

Återvinning av processvatten

Geberit Production OY

Axel Sjöblom

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Maskin- och produktionsteknik

Vasa 2022

EXAMENSARBETE

Författare: Axel Sjöblom

Utbildning och ort: Maskin- och produktionsteknik

Inriktning: Drift- och energiteknik

Handledare: Kenneth Ehrström, Henrik Lemberg

Titel: Återvinning av processvatten

Datum: 23.05.2022 Sidantal: 21

Bilagor: 5

Abstrakt

Detta arbete behandlar en analys över Geberit Production OY:s processvattensystem. Syftet med arbetet var att kartlägga det befintliga vattensystemet och reda ut hurdana möjligheter det finns att förbättra systemet. Arbetets delsyfte var att rita in processvattenrören på fabriken planritning.

Analysen av processvattensystemet visade att möjligheter till förbättring finns. Genom att konstruera ett nytt vattenfiltreringssystem finns det möjlighet att återanvända renat processvatten i fabriken.

Lösningarna presenterade i detta arbete baserar sig på diskussioner med personal på Geberit och underleverantörer samt egna observationer och undersökningar. Grafiken som används, såsom processritningar, är gjorda i AutoCAD.

Resultatet av arbetet visar två olika lösningar på hur vattnet kan återanvändas. Första systemet är ett liknande system som använts tidigare konstruerat av Watman. Andra systemet använder Sofi Filtration:s självrenande vattenfilter för filtrering av processvattnet. Förutom vattenreningen presenteras även tre olika lösningar på hur vattnet kunde lagras och distribueras i fabriken.

Språk: svenska

Nyckelord: Vattenåtervinning, VVS, filtrering

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Axel Sjöblom

Koulutus ja paikkakunta: Kone- ja tuotantotekniikka, Vaasa

Suuntautumisvaihtoehto: Käyttö- ja energiatekniikka

Ohjaaja(t): Kenneth Ehrström, Henrik Lemberg

Nimike: Återvinning av processvatten

Päivämäärä: 23.05.2022 Sivumäärä: 21

Liitteet: 5

Tiivistelmä

Tämä työ käsittelee Geberit Production OY:n prosessivesijärjestelmän analyysiä. Työn tarkoituksena oli kartoittaa olemassa oleva vesijärjestelmä ja selvittää, mitä mahdollisuuksia järjestelmän parantamiseksi on. Työn osatavoitteena oli piirtää prosessivesiputket tehtaan pohjapiirroksen mukaan.

Prosessivesijärjestelmän analyysi osoitti, että parantamismahdollisuuksia on. Suunnittelemalla uusi vedensuodatusjärjestelmä mahdollistaa puhdistetun prosessiveden uudelleenkäyttö tehtaalla.

Tässä työssä esitetyt ratkaisut perustuvat keskusteluihin Geberitin henkilöstön ja alihankkijoiden kanssa sekä omiin havaintoihin ja tutkimuksiin. Käytetty grafiikka, kuten prosessiirustukset, on tehty AutoCADissa.

Työn tulokset osoittavat kaksi erilaista ratkaisua veden uudelleenkäyttöön. Ensimmäinen järjestelmä on samanlainen järjestelmä, jota Watman oli suunnitellut. Toinen järjestelmä käyttää Sofi Filtrationin itsepuhdistuvaa vesisuodatinta prosessiveden suodattamiseen. Vedenpuhdistuksen lisäksi esitellään kolme erilaista ratkaisua, miten vesi voitaisiin varastoida ja jakaa tehtaalla.

Kieli: Ruotsi

Avainsanat: LVI, veden kierrätys, suodatus

BACHELOR'S THESIS

Author: Axel Sjöblom

Degree Programme: Machine- and production technology, Vasa

Specialisation: Drift- and energy technology

Supervisor(s): Kenneth Ehrström, Henrik Lemberg

Title: Process water recycling

Date: 23.05.2022 Number of pages: 21

Appendices: 5

Abstract

This work deals with an analysis of Geberit Production OY's process water system. The purpose of the assignment was to map the existing water system and find out what opportunities there are to improve the system. The sub-purpose of the assignment was to draw the process water pipes on the factory floor plan.

The analysis of the process water system showed that there are opportunities for improvement. By designing a new water filtration system, it is possible to reuse purified process water in the factory.

The solutions presented in this work are based on discussions with staff at Geberit and subcontractors as well as my own observations and investigations. The graphics used, such as process drawings, are made in AutoCAD.

The results of the work show two different solutions for how the water can be reused. The first system is a similar system used previously designed by Watman. The second system uses Sofi Filtration's self-cleaning water filter to filter the process water. In addition to water purification, three different solutions on how the water could be stored and distributed in the factory are also presented.

Language: Swedish

Key words: Filtration, process water, HVAC

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte	2
1.3	Huvudsyfte.....	2
1.4	Delsyfte.....	2
1.5	Mål.....	2
1.6	Avgränsningar	2
1.7	Företagsbeskrivning	3
1.8	Disposition.....	3
2	Metodik	4
3	Analys.....	4
3.1	Processvattenlinjen	5
3.2	Uppvärmning av processvattnet	6
3.3	Reningen av vattnet.....	6
3.3.1	Vattenfiltreringssystem	7
4	Teori	8
4.1	Värmeväxlare	9
4.2	Centrifugalpump.....	10
4.3	Watman.....	11
4.4	Sofi Filtration	11
4.5	Uppvärmning och distribuering.....	13
5	Resultat	14
5.1	Integrering av systemet.....	14
5.1.1	Matning direkt till lagringstanken	14
5.1.2	Slangkoppling.....	15
5.1.3	Låsventil	15
5.2	Distribuering.....	16
5.3	Reningsverket.....	17
5.4	Vattenprov	18
5.5	Kostnadskalkyl.....	19
5.6	Slutsatser	20
6	Diskussion.....	20
7	Källor.....	22
	Bilagor	23

Figur 1. Principer bakom hur en plattvärmeväxlare fungerar. (Alfa Laval, n.d.).....	10
Figur 2. Grafik över hur en centrifugalpump är uppbyggd. (Michael Smith Engineers, n.d.).....	11
Figur 3. Sofi:s självrenande vattenfilter.....	12
Figur 4. Kallvatten rakt till lagringstanken.....	15
Figur 5. Slangkoppling mellan kallvatten och renat vatten.....	15
Figur 6. Ventil mellan kallvatten och renat vatten.....	16
Figur 7. Processen för vattnet i fabriken.....	17
Figur 8. Processen i reningsverket med Watmans lösning.....	18
Figur 9. Processen i reningsverket med SOFI Filtration:s lösning.....	18
Tabell 1 Komponentlista, vattenfiltreringssystemet.....	7
Tabell 2. Testvärden på renat vatten.....	19

1 Inledning

Miljökraven inom industrin har under de senaste åren ökat hela tiden. Allting optimeras, förminskning av energiförbrukning, fossila utsläpp, vattenförbrukningar med mera. Att en industri skärper sina miljökrav betyder inte nödvändigtvis att processerna måste bli dyrare, till exempel förminskningen av vattenförbrukningen kan lösas på ett sätt som gynnar både miljön och industrin.

Industrier som förbrukar stora mängder vatten, så som pappersindustrin och keramikindustrin, har ofta egna reningsverk för använt processvatten för att minska belastningen på de kommunala reningsverken. Med ett eget reningsverk är möjligheterna att återanvända vatten stora. Fabriker som återanvänder sitt vatten kan göra rätt så stora besparingar på att inte köpa in allt vatten som används.

Detta examensarbete handlar om ett tidigt planeringsskede inom återanvändning av processvatten på Geberit Production OY. Geberit Production OY har en fabrik belägen i Ekenäs. I fabriken tillverkas det keramik produkter till badrum under namnet IDO.

1.1 Bakgrund

Ett försök att återanvända processvatten har prövats tidigare. Då användes vattnet främst till golvtvätt i massaberedningsavdelningen i fabriken. Problem uppstod på grund av för låg temperatur på vattnet samt för lågt tryck för effektiv rengöring. Eftersom det var mera effektivt att använda det varmare vattnet för rengöringen kopplades vattenposterna om och vattenfiltrerings systemet blev onödig. Reningssystemet i reningsverket blev dock kvar och det reade vattnet pumpas nu ut i havet.

År 2022 tas det i bruk en helt ny produktionslinje i fabriken. Detta kommer att öka vattenförbrukningen, som nu ligger på 70 000 m³ per år. För att inte överbelasta det befintliga rörsystemet i fabriken konstruerades en helt ny vattenlinje till den nya produktionsavdelningen. Eftersom vattenförbrukningen kommer att öka blev idén om att återanvända vatten aktuell igen.

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete var att göra upp en plan på möjligheterna att återanvända vatten. Ett försök att återanvända vatten har tidigare prövats men detta system var inte i användning rätt länge eftersom systemet inte var tillräckligt effektivt.

1.3 Huvudsyfte

Huvudsyfte med examensarbetet var att kartlägga det system som tidigare använts för att återanvända vatten i fabriken och planera hur ett liknande system kunde användas för att igen börja återanvända vatten i fabriken.

1.4 Delsyfte

Företaget önskade även att det skall göras en kartläggning av processvattenlinjerna och att de ska ritas på fabriken:s planritning. Ett annat delsyfte är att beskriva reningsprocessen i reningsverket.

1.5 Mål

Målsättningen med examensarbetet var att presentera olika lösningar på ett vattenfiltreringssystem för Geberit Production:s fabrik samt att skapa ritningar över processvatten rören i fabriken. Förutom filtreringssystemet skulle även en lösning för lagring och distribuering av vattnet presenteras.

1.6 Avgränsningar

Arbetet behandlar bara reningen och användningen av processvatten och inte formtvättvattnet. För att använda vattnet till formtvätt måste det efter rening gå igenom omvänd osmos för att avlägsna salter från vattnet. Detta skulle först bli aktuellt efter att reningsprocessen för processvatten är i bruk.

1.7 Företagsbeskrivning

Geberit Production OY är en fabrik belägen i Ekenäs. I fabriken tillverkas sanitetsprodukter såsom WC-stolar och handfat av porslin. Fabriken ägs av Geberit Group som är en ledande koncern inom sanitetsindustrin i Europa.

När fabriken började sin produktion år 1969 ägdes den av företaget Wärtsilä och hade namnet Ekenäs porslin. Ekenäs porslin tillverkade produkter under namnet Arabia fram till 1992 då produkterna bytte namn till IDO. I dagsläge hittar man IDO-produkter i de flesta hem i Finland.

Fabriken har 160 anställda och produktionen är med hjälp av robotar och automattruckar nästan helt automatiserad. Produktionen i fabriken går 24/7 med undantag för ett kort servicestopp under sommaren.

1.8 Disposition

Här presenteras kapitlen och dess innehåll.

Kapitel 1. Inledning

Inledningen beskriver vad arbetet handlar om och syftet med arbetet.

Kapitel 2. Metodik

Detta kapitel förklarar hur jag har gått till väga för att lösa problemen i arbetet.

Kapitel 3. Analys

Analysdelen i arbetet beskriver de system som nu finns i fabriken så som processvatten systemet samt reningsverket.

Kapitel 4. Teori

I teoridelen undersöks olika lösningar på systemen för reningen användningen av vattnet.

Kapitel 5. Resultat

I detta kapitel presenteras de slutliga lösningarna på reningen, uppvärmningen och användningen av vattnet.

Kapitel 6. Diskussion

I diskussionskapitlet presenteras ett sammandrag av arbetet och resultaten samt egna reflektioner på arbetet.

2 Metodik

Informationen dokumenterad i arbetet baserar sig främst från diskussioner med underleverantörer och med anställda på Geberit Production OY samt egen undersökning av olika processer i fabriken. Rit standarder är från Finlands byggbestämmelsesamling. Processritningarna och planritningarna är gjorda i AutoDesk Autocad.

Arbetet började med att reda ut målen med uppdragsgivaren. Efter några möten blev målen klara och arbetet kunde påbörjas. Första arbetsmomentet var att reda ut rörsystemen i fabriken och rita in dem på planritningen. Detta gjordes genom att först skissa ut rören på planritningen genom att följa dem inne i fabriken medan de ritades i AutoCad genom mobilapplikationen. När skissen var klar gjordes detaljritningen på dator med hjälp av fabriken koordinatsystem. För att underlätta undersökningen av rören hade jag hjälp av personer från underhållsavdelningen.

Undersökning av varifrån fabriken vatten kommer och hur det värms samt hur reningsverket fungerar gjordes tillsammans med handledaren från Geberit Production OY. Uppvärmningsprocessen kunde enkelt redas ut genom att kolla på processschemat från Honeywell-systemet.

3 Analys

För att få en helhetsbild över processvattensystemet undersöktes de väsentliga delarna i systemet. Planen var först att digitalisera ritningen på processvattenrören men det visade sig att rören inte fanns ritade på någon planritning. Detta troligen eftersom rör linjerna har

konstruerats vartefter enligt vattenbehovet i fabriken. Rören skissades i stället in på fabriken planritning genom att gå under rören och skissa in dem med AutoCAD-mobilapplikationen. När rören var skissade gjordes en mer detaljerad ritning med hjälp av fabriken koordinatsystem.

I fabriken används två olika vattenlinjer, en varmare för sköljning av gjutformar och en svalare för golvtvätt samt verktygstvätt i automatgjutcellerna. Det varmare formtvättvattnets uppgift är att mellan gjutningarna spola formarna inför nästa gjutning. Kravet på detta vatten är betydligt högre än kravet på golvtvättvattnet eftersom formarna är porösa och om porerna skulle täppas till skulle formarna måste bytas ut. Eftersom formarna är väldigt precis konstruerade är de också väldigt dyra. Kraven på det svalare vattnet är inte lika högt eftersom dess huvudsakliga uppgift är att skölja bort keramikmassa från golvet och maskinerna i gjutcellen.

3.1 Processvattenlinjen

Formtvättvattnet går igenom gjuterierna, massalagret, massatillverkningen, glasyrtillverkningen, vattenskärningen och till verkstadens tvätthall. Förutom för sköljning av gjutformarna används det varmare formtvättvattnet som sköljvatten i massaberedningsavdelningen och i glasyrtillverkningen. Det aningen svalare processvattnet går via gjuteriet upp till verkstaden och ner över nya ugnen. Förgreningarna från röret var alla igenpluggade från att de har blivit oanvända. En bild över hur rören går genom gjuteriet presenteras i bilaga 1.

Efter undersökning av rören visade det sig att det svalare rörsystemet inte användes någon annanstans än vid två handfat i gjuteriet. Detta beror främst på att det varmare vattnets rörsystem har en tryckförhöjningspump i gjuteriet. Tack vare det högre trycket och den högre temperaturen har vattenposterna kopplats om och det varmare formtvättvattnet har använts till golvtvätt.

När den nya produktionsavdelningen konstruerades byggdes det även till ett helt nytt vattensystem för den. Lika som i det gamla systemet har detta system två olika linjer, en varmare för formsköljning och en svalare för golv och verktygstvätt. Båda linjerna värms

med egna värmeväxlare. Vattnet till detta system kommer rakt från Raseborgs vatten och lagras inte i samma bunker som det gamla systemet.

3.2 Uppvärmning av processvattnet

Det gamla vattensystemet tar vatten från Raseborgs vatten. Vattnet går via en värmeväxlare och kompressorkylningssystemet före det lagras i en 40 m³ bunker. Vattnet som går igenom värmeväxlaren värms med 110 °C pannvatten till 48 °C. Från bunkern pumpas vattnet med SAER centrifugalpumpar. Vattnet pumpas genom två tums rör till ytterligare en värmeväxlare som värmer vattnet till 60 °C. Efter värmeväxlaren splittras röret till två linjer, en för tvättvatten och en för formtvättvatten. De två linjerna blandas med nytt kallvatten till 35 °C och 47 °C.

Det svalare vattnet går ut till fabriken i två tums rör medan det varmare formtvättvattnet skickas ut med 2,5 tums rör. Att röret för den varmare linjen är tjockare än röret från matarpumpen är inte en bra lösning eftersom vare sig trycket eller flödet kan öka utan extra komponenter. Båda linjerna har egna cirkulationspumpar som upprätthåller flödet i linjerna när förbrukningen är låg.

Trycket i systemet ligger på 5,5 bar, detta beror på att varmvattnet blandas med kommunalt kallvatten rakt från stadens vatten nät. Ställen där högre tryck krävs har det monterats tryckförhöjningspumpar.

3.3 Reningen av vattnet

Det använda processvattnet rinner från fabriken till en bunker under reningsverket, från bunkern pumpas vattnet med två sänkpumpar till en trumma som avskiljer stora fasta material från vattnet. När vattnet är fritt från större fasta material rinner det till en 40 m³ mottagningstank. Från mottagningstanken pumpas det till en tank där vattnet blandas med kemikalier som renar vattnet. Efter kemikaliska reningen rinner vattnet till en blandare. Från blandningen rinner vattnet till en "virvelklarare" där massan från vattnet sjunker till botten på tanken och det klarare vattnet blir på ytan. Slammet från botten på tanken pumpas till en slamförtjockare varifrån det pumpas vidare till en press som avskiljer vatten från slammet. Den torra massan som blir kvar efter pressen matas med en skruv till en

container. Det klarare vattnet från ytan i virvelklararen rinner genom en behållare, varifrån det tas mätningar, tillbaka till bunkern till en 0,5 m³ tank. Från tanken rinner det ut i havet. Reningsverket följer miljökraven uppgjorda av Nylands miljöcentral år 2007, kravet på vattnet som släpps ut från reningsverket är att mängden fasta ämnen i vattnet inte får överstiga ett månadsmedelvärde på 30 mg/l (Nylands Miljöcentral, 2007).

3.3.1 Vattenfiltreringssystem

Från tanken i bunkern (T 1) pumpades vattnet tidigare vidare till vattenfiltreringssystemet (Bilaga 2). Vattnet pumpades genom ett sandfilter (F 1) och två Watman patronfilter (F 2.1 & F 2.2). Efter filtreringen lagras vattnet i en 6 m³ tank (T 1.2). Härifrån pumpades vattnet tidigare till fabriken massaberedningsavdelning för golvtvätt.

Vattenfiltreringssystemet implementerades till reningsprocessen för att avlägsna mer fasta ämnen från det reade vattnet än vad reningsverket gjorde. För att återanvända vattnet måste det filtreras för att få bort ytterligare fasta ämnen så att inte komponenter förstörs. Detta gjordes tidigare med sandfiltret och de två patronfiltren.

Tabell 1. Komponentlista, vattenfiltreringssystemet.

Numrering	Komponent	Storlek	Specifikation
T 1	Bufferttank	0.5 m ³	-
T 1.2	Lagringstank	6 m ³	-
T 2.1	Expansionskärl	0.12 m ³	-
T 2.2	Expansionskärl	0.12 m ³	-
F 1	Sandfilter	-	
F 2.1	Patronfilter	-	25 µm
F 2.2	Patronfilter	-	10 µm
P 1.0	Pump	-	-
P 1.1	Pump	-	-

4 Teori

Det finns många olika system för att rengöra vatten, Geberit:s reningsverk använder mekanisk och kemisk rening. Eftersom vattnet som renas i reningsverket inte innehåller biologiska ämnen behöver inte reningsprocessen vara allt för invecklad. I kemikaliska reningen blandas vattnet med kemikalier, syftet med kemikaliska reningen är att få partiklar i vattnet att koagulera så att de är lättare att filtrera bort. Vanligt är att ett ämne till exempel aluminiumsulfat plus andra hjälpkemikalier används i samma process. Tankarna som vattnet reagerar med kemikalierna blandas kontinuerligt för att göra reaktionerna mellan vattnet och reningskemikalierna snabbare. I virvelklararen roteras vattnet så att det skapas en virvel i tanken. När vattnet roterar pressas orenligheterna i vattnet ner mot botten av tanken där slammet kan sugas ut och pumpas till nästa process.

I det gamla vattenfiltrerings systemet användes sandfilter. Sandfiltrets funktion är att separera fasta ämnen från vattnet. Till skillnad från traditionella sandfilter som används i rengöring av avloppsvatten använder detta filter inte vanlig sand och grus. Filtret är fyllt med sand av olika ämnen, de vanligaste för Watmans filter är aktivt kol, antracit och alkaliserande massa. Vilket filtreringsämne som används beror på vad det finns för ämnen i vattnet. Ett filter kan ha olika sand i lager för en bredare filtrering. Partiklar från vattnet fastnar i sanden i filtret, när filtret har samlat så mycket material att tryckförlusten har höjts så kan filtret bak spolas så att det samlade materialet spolas ut från filtret.

En annan mekanisk metod för att filtrera vatten är att låta vattnet strömma igenom mikrofiberfilter. Dessa filter är ofta gjorda av plaster till exempel polypropen (PP). Filtret fungerar genom att vattnet strömmar igenom mikroskopiska öppningar av önskad storlek, till exempel ett filter med filtreringsklass 5 μm har öppningar som är mindre än 5 μm så att vattnet kan gå igenom filtret men partiklar som är större än 5 μm fastnar i filtret. Dessa filter måste bytas ut när tillräckligt material har fastnat i filtret eftersom vattnet inte slipper att strömma igenom filtret mer. För att öka på tiden mellan filterbyten kan dessa filter seriekopplas, ett grövre filter för filtrering av större partiklar och ett finare filter för filtrering av mindre partiklar.

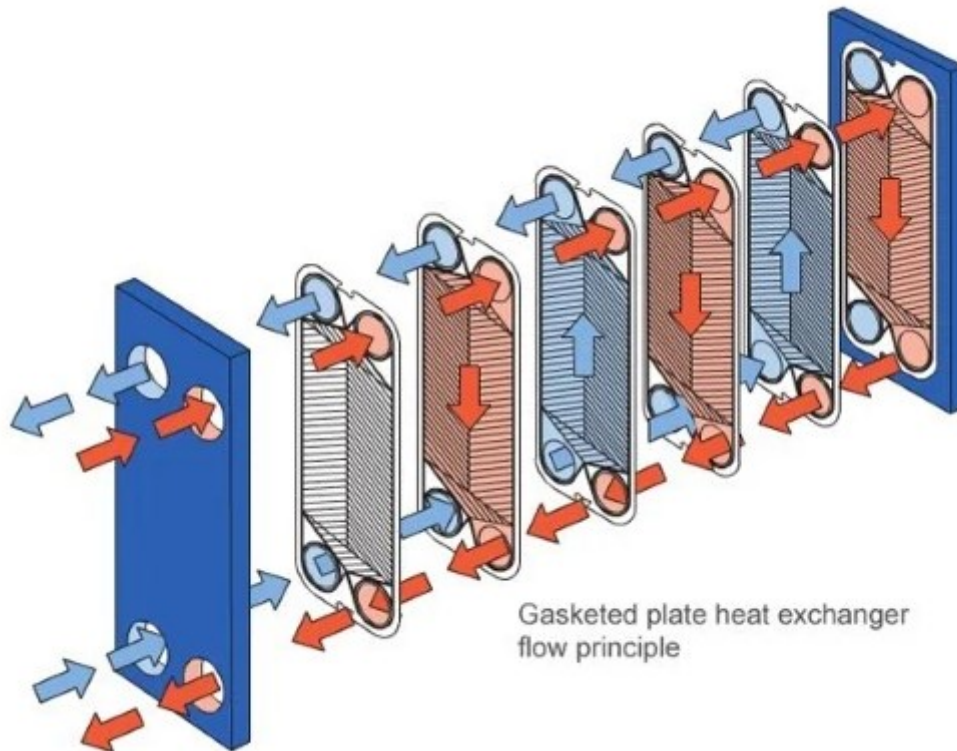
Planeringen av hur vattnet skall användas i fabriken är rätt så bred. Det enda som är färdigt säkrat är hur vattnet kommer från reningsverket till fabriken eftersom rören redan finns.

Vattenförbrukningen i fabriken varierar mycket under dagen, detta medför ett problem med hur rent vattnet blir efter reningsprocessen i reningsverket. På natten när förbrukningen är lägre eftersom det inte tvättas golv hinner reningsverket bättre med. Detta lägger större krav på efterfiltreringen eftersom det emellanåt kan komma betydligt smutsigare vatten från reningsverket. Variationen i vattenkvaliteten gör det svårare att bestämma hurdana filter som skall användas i reningsprocessen.

I teorikapitlet presenteras lösningar från Watman och Sofi Filtration samt en plan på hur vattnet kunde distribueras i fabriken. Watman är ett ledande företag inom vattenbehandlingssystem. Watman ägs av Pumppulohja OY som tillverkar huvudsakligen vattenfilter men även olika pumpar. Sofi Filtration är ett finskt företag som tillverkar toppmoderna vattenfiltreringslösningar. Filtren som Sofi Filtration tillverkar är självrenande och relativt underhållsfria.

4.1 Värmeväxlare

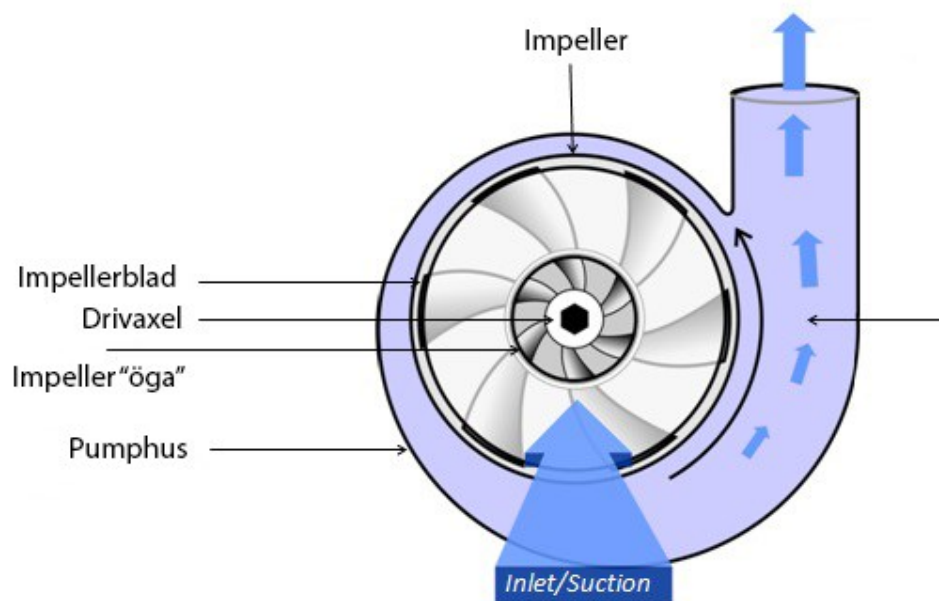
För uppvärmning av vatten vid liknande applikationer som denna används regelbundet värmeväxlaren. Det finns olika värmeväxlaren beroende på användningsändamål och energiutbud. I detta arbete diskuteras vätska-vätska plattvärmeväxlare. Grundteorin bakom värmeväxlaren är att ett varmt medium avger värmeenergi åt ett svalare medium. Plattvärmeväxlaren som presenteras i arbetet är av typen rekuperativ värmeväxlare, detta betyder att värmeflödet mellan medierna strömmar genom en vägg som avskiljer medierna så att de inte blandas. Värmeväxlaren har olika egenskaper beroende på hur medierna flödar igenom värmeväxlaren. I medströmsvärmeväxlaren flödar varma och svala medierna i samma riktning medan i motströmsvärmeväxlaren flödar medierna i motsatt riktning. Motströmsvärmeväxlaren har generellt sett mera effektiv än medströmsvärmeväxlaren. Det heta mediet i värmeväxlaren är ofta hett vatten uppvärmt i en värmepanna eller från en fjärrvärmeanläggning. När det heta mediet strömmar genom värmeväxlaren avger det värmeenergi till det svalare mediet som i sin tur värms upp. Uppvärmningen av det svalare mediet går att reglera genom att ändra flödet, om flödet är mindre hinner mediet uppta mera värmeenergi än om flödet är högt. (Alfa Laval, n.d.).



Figur 1. Principer bakom hur en plattvärmväxlare fungerar. (Alfa Laval, n.d.)

4.2 Centrifugalpump

För distribuera vatten genom rör används pumpar. Det finns många olika pumpar som fungerar enligt olika principer. I detta arbete används centrifugalpumpar. Centrifugalpumpar konverterar roterande kinetisk energi till hydrodynamisk energi, detta sker vanligtvis genom att en el-motor driver en axel med en impeller. När impellern roterar pressas vätskan från impellern centrum ut mot kanterna tills det slipper ut från pumphuset. Centrifugalpumpar är att föredra när lättflytande vätskor skall pumpas med ett stort flöde. Centrifugalpumpens verkningsgrad sjunker mycket när viskositeten för ämnet som pumpas höjs. En nackdel med centrifugalpumpar är att de inte kan suga upp vätskor om den startas torr. (Centrifugal Pumps, n.d.).



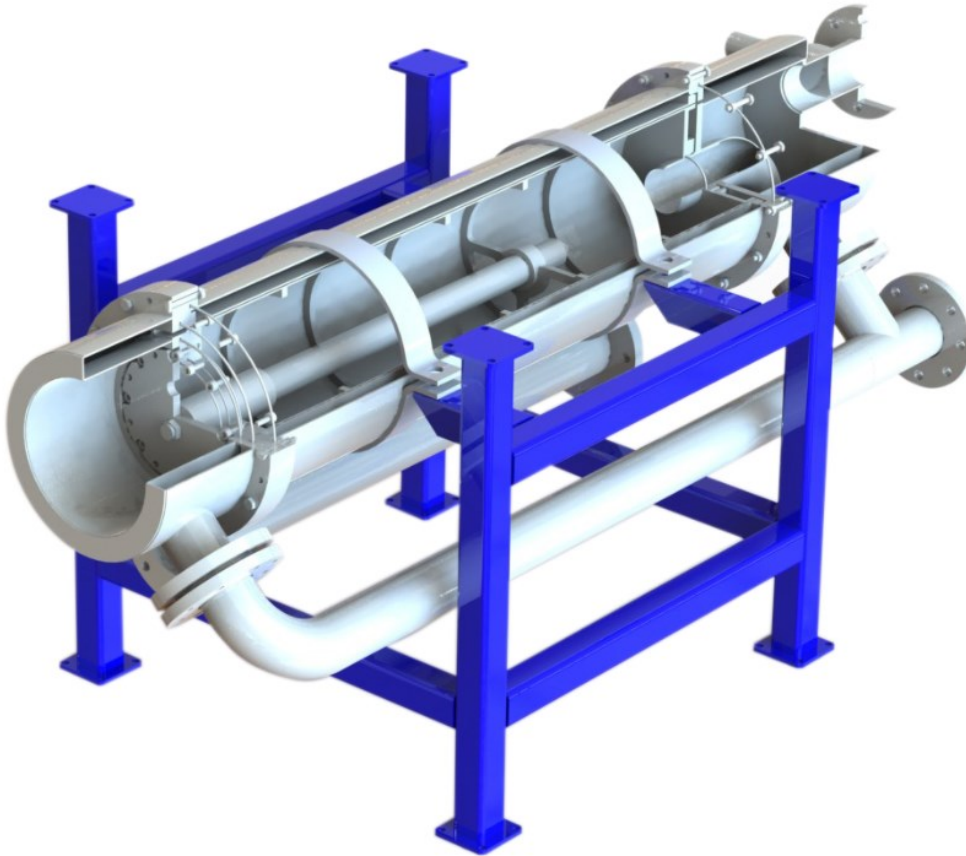
Figur 2. Grafik över hur en centrifugalpump är uppbyggd. (Michael Smith Engineers, n.d.).

4.3 Watman

Efter möte med Watman underleverantören, som också har designat det befintliga systemet, blev det klart att ett liknande reningssystem kunde användas. Både sandfiltrets och patronfiltrens funktion är att avlägsna partiklar från vattnet. I sandfiltret rinner vattnet genom en sandbädd och partiklar fastnar i sanden. Sandfiltret måste emellanåt renas och detta görs genom att spola det rent. Patronfiltren består av ett filterhus och ett filter. Filtret är en cylinder, oftast tillverkad av plast eller papper, som beroende på filterfinhet samlar upp partiklar. Watmans patronfilter har en filterfinhet från 1 upp till 100 μm . Nackdelen med patronfiltrena är att de kräver regelbundet underhåll eftersom filtren blir fulla med partiklar.

4.4 Sofi Filtration

Efter ett möte med Sofi Filtration rekommenderades det att byta ut hela systemet till deras självrenande vattenfilter, som visas på bilden nedan (Figur 1.). Fördelarna med detta system skulle vara mindre underhåll och att systemet är mera kompakt. Sofi Filtrations filter används ofta som för filtrering till omvänd osmosrening, detta skulle bli aktuellt om det reade processvattnet även skulle användas som formtvätt vatten.



Figur 3. Sofi:s självrenande vattenfilter.

Sofi Filtration filtren renar vattnet från fasta ämnen genom att pumpa vattnet genom ett stålfilter. Filtren är i grovlek 0.2–20 mikrometer. Filterenheten är självrenande med tryckluft och ultraljud.

Filtret fungerar genom att det smutsiga vattnet pumpas runt en trumma med små snitt i var det största fasta materialet inte kan ta sig igenom. Inne i trumman finns ett stålnät som avskiljer de mindre partiklarna. Det rena vattnet kommer ut inifrån trumman och smutsen som blir kvar pumpas ut genom ett avlopp. Filtret renar sig själv genom att ett ultraljud och trycklufts puls avlägsnar det fasta materialet som har fastnat i filtret.

Två olika modeller på filtren rekommenderades till fabriken process. SF200 som har en kapacitet på 0.5 – 5 m³/h och SF1000 med en kapacitet på 5 – 35 m³/h. Båda filtren har en separations storlek på 0.2 – 20 mikrometer och ett vätsketryck på 0,5 – 1,5 bar.

Filterenheten säljs som ett helt paket som innehåller:

- Sofi Filter SF200, vilket är självaste filtreringssystemet.
- Filterelementet, stålnätet som separerar fasta partiklar från vattnet.
- Matarpump, 1 kW pump med frekvensomvandlare.
- Nivågivare, systemet styrs med information om ythöjd.
- Ramen, konstruktionen runt hela systemet.

Hela systemet med SF200 filtret är väldigt kompakt och ryms på en lastpall.

Om dessa filter fungerar bra kunde det vara en smart lösning på reningen av vattnet eftersom det smutsiga vattnet som kommer ut från filtret kunde pumpas tillbaka till reningsverket och gå igenom processen igen för att få återvinningen så hög som möjligt. Förutom hög återvinning är även mindre underhåll en fördel, eftersom filtret renar sig själv behövs inte processen stoppas för underhåll lika ofta.

4.5 Uppvärmning och distribuering

Uppvärmningen sker med värmeväxlaren, värmeväxlarna som används är plattvärmeväxlare. För att värma vattnet pumpas hetvatten genom värmeväxlaren i åtskilda kanaler. I dessa värmeväxlaren är kanalerna uppbyggda av plattor. Det heta vattnet avger värme till plattorna som värmer upp det svalare vattnet. Genom att reglera flödet det svalare vattnet kan man värma vattnet till en specifik temperatur. Om flödet ökar strömmar vattnet snabbare genom värmeväxlaren och vattnet hinner bara ta emot en viss mängd energi.

Det filtrerade processvattnet skulle värmas upp i värmeväxlaren från Alfa Laval. Lämplig värmeväxlare för detta ändamål skulle vara CB112AQ, denna värmeväxlare är konstruerad i rostfritt stål och tål partiklar upp till en storlek på en millimeter. Eftersom vattnet som kommer från reningsverket är varmare än stadens vatten krävs det mindre energi att värma upp det, och därför räcker det med en värmeväxlare för både uppvärmningen och att hålla cirkulationen varm.

För att distribuera vattnet genom ett nytt system krävs det en ny matarpump, en lämplig pump skulle vara en SAER NCB-32-200NA, detta är en mindre version av pumpen som

används i det gamla systemet. Pumpen är en centrifugalpump driven av en elektrisk motor. Pumpen kan köras på 1450 rpm eller 2900 rpm beroende på hur motorn är kopplad. Pumpen har ett arbetstryck på 10 bar och klarar av ett flöde på 6–35 m³/h om den körs på 2900 rpm. Diagram för pumpens hydrauliska egenskaper presenteras i bilaga 3.

5 Resultat

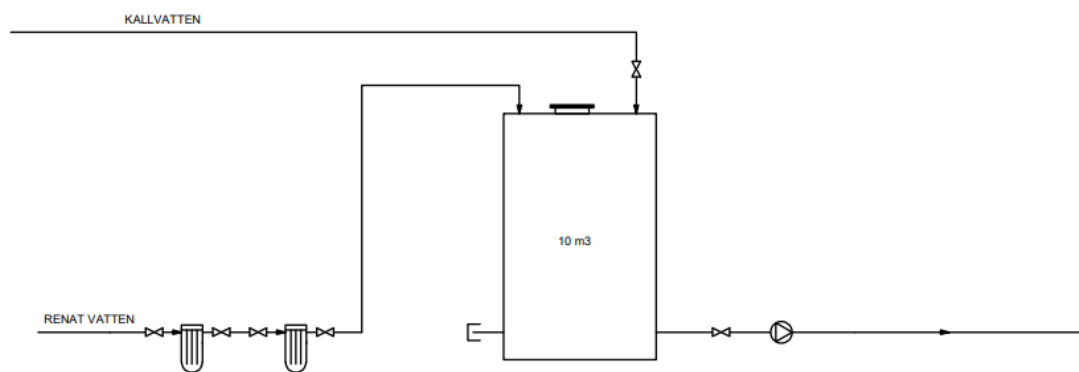
I detta kapitel presenteras olika lösningar på hur vattnet kunde renas och hur det renade vattnet kan distribueras i fabriken.

5.1 Integrering av systemet

När vattnet är renat måste det lagras, tidigare har en 6 m² tank använts, detta är en rimlig storlek med tanke på förbrukningen. Denna tank skulle vara lämplig i pannrummet bredvid de nya värmeväxlarna. Var det renade vattnet tas in i resten av systemet går att lösa på olika sätt. Vattnet kan användas i de nya värmeväxlarna om rören är tillräckligt grova för att dra en ny linje till det gamla gjuteriet. Om vattnet pumpas till de nya värmeväxlarna där det kommunala kallvattnet kommer in måste det göras på ett sätt så att det är omöjligt för fabriken vatten att blandas in i stadens vatten. Om rören inte har kapacitet för att tillföra båda gjuterierna med tillräckligt högt tryck och flöde måste ett nytt värmesystem byggas.

5.1.1 Matning direkt till lagringstanken

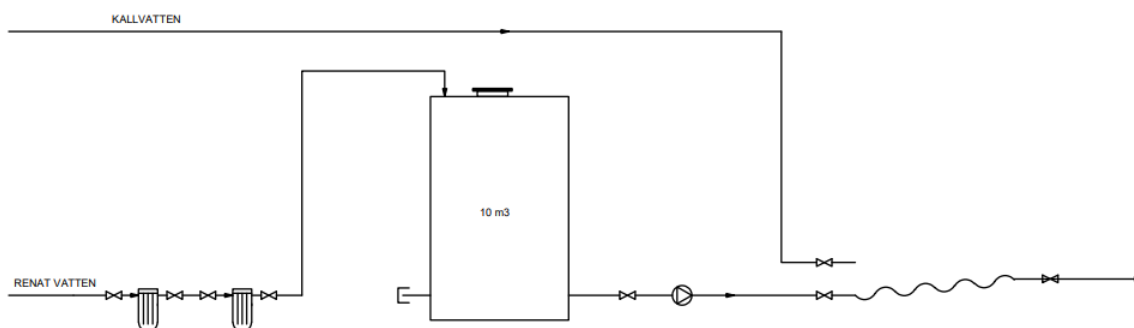
Den första lösningen skulle vara att stadens vatten pumpas in i lagringstanken med det renade vattnet före det går vidare till värmeväxlaren och resten av systemet. Detta skulle vara en enkel lösning på problemet eftersom det skulle vara omöjligt för vattnet att pumpas fel väg tillbaka till stadens vattensystem. Lösningen skulle även vara lätt att automatisera med nivågivare och reglerventiler. En nackdel med detta system är att om det av någon orsak har samlats orenligheter i tanken så går det inte enkelt att koppla om rören för att använda vatten rakt från stadens system.



Figur 4. Kallvatten rakt till lagringstanken.

5.1.2 Slangkoppling

I den andra ritningen används en slangkoppling där det manuellt går att välja om stadens vatten eller det renade vattnet används. Detta gör det också omöjligt att blanda vattnet. Denna lösning är dock inte optimal eftersom någon arbetare måste byta kopplingen manuellt varje gång förbrukningen är för hög för vattenåtervinningssystemet.



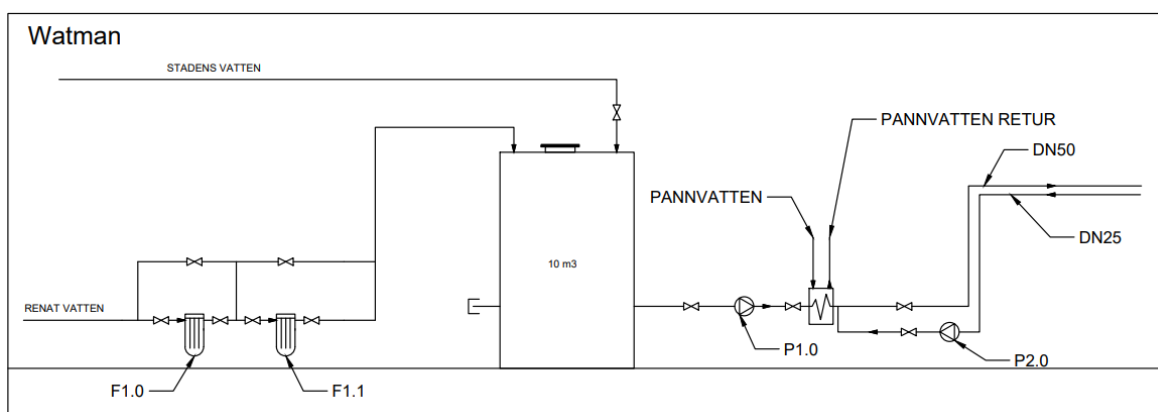
Figur 5. Slangkoppling mellan kallvatten och renat vatten.

5.1.3 Låsventil

Det tredje alternativet skulle vara med en ventil mellan stadens och det återvunna vattnet. För att använda detta system krävs det att det är omöjligt att öppna båda ventilerna samtidigt. Detta kan lösas med ventil lås som fungerar med nycklar. Dessa ventillås fungerar med tre nycklar, en nyckel för öppning, en för stängning och en lås nyckel. För att öppna den andra ventilen måste nyckeln från den öppna ventilen användas, nyckeln fås

Att kombinera det återanvända processvattnet med det nya rörsystemet kunde bli problematiskt med tanke på hur det är dimensionerat. I det gamla systemet har det varit problem med trycket och flödet och därför har det installerats en tryckförhöjningspump i gjuteriet. Om det nya systemet skulle slås ihop med det återanvända vattnet och linjen skulle delas till det gamla gjuteriet skulle trycket inte räcka till.

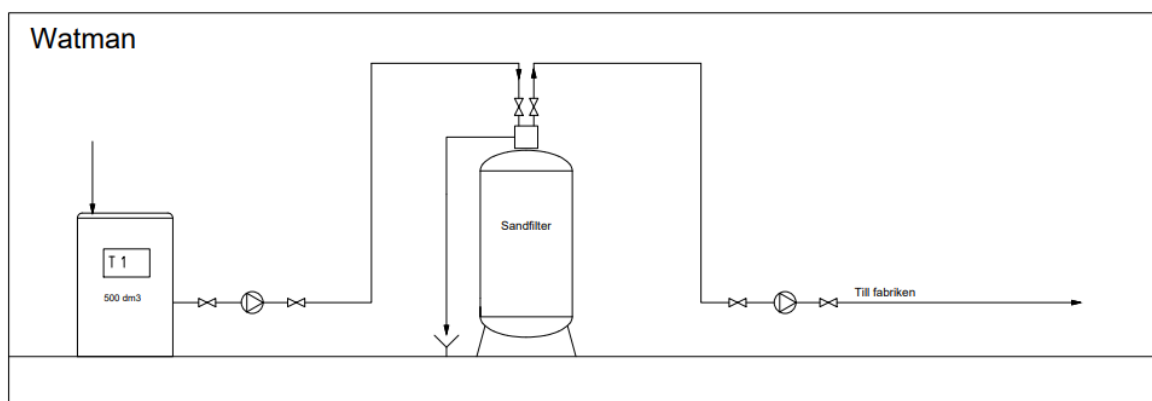
Ritningen presenterar en lösning på hur vattnet kunde lagras och värmas. Det renade vattnet pumpas från reningsverket genom två Watman patronfilter (F1.0 och F1.1) till lagringstanken. Från tanken pumpas vattnet med en matarpump genom värmeväxlaren och ut till produktionen. En cirkulationspump (P2.0) håller cirkulationen i gång när det är låg förbrukning.



Figur 7. Processen för vattnet i fabriken.

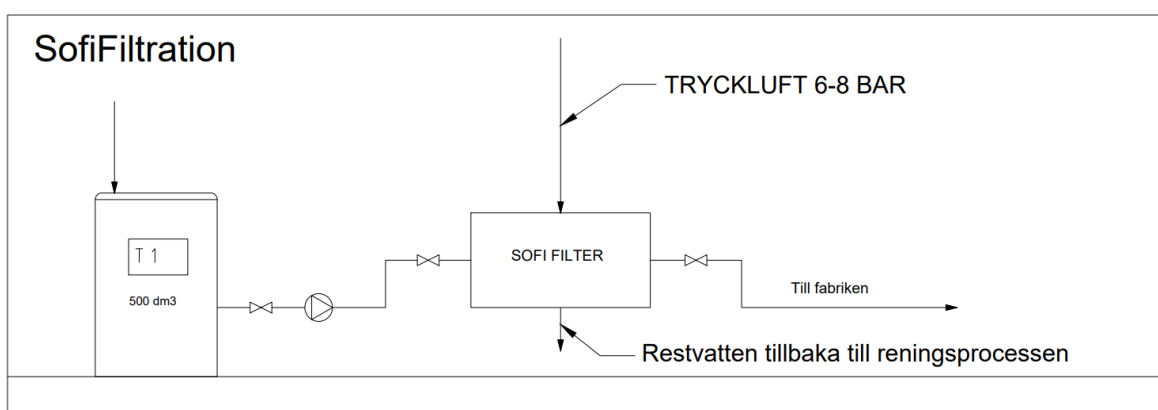
5.3 Reningsverket

Ritningen visar hur processen skulle se ut i reningsverket. Bufferttanken (T 1) är flyttad upp från bunkern och ett nytt sandfilter enligt Watmans rekommendation används. Pumparna i systemet är samma pumpar som finns i reningsverket nu. Sandfiltret lämnas kvar i reningsverket fastän utrymmet inte är så stort eftersom filtret måste spolas. När filtret spolas är det lätt att köra slammet rakt till början av reningsprocessen.



Figur 8. Processen i reningsverket med Watmans lösning.

En alternativ lösning till Watmans system är att använda Sofis Filtrations filterenhet. Filterenheten behöver tryckluft för den automatiska reningen av stålfiltret. Slammet som blir kvar i filtret spolats tillbaka till början av reningsprocessen eller till pressen om det är tillräckligt tjockt.



Figur 9. Processen i reningsverket med SOFI Filtration:s lösning.

5.4 Vattenprov

Från testet (Bilaga 4) syns det att kravet (Nylands Miljöcentral, 2007) på <math><30\text{ mg/l}</math> fasta ämnen uppföljs. Testet utfördes av Watman och deras bedömning var att vattnet duger till golvtvätt. Problem skulle uppstå om vattnet också skulle användas till formsköljning eftersom värdet på kiseldioxiden är mycket högt. Gränsvärdet för kiseldioxid för formtvättvattnet är <math><1\text{ mg/l}</math>.

Vattenprover togs från reningsverkets mätstation och de visade följande:

Tabell 2. Testvärden på renat vatten.

Test	Enhet	Resultat
pH		7,00
Elektrisk konduktivitet 25°C	mS/m	64,00
Opacitet	NTU	15,00
Fasta ämnen (GF/C)	mg/l	7,80
Klorid (Cl-)	mg/l	110,00
Kiseldioxid (SiO ₂)	mg/l	23,00
Koppar (Cu)	mg/l	<0,0030
Järn (Fe)	mg/l	<0,025
Zink (Zn)	mg/l	<0,0050

5.5 Kostnadskalkyl

I uppskattningen av investeringskostnaderna har rören och dess tillbehör inte tagits i beaktande eftersom de allt är komponenter som koncernen producerar och därför har tillgång till.

Sofi Filtrations erbjudande för SF200 filtreringssystemet som innehåller självaste filterenheten, filterelementet, matarpump, nivågivare och ramen skulle bli 23 450 €. Detta plus monteringen av alla rör samt bufferttanken är ett lite dyrare alternativ än Watmans lösning.

Watmans patronfilter kostar under 10 €, patronfilter av samma klass används runtom i fabriken vid olika maskiner så lagerhållning av dessa filter finns redan. Patronhusen kostar runt 80 € (inkl. moms). Sandfiltret är inte en lika standardkomponent som patronfiltren utan beställs troligen av en annan underleverantör via Watman. Watman skickade inte en offert på detta system i nuläge.

Med ett liknande system med sandfiltret och patronfiltren skulle det uppskattningsvis vara möjligt att återvinna 16 000 m³ vatten per år, vilket är en rätt så stor del av den nuvarande årsförbrukningen som ligger runt 70 000 m³. Med ett vattenpris på 1,78 € (inkl. 24% moms) (Raseborgs Vatten, 2022) per kubikmeter skulle detta leda till en årlig besparing på ungefär 28 500 €.

5.6 Slutsatser

Den bästa lösningen av de tre alternativen till distribueringen av vattnet skulle vara att blanda stadens vatten med fabriken renade processvatten i lagringstanken. Detta system är det mest säkra för att inte kontaminera hela stadens vatten. Uppvärmningen och cirkulationen ser lika ut för både Watman och Sofi Filtration lösningarna. Vattnet pumpas från lagringstanken med SAER NCB-32-200NA pumpen och värms i Alfa Laval CB112AQ värmeväxlare till 35 °C före det distribueras i fabriken. För reningen av vattnet skulle Sofi Filtration:s filternheter vara en modernare och mer underhållsfri lösning. Sofi Filtration:s filternheter tar även upp mindre rum eftersom sandfiltret inte skulle behövas mera. Rör linjen skulle konstrueras liknande som den gamla processvattenlinjen förutom att den bara skulle gå till gjuteriet och inte runt hela fabriken. Den nya processvattenlinjen skulle gå från pannrummet till gamla gjuteriet och förgrenas till båda sidorna av gjuteriet så att det enkelt går att koppla in vattenposterna vid varje gjutcell (Bilaga 5).

6 Diskussion

Syftet med arbetet var att göra upp en plan på hur Geberit Production OY fabriken kunde återanvända vatten. Resultatet med två olika alternativ presenteras, Watman systemet skulle vara billigare att installera men kräver mera underhåll och regelbundna byten av filter medan Sofi Filtrations lösning är lite dyrare men kräver mindre underhåll. Om Sofi:s testenheter prövas och det fungerar tycker jag att detta skulle vara en bättre lösning. Delsyftet att kartlägga processvattenrören samt att rita in dem på fabriken planritning är också uppfyllt. Förutom huvud- och delsyftet gjordes även en skiss på hur rören kunde dras genom gjuteriet med det nya systemet. Planen är baserad enbart på egna observationer samt erfarenheter av att ha arbetat med underhåll i gjuteriet.

Dimensioneringen av rören samt matarpumpen till det nya processvattensystemet är inte gjorda till ett specifikt tryck eller flöde. Detta eftersom ett specifikt krav på flöde och tryck inte finns för detta ändamål. Valet av pumpar och rör gjordes istället genom att jämföra de befintliga systemen och välja motsvarande komponenter.

Processritningarna som presenterar de olika lösningarna i reningsverket med Sofi och Watmans lösning samt de processritningar som presenterar lagringen och uppvärmningen

är båda gjorda i samma stil som processritningen Watman gjorde när det gamla vattenfiltrerings systemet konstruerades. Komponenter och stil lånades från denna ritning för att planen skulle vara mera enhällig med de gamla planerna.

Kostnaderna för de två systemen var svåra att uppskatta och räkna ut eftersom Geberit själv tillverkar en stor del av komponenterna som skulle användas. Detta och att Watman inte i detta skede skickade en offert gjorde det svårt att räkna ut en mera detaljerad plan på systemets återbetalningstid.

I början av arbetet var målen med arbetet rätt så oklara. Huvudsyftet var hela tiden att planera vattenåtervinning men hur detta kunde göras ändrades flera gånger. Undersökningen av det befintliga processvattensystemet prioriterades mera och det visade sig att många förbättringar till detta system kunde göras. Eftersom en stor del av processvattensystemet i fabriken är påbyggt under åren enligt behov har det blivit ganska stökigt.

En av större lärdomarna från detta arbete var hur planeringen av ett projekt går till, allt från diskussioner med avdelningschefer och projektledaren om vad man vill åstadkomma till diskussioner med underleverantörer om vad som är möjligt. Arbetet med processritningarna och planritningen i AutoCAD var givande eftersom programmet inte har använts mycket i min utbildning.

Vidare arbete med detta projekt skulle vara implementera någondera filtreringslösningen och mäta hur mycket vatten det egentligen går att återvinna. Sofi filtration erbjöd en testenheter som kunde köras i ett par veckor för att få en mera exakt approximation över hur effektivt systemet är.

Slutligen vill jag rikta ett stort tack till Geberit för möjligheten att göra examensarbete för deras fabrik.

7 Källor

Alfa Laval. (u.d.). *How does a plate heat exchanger work*. Hämtat från Alfa Laval:
<https://www.alfalaval.my/products/heat-transfer/plate-heat-exchangers/gasketed-plate-and-frame-heat-exchangers/heat-exchanger/how-plate-heat-exchanger-work/>

Centrifugal Pumps. (u.d.). Hämtat från Engineering Library:
<https://engineeringlibrary.org/reference/centrifugal-pumps-fluid-flow-doe-handbook>

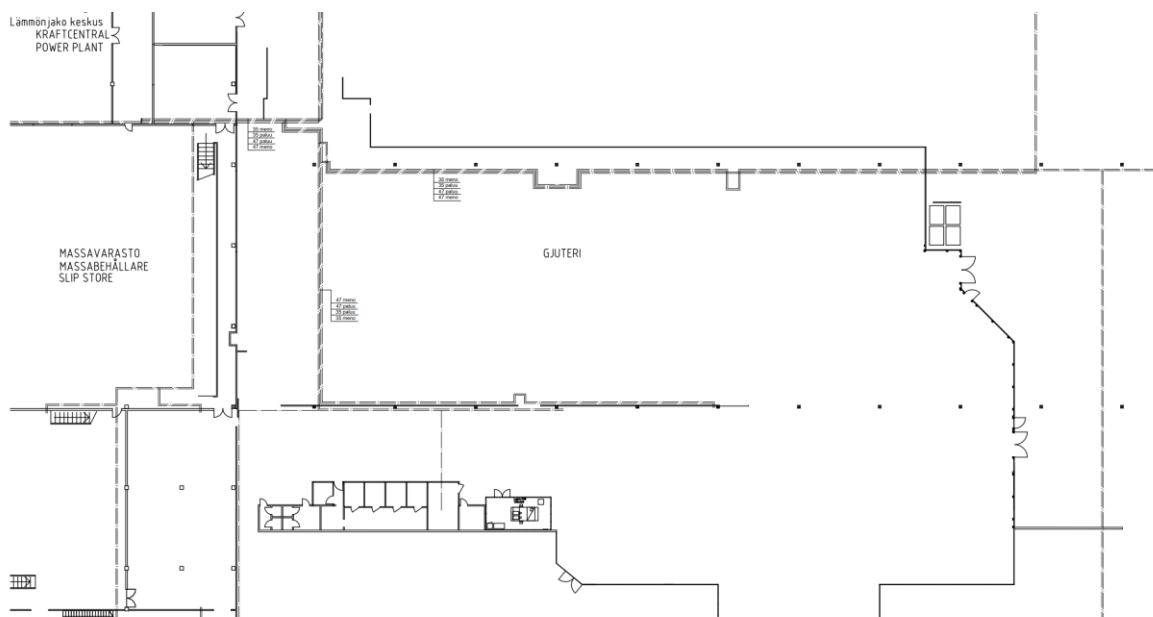
Michael Smith Engineers. (u.d.). *Centrifugal Pumps*. Hämtat från Michael Smith engineers ltd:
<https://www.michael-smith-engineers.co.uk/resources/useful-info/centrifugal-pumps>

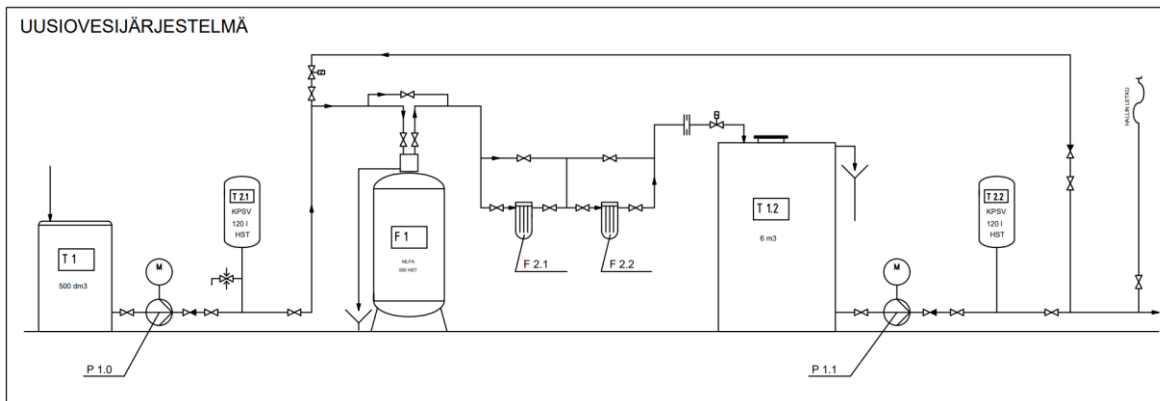
Nylands Miljöcentral. (den 25 September 2007). Ympäristölupap päätös. Helsingfors.

Raseborgs Vatten. (den 1 Januari 2022). Avgifter 1.1.2022. Raseborgs stad. Hämtat från
<https://www.raseborg.fi/boende-och-miljo/raseborgs-vatten/avgifter/>

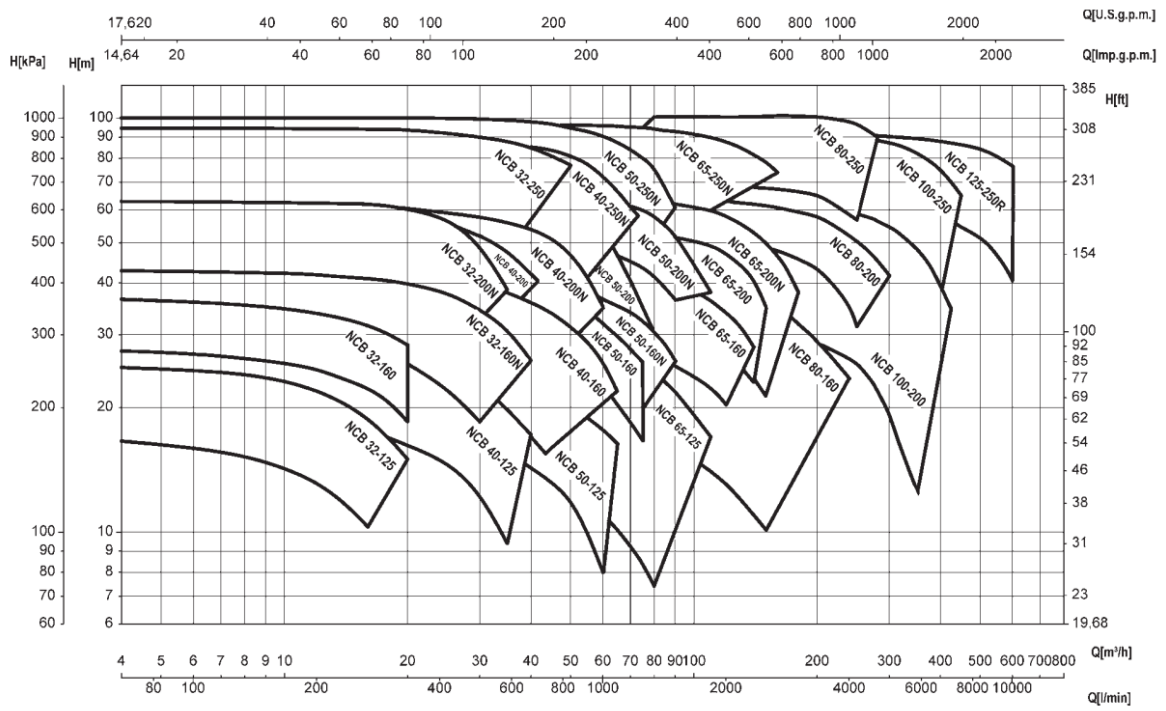
Bilagor

Bilaga 1





Bilaga 3





WatMan Engineering Oy
Jussi Pulliainen
 Paraatikatu 17
 15700 LAHTI
 FINLAND
 s-posti: jussi.pulliainen@watman.fi

Tutkimustodistus AR-22-RZ-005762-01
 Päivämäärä 01.03.2022
 Näyte saapui 23.02.2022
 Tutkimusno EUAA56-00102990
 Asiakasno RZ0002230
 Näytteenottaja Asiakas
 Tutkimuksen yhteyshenkilö Sami Saltiola

Sivu 1/2

Näyttenumero 750-2022-00009999

Näytteen nimi WatMan pesuvesi

Näytteen kuvaus Pesuvesi

Näytteenottoaika 22.02.2022

Yleiset vedestä tehtävät tutkimukset

pH	RZB10		7,0
Sähkönjohtavuus 25°C	RZB60	mS/m	64
Sameus	RZC18	NTU	15
Kiintoaine (GF/C)	RZC23	mg/l	7,8
Kloridi (Cl ⁻)	RZB76	mg/l	110
Piidioksidi (SiO ₂)	RZD35	mg/l	23

Alkuaineet, kokonaispitoisuus, HCl/HNO₃, ICP-MS

Kupari (Cu)	RZ0F2	mg/l	<0,0030
Rauta (Fe)	RZ0ET	mg/l	<0,025
Sinkki (Zn)	RZ0FC	mg/l	<0,0050
Mikroaaltohajotus kuningasvesi	RZE17		Tehty



Tutkimustodistus AR-22-RZ-005762-01

Sivu 2/2

Päivämäärä 01.03.2022

Näyte saapui 23.02.2022

Menetelmätiedot

Testikoodi	Parametrin nimi, CAS	Menetelmän mittausepävarmuus	Menetelmän määrittäjä	Akkreditoitu	Menetelmä	Laboratorio
Yleiset vedestä tehtävät tutkimukset						
RZB10	pH	± 0,2 yks./3%		Kyllä	SFS 3021:1979, mod.	RZ T039
RZB60	Sähkönjohtavuus 25°C	0,2mS/m(<4mS/m) 5%(>4mS/m)	0.1	Kyllä	SFS-EN 27888:1994, mod.	RZ T039
RZC18	Sameus	0,2NTU(<1NTU) 20%(≥1NTU)	0.2	Ei	SFS-EN ISO 7027:2016	RZ
RZC23	Kiintoaine (GF/C)	15% (>3,3 mg/l) 0,5 mg/l (<3,3 mg/l)	1	Kyllä	SFS-EN 872:2005 mod.	RZ T039
RZB76	Kloridi (Cl-), 16887-00-6	10%	0.5	Kyllä	Sis. men., IC, per. mm. SFS-EN ISO 10304-1:2009, IC-EC	RZ T039
RZD35	Piidioksidi (SiO ₂), 14464-46-1	0,20mg/l(<0,20mg/l) 10%(>0,20mg/l)	0.02	Ei	Sis. men. EF2087, perustuu ISO 15923-1:2013, Spektrofotometri (DA)	RZ
Alkuaineet, kokonaispitoisuus, HCl/HNO₃, ICP-MS						
RZ0F2	Kupari (Cu), 7440-50-8	20%	0.003	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2	RZ T039
RZ0ET	Rauta (Fe), 7439-89-6	20%	0.025	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2	RZ T039
RZ0FC	Sinkki (Zn), 7440-66-6	20%	0.005	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2	RZ T039
RZE17	Mikroaaltohojotus kuningasvesi			Kyllä	SFS-EN ISO 15587-1	RZ T039

Laboratorio

RZ	Eurofins Environment Testing Finland (Lahti)	(Ei akkreditoitu)
RZ T039	Eurofins Environment Testing Finland (Lahti)	FINAS akkr. num. SFS-EN ISO/IEC 17025:2017 FINAS T039

ALLEKIRJOITUS

Sami Saltiola

+35844 7777 207

ASM

SamiSaltiola@eurofins.fi

Tutkimustodistus on sähköisesti hyväksytty.

Huomautukset

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain vastaanotettua ja tutkittua näytettä. Mahdollinen lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin.

Eurofins Environment Testing Finland Oy

Niemenkatu 73
15140 Lahti
FINLAND

+35 840 356 7895
ask@eurofins.fi
www.eurofins.fi

Y-tunnus: 2752292-5

