk finns snabbfilter, och att labförsöket med simulering av snabbfilter bl a visade att turbiditetsvärden kring 0,2 FNU bör vara möjliga att nå.

2.14 TOC och DOC

Figur 14 a och b visar TOC efter BF resp lamell/DS. Man ser att efter BF, efter den första kalibreringen, varierade TOC mellan ca 5 och 7 mg/l. Hacket i kurvan efter första kalibreringen berodde nog just på kali-



Figur 14a. TOC efter BF.



Figur 14b. TOC efter lamell/DS.

breringen, och inte flödesminskningen som inträffade ungefär samtidigt, eftersom motsvarande hack i kurvan inte uppstod vid flödesökningen senare.

När det gäller lamell/DS verkar det igen som att denna mätare drabbades av något dåligt vid skiftet lamell-DS eftersom den visde noll ända fram till den andra kalibreringen. Efter den andra kalibreringen, då flödet var ca 75 % av dimensionerande flöde, lade sig TOC strax under 4 mg/l, och efter flödesökningen till dimensionerande flöde, låg TOC strax över 4 mg/l.

Skiftet till aluminiumklorid tycktes påverka TOC-avskiljningen av aningen positivt – efter skiftet låg mätvärdena vid 4 mg/l, eventuellt med en fallande trend (något kort period dock).

Det bör här påpekas att i framtida vattenverk finns kolfilter som kommer avskilja några tiondels mg/l ytterligare. De nya kolfiltren kommer att avskilja tiotals procent av TOC i början, men avskiljningen kommer minska i takt med att filtren mättas.

Sammantaget torde därför målvärdet på 4 mg TOC/l nås i det nya vattenverket.

Mönstret för DOC i figur 15 var en karbonkopia av mönstret för TOC i figur 14. Före den andra kalibreringen var DOC-värdena något tiondels mg/l lägre än TOC-värdena efter BF, men efter andra kalibreringen var de nästan exakt lika. (Efter lamell/DS var värdena lika hela tiden).

2.15 UV254

Figur 16 a och b visar UV254-absorption, som även den ger ett mått på det organiska innehållet i vattnet, främst ett mått på humusandelen av det organiska materialet, efter BF resp lamell/DS. Man ser generellt efter den första (och andra) kalibreringen att det var

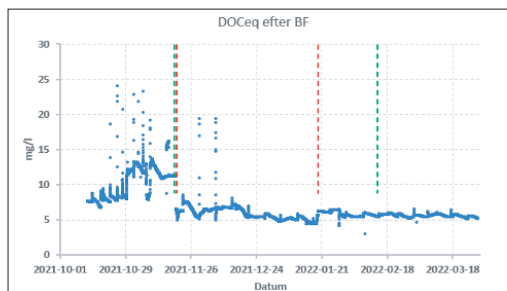


Figure 15a. DOC after BF.

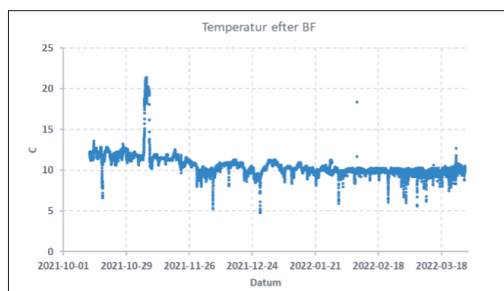


Figure 17. Vattentemperatur efter BF.

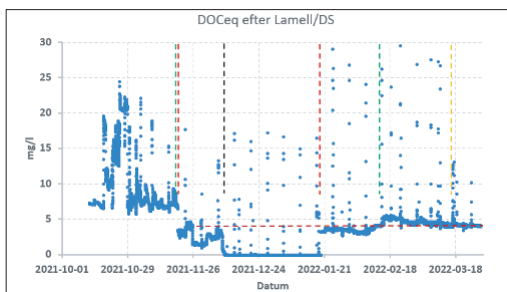


Figure 15b. DOC after lamell/DS.

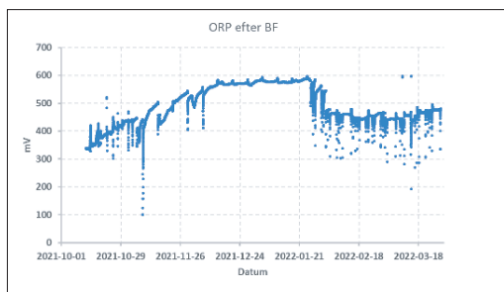


Figure 18. Redoxpotential efter BF.

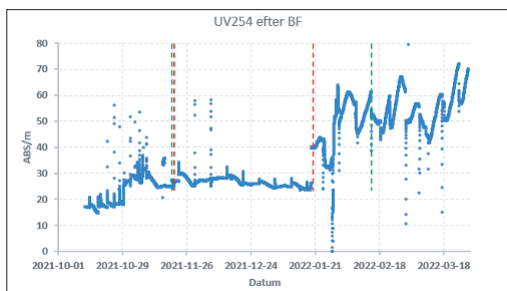


Figure 16a. UV254 efter BF.

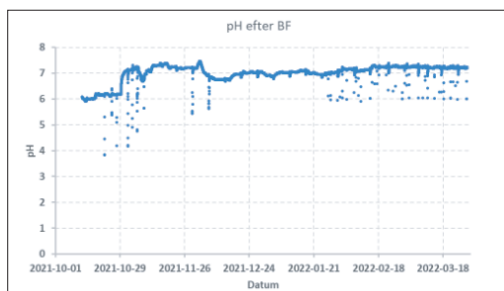


Figure 19a. pH efter BF.

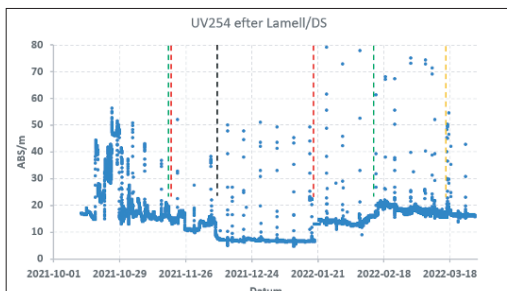


Figure 16b. UV254 efter lamell/DS.

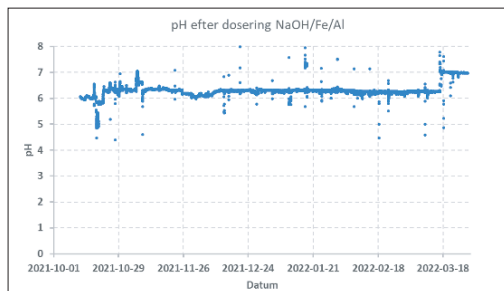


Figure 19b. pH efter dosering av NaOH och FeCl₃/AlCl₃, före lamell/DS.

betydligt lägre värden efter lamell/DS än efter BF, dvs att den kemiska fällningen fungerade väl, oavsett kemikalie.

Det faktum att det blev sådana hack i kurvan efter BF vid de två kalibreringarna, trots att ingen större förändring i driften skett däremellan, betyder att kalibrering borde skett oftare, kanske varje månad.

Eventuellt innebar skiftet till aluminiumklorid även för denna parameter ett något förbättrat resultat.

2.16 Övriga kontinuerliga mätdata

Figur 17 visar vattentemperaturen under försöksperioden. (Den höjda temperaturen i början av nov-21 berodde på att pumpen för inkommande vatten stod stilla).

Figur 18 visar redoxpotentialen efter BF. Precis i skiftet jan-feb 2022 syratvättades givaren. Strax där efter kontrollerades givarens mätvärde mot standardlösningar, vilket gav vid handen att givaren visade rätt värde efter syratvätten. Det är endast värden från efter denna tidpunkt som är representerade i figur 7.

Figurer 19 a och b visar pH-värden efter BF, samt efter dosering av fällningskemikalie och NaOH.

3 DISKUSSION

Det är känt att järn i grundvatten oftast kan avskiljas i tillräcklig omfattning genom att syresätta vattnet och sedan filtrera det. Järnhalterna i filtrerat prov efter BF (figur 8) under sep-okt 2021 säger inte emot detta. Det är också känt att det finns bakterier som kan avskilja järn. Mikroskoperingarna i denna studie visade att det fanns gott om sådana bakterier närvarande i KB. Detta tillsammans med det faktum att det fanns 2-värt järn närvarande i vattnet in till KB och att pH och redoxpotential i KB bafann sig i det förmodat gynnsamma området (figur 7) gör att det finns starka skäl att tro att det till stor del, eller helt, rör sig om biologisk järnavskiljning i KB.

När det gäller mangan är det känt att det befintliga vattenverket i Brantafors inte når ned till de låga manganhalter som nåddes i denna pilotstudie, dessutom stabilt och varaktigt, utan oxidationsmedlet kaliumpermanganat. Detta i kombination med det faktum att manganhalterna efter BF blev mycket låga efter det att pH hade justerats 1/11 -21 så att pH och redoxpotential befann sig i det för biologisk mangans-

skiljning förmodat gynnsamma området pekar på att biologisk manganavskiljning är dominerande och har avgörande betydelse här.

Driftmässigt är det en fördel att slippa hantera kaliumpermanganat, och samtidigt minskar förstås beroendet av kemikalieleveranser.

4 SLUTSATSER

Efter sju månaders drift hade pilotanläggningen visat så pass stabila resultat avseende järn och mangan att beslut om att biologisk järn- och manganavskiljning skulle ingå som första steg i framtida vattenverk kunde fattas.

När det gäller avskiljningsmetod för kemflock visade resultaten så pass mycket bättre och stabilare partikelavskiljning för Dynasand jämfört med Lamell, att Dynasand valdes att gå vidare med i projekteringen.

Vad NOM beträffar kunde konstateras att kemisk fällning följt av Dynasand resulterade i TOC-värden under 4 mg/l vid 75 % av dimensionerande flöde, och precis 4 mg/l eller strax över vid dimensionerande flöde. Efter beaktande av det faktum att framtida vattenverk kommer innehålla filter med aktivt kol nedströms Dynasand, och att dessa förmodas bidra med ytterligare ca 15 % TOC-avskiljning varaktigt, bedömdes även målet för NOM uppfyllt.

Resultaten visade också att aluminiumklorid fungerade minst lika bra som järnklorid som fällningskemikalie för det aktuella vattnet i Brantafors.

Referenser

- LIVSFS 2022:12. Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten
- Mouchet, P. (1992). From Conventional to Biological Removal of Iron and Manganese in France. American Water Works Association 84, s. 158-167.
- Pacini, Virginia Alejandra, Ana María Ingallinella och Graciela Sanguinetti (2005). Removal of iron and manganese using biological roughing up flow filtration technology. Water Research 39.18, s. 4463-4475.