

EXAMENSARBETE

Våren 2010

VA- och kretsloppsteknikerprogrammet

Långsamfilter – faktorer som inverkar/påverkar drifttiden

Författare

Anneli Sahlin

Handledare

Britt-Marie Svensson

Lektor i miljöteknik

HKR

Britt- Marie Pott

Processingenjör

Sydvatten AB

Långsamfilter

– faktorer som inverkar/påverkar drifttiden

Abstract

Examensarbetet belyser hydrauliska faktorer som hastighet/belastning, motstånd/tryck, flöde och filtersandens karakteristika; klimatfaktorer som nederbörd och lufttemperatur; vattenkvalitetsfaktorer som vattentemperatur, färgtal, turbiditet samt lukt och smak, faktorer vilka samtliga anses inverka/påverka drifttiden för långsamfilter.

Ringsjöverkets dokumentation och statistik för år 1999-2009 analyseras och utvärderas för att fastställa eventuella samband mellan rensningsfrekvens, drifttid och funktion med hydrauliska-, klimat- och vattenkvalitetsfaktorer.

Resultatet av examensarbetet tenderar att påvisa viss inverkan/påverkan av de hydrauliska faktorerna på rensningsfrekvens och drifttid. För klimat- och vattenkvalitetsfaktorer är resultatet mer oklart. Undersökningen av Ringsjöverkets långsamfilter varken bekräftar, dementerar eller fastställer något samband, utan snarare indikerar att en mängd faktorer av varierande art är involverade i hur rensningsfrekvens och drifttid utvecklas samt att framtida mer omfattande studier beträffande exempelvis vattenkemiska och mikrobiologiska undersökningar erfordras.

Ämnesord:

Långsamfilter, drifttid, rensning, klimatfaktorer, vattenkvalitet, hydrauliska faktorer

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING.....	5
2. SYFTE.....	6
3. METODIK.....	6
3.1 Avgränsningar.....	6
4. VATTENVERK	7
4.1 Ytvattenverk.....	7
4.1.1 Ringsjöverket.....	7
4.1.1.1 Ringsjöverkets reningssteg.....	8
5. LÅNGSAMFILTER.....	9
5.1 Långsamfilters funktion.....	9
5.1.1 Långsamfilters drift och drifttid	10
5.2 Långsamfilters uppbyggnad.....	10
5.2.1 Långsamfilters uppbyggnad Ringsjöverket.....	10
5.3 Rensning av långsamfilter.....	11
5.3.1 Rensning av långsamfilter Ringsjöverket.....	12
5.3.1.1 Skumning.....	13
5.3.1.2 Omläggning - OL.....	13
5.3.1.3 Dubbelskumning – DS.....	13
5.3.1.4 Djupgrävning - DG.....	13
5.3.1.5 Frysning – F.....	13
5.3.1.6 Kedjedragning.....	13
6. FAKTORER SOM INVERKAR/PÅVERKAR.....	14
6.1 Hydrauliska faktorer.....	14
6.1.1 Flöde.....	14
6.1.2 Hastighet/belastning.....	14
6.1.3 Motstånd/tryck.....	15
6.1.4 Filtersandens karakteristika.....	15
6.2 Klimatfaktorer.....	16
6.2.1 Nederbörd.....	16
6.2.2 Temperatur – luft.....	17
6.3 Vattenkvalitet.....	17
6.3.1 Temperatur – vatten.....	17
6.3.2 Färgtal.....	18
6.3.2.1 Färganalyser vid Ringsjöverket.....	18
6.3.3 Turbiditet.....	19
6.3.4 Lukt och smak.....	19
7. RESULTAT	20
7.1 Historik långsamfilter Ringsjöverket.....	20
7.1.1 Rensningsfrekvens Ringsjöverket.....	20
7.1.2.Rensningsmetod ur tidsperspektiv.....	20
7.1.3 Drifttid Ringsjöverket.....	21

7.2 Hydrauliska faktorer.....	22
7.2.1 Flöde.....	22
7.2.2 Hastighet/belastning.....	22
7.2.3 Motstånd/tryck.....	23
7.2.4 Konstruktionsjämförelse.....	23
7.3 Klimatfaktorer.....	24
7.3.1 Nederbörd.....	24
7.3.2 Temperatur – luft.....	24
7.4 Vattenkvalitet.....	26
7.4.1 Temperatur – vatten.....	26
7.4.2 Färgtal.....	27
7.4.2.1 UV-absorbans.....	27
7.4.3 Turbiditet.....	27
7.4.4 Lukt och smak.....	28
8. DISKUSSION.....	29
9. SLUTSATS.....	30
REFERENSER.....	31
BILAGA.....	34
Bilaga 1.....	34

1. INLEDNING

Den vattenreningsprocess som sker i ett långsamfilter kan vid en första anblick te sig som väldigt enkel och okomplicerad procedur. Men vid en närmare granskning av funktionen i ett långsamfilter framträder en bild av en långt mer avancerad och komplex vattenreningsteknik än vad som någonsin först kunde anas.

Huisman och Wood (1974:9) beskriver denna komplexa vattenreningsprocessen som sker i långsamfilter på ett målande och åskådligt vis.

” It is perhaps paradoxical that this water treatment process, the oldest of them all, is one of the least understood and that less scientific research has been carried out into its theoretical and practical application than into other more recent but less effective methods.”

Långsamfilter som vattenreningsteknik har funnits sedan år 1804 då Thomas Telford i Glasgow, Skottland först byggde en liten vattenreningsanläggning. Metoden har sedan kommit att användas i större sammanhang och successivt spridits i Europa och resten av världen. (Jabur & Mårtensson, 1999).

Under en tid på 1900-talet ansågs långsamfilter som reningsteknik vara omodern (Twort, Ratnayaka & Brandt, 2000). Men på senare tid har långsamfilter ökat i användning i och med att biologiska reningsmetoder har blivit populära och kemiska metoder impopulära (VAV, 2007). Twort *et al* (2000) menar att långsamfilter kommer att spela en större roll i framtiden då krav på mindre kemikalieanvändning vid vattenrening väntas föreligga.

Långsamfilternas reningskapacitet är avhängig en rad faktorer som exempelvis råvattnets kvalitet, temperatur, väderförhållande, filterhastighet, flöde och belastning samt sandkvalitet och kornstorleksfördelning. (Jabur *et al*, 1999).

Vid Ringsjöverket i Stehag används långsamfilter som ett sista polerande slutsteg i vattenreningsprocessen med syfte att i första hand reducera färg samt eliminera lukt och smak ur dricksvattnet. Ringsjöverkets målsättning beträffande långsamfiltren under drift är att få så långa drifttider mellan rensningarna som möjligt med en välutvecklad filterhud och biologisk aktivitet i långsamfiltren vilket förutsätter att vattenkvaliteten och den hydrauliska belastningen i största möjliga grad är anpassad till reningsprocessen i långsamfilterna. (Ringsjöverket, 2006).

2. SYFTE

Syftet med arbetet är att belysa faktorer som inverkar/påverkar drifttiden för långsamfilter. Ringsjöverkets insamlade data från tidsperioden år 1999-2009 analyseras och utvärderas för att fastställa eventuella samband mellan drifttid, rensning och funktion med hydrauliska faktorer som flöde, hastighet/belastning, motstånd/tryck och filtersandens karakteristika; klimatfaktorer som nederbörd och lufttemperatur; vattenkvalitetsfaktorer som vattentemperatur, färgtal, turbiditet samt lukt och smak.

3. METODIK

Ringsjöverkets internt av underhållschef Oskar Hallberg, upprättade statistik över antalet rensningar och rensningsmetoder har granskats och analyserats samt att dessa uppgifter har tjänstgjort som grundläggande beräkningsunderlag. Likaså har Ringsjöverkets statistik ur driftsystemet *Cactus* beträffande nederbörd, vatten- och utetemperaturer gällande år 1999-2009 använts samt information från personliga kontakter vid Ringsjöverket. Vidare förtogs diverse databassökning på internet och sökning på bibliotek vilket resulterade i att arbetet kompletterades med uppgifter ur relevant litteratur som böcker, rapporter och internetkällor.

3.1 Avgränsningar

Viss tyngdpunkt föreligger i arbetet enligt följande premisser:

- År med *flest*, *näst flest*, *minst* och *näst minst* totalt antal rensningar sett ur tidsperspektivet år 1999-2009 utreds.
- Långsamfilter med *flest*, *näst flest*, *lägst* och *näst lägst* antal rensningar sett ur tidsperspektivet år 1999-2009 avhandlas. *Näst lägst* antal rensningar under åren 1999-2009 hade två långsamfilter men endast ett av filtren valdes ut av författaren att ingå i examensarbetet.

4. VATTENVERK

Det finns tre typer av vattenverk, ytvattenverk, grundvattenverk och konstgjort grundvattenverk, vilka benämns utifrån varifrån de hämtar vatten till produktionen. I respektive vattenverk är valet av vattenreningsprocess anpassat efter råvattenkällan och dess kvalitet.

Råvatten, det vill säga råvaran till dricksvattnet, kommer ursprungligen från grundvatten eller ytvatten. Hälften av allt råvatten kommer från ytvatten och den andra hälften fördelar sig lika mellan naturligt grundvatten och så kallat konstgjort grundvatten. (Svenskt Vatten, 2009).

Råvatten, oavsett härkomst, blir dricksvatten så snart det tas in i vattenverket och att det då jämförs med livsmedel. Dricksvatten är ett av våra viktigaste livsmedel och en förutsättning för en betydande del av den övriga livsmedelsproduktionen. (Livsmedelsverket, 2006).

4.1 Ytvattenverk

I Sverige är ytvattenverk den mest vanliga typen av vattenverk (Hult, 1998). Knappt 200 ytvattenverk producerar hälften av allt dricksvatten som tillverkas vilket visar att ytvattenverk oftast är stora (Svenskt Vatten, 2009). Trots att antalet grundvattenverk nästan är tio gånger fler än antalet ytvattenverk så bereds ändå ungefär hälften av allt dricksvatten från ytvatten (Svenskt Vatten, 2008).

Ytvattens kvaliteter tenderar att variera med årstid och meteorologiska förhållanden samt att ytvatten i större utsträckning riskerar att utsättas för samhällets påverkan som till exempel lokala utsläpp, nedfall och en tillförsel av bekämpnings- och gödningsmedel från jordbruk. En varierande och tidvis behandlingskrävande råvattenkvalitet resulterar i att ytvattenverken har en mer komplicerad vattenreningsprocess och att behovet av säkerhetsbarriärer mot mikrobiologisk aktivitet är större. (Svenskt Vatten, 2008).

Ytvatten fordrar råvattenanalyser som till exempel temperatur, pH-värde, färg, turbiditet samt lukt och smak, för att möjliggöra val av lämplig vattenreningsmetod (VAV, 2007).

4.1.1 Ringsjöverket

Ringsjöverket är ett ytvattenverk som togs i drift år 1963 och ägs av Sydvatten AB. Bolaget som idag samägs av 15 skånska kommuner, bildades år 1966 och är Sveriges tredje största dricksvattenproducent. Ringsjöverket producerar och distribuerar dricksvatten till cirka 800 000 invånare i Skåne (Sydvatten, 2010a). Maximal produktionskapacitet vid Ringsjöverkets är 2400 liter dricksvatten per sekund vilket ger 207 360 000 liter/dygn (Ringsjöverket, 2006). År 2009 levererade Ringsjöverket 69 miljoner m³ dricksvatten till sina kunder (Sydvatten, 2010b).

Ringsjöverket tog ursprungligen råvatten från Ringsjön som ligger mitt i Skåne. Sedan år 1987, när Bolmentunneln var färdigbyggd övergick Ringsjöverket till att hämta råvatten från den småländska insjön, Bolmen. Under år 2009 har dock Ringsjön som är vattenverkets

reservvattentäkt använts som primär råvattenkälla eftersom Bolmentunneln varit stängd för reparation av tunnelras. (Sydvatten, 2010b).

Ringsjön som är belägen i ett omgivande odlingslandskap är Skånes näst största sjö och består av tre sammanhängande sjöar, Västra Ringsjön, Östra Ringsjön och Sätöftasjön. Den totala sjöytan är 40 km² varav Västra Ringsjön är 14,8 km². Västra Ringsjön har ett maxdjup på 5,4 m och medel på 3,1 m. Medelvattenytans nivå är på 53 meter över havet. Avrinningsytan är 24,7 km² och omsättningstiden är 0,28 år. (Projekt Ringsjön, 2005).

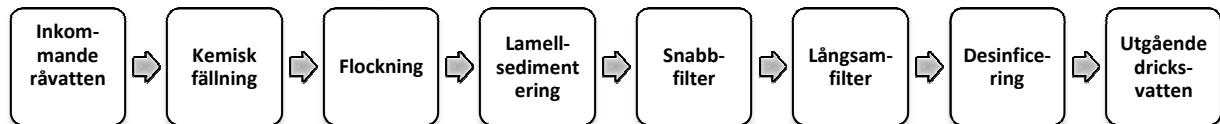
Ringsjöns historia kantas av mer eller mindre konstanta och svåra övergödningsproblem samt återkommande algblomningar (Projekt Ringsjön, 2005).

Ringsjöverkets råvattenintag är beläget i Västra Ringsjön som dessutom är recipient av avloppsreningsverket Ormanäsverkets reade avloppsvatten från Höörs kommun.

Bolmen som är belägen i västra Småland är Sveriges tionde största sjö. Omgivande landskap är varierande, allt från stora myrmarker, barrskog, lövskog till odlingsmark förekommer. Sjöns area är 184 km². Bolmen har ett maxdjup på 37 m och medeldjup på 5,4 m. Sjön befinner sig mellan 141,9 och 140,5 meter över havet. Avrinningsytan är 1 642 km² och omsättningstiden är 2,8 år. (Wikipedia, 2010).

4.1.1.1 Ringsjöverkets reningssteg

Schematisk bild över vattenreningsprocessen i Ringsjöverket, se figur 1.



Figur 1. Dricksvattenreningsprocessen vid Ringsjöverket (Källa: Sydvatten, 2009).

Inkommande råvatten passerar två stycken råvattensilar med maskvidd 50 µm. Då råvatten hämtas ur Bolmen sker den kemiska fällningen med trevärd järnklorid medan när råvattnet kommer från Ringsjön är fällningskemikalien aluminiumsulfat som optimeras med hjälp av en hjälpkoagulant, vattenglas. I flockningsbassängerna pH-justeras vattnet med natriumhydroxid eller svavelsyra. Både före snabbfiltreringen och långsamfiltreringen pH-justeras vattnet ånyo, nu med kalkvatten för att optimera filtreringen. Efter långsamfiltreringen passerar vattnet två mikrosilar och ytterligare kalkvatten tillsätts före desinfektion som är sista beredningssteget varefter det färdigprocessade vattnet leds till två vattenreservoarer. (Sydvatten, 2009).

Ringsjöverket har tre mikrobiologiska säkerhetsbarriärer, kemisk fällning med efterföljande filtrering, långsamfiltrering och desinfektion med natriumhypoklorit (Pott, pers.kom.2010).

5. LÅNGSAMFILTER

Det finns ett antal fördelar med långsamfilter. Huisman *et al* (1974) nämner faktorer som; *ger god vattenkvalitet, kostnadsmässigt och konstruktionsmässigt fördelaktigt och enkelt handhavande.*

5.1 Långsamfilters funktion

Långsamfilter förefaller vara en enkel teknik med hänsyn till filtrens uppbyggnad men är till sin funktion ytterst komplicerad med hänsyn till fysiska, kemiska, biologiska och hydrauliska egenskaper (Huisman *et al*, 1974; Jabur & Mårtensson, 1999).

Funktionen och reningsgraden i långsamfilter varierar under årets fyra årstider, bland annat beroende på temperatur och solljus. Kvaliteten på inkommande vatten till långsamfiltren påverkar dessutom reningsgraden (Ringsjöverket, 2006).

Processen i ett långsamfilter kan jämföras med den naturliga reningsprocessen i marken i vilken rening sker via kombination av filtrering, adsorption och biologisk nedbrytning. Inledningsvis av en filterperiod fungerar långsamfiltret i huvudsak endast som ett fysikaliskt filter. När den biologiska aktiviteten i filtret har utvecklats är filtret *moget*. Inarbetningstiden fram till mognad varierar från några dagar till flera veckor. Aktiviteten i ett långsamfilter innebär att mikroorganismer som huvudsakligen består av alger, protozoer och bakterier, avskiljs i sandytan i vilken det utvecklats en mikroflora som blir anpassad till föroreningarna i vattnet. Denna mikroflora bildar en slemmig hinna på sandkornen vilken ökar filtereffekten och adsorberar slampartiklar, kolloider och mikroorganismer ur vattnet samt att patogena bakterier avdödas. De i långsamfiltret förekommande mikroorganismer livnär sig på och bryter ned de med vattnet kontinuerligt tillströmmande föroreningarna. (VAV, 2007).

Långsamfilter fungerar även som ett biologiskt filter med god förmåga att reducera lukt och smak. Luktreduktion sker genom en aerob biologisk process som kräver en viss inarbetning så mikrofloran hinner anpassa sig efter vattnets egenskaper och föroreningar. Vid långsamfiltrering beräknas att färgstyrkan reduceras med upp till cirka 25 %, att lukt och smak elimineras samt att bakteriehalten reduceras med cirka 99 %. (VAV, 2007). Woudneh, Lloyd och Stevenson (1996) menar att i ett biologiskt filter livnär sig ett stort antal varierande arter av mikroorganismer vilka har utmärkt förmåga att bryta ner olika sorters kemikalier.

Vid långsamfiltrering är filterhuden viktig för behandlingsresultatet. Det tar tid för en biohud och biofilm på filterkornen att bildas och därmed kan inkörningen av ett sandmaterial ta flera månader. (Hanson, 2000). Jabur *et al* (1999) anser att under svenska förhållanden tar det lång tid, oftast flera månader, att etablera en aktiv mikroflora i synnerhet då råvattnet är kallt vilket påverkar förutsättningarna att uppnå en optimal vattenkvalitet.

Långsamfiltreringens effektivitet som säkerhetsbarriär vid vattenberedningsprocessen påverkas av faktorer som sandfraktion, tjocklek på sandbädd och belastning i filtret. (Livsmedelsverket, 2006). Ringsjöverkets långsamfilter utgör en av vattenverkets tre mikrobiologiska barriärer i reningsprocessen (Pott, pers.kom.2010).

5.1.1 Långsamfilters drift och drifttid

Huisman *et al* (1974) menar att drifttiden mellan rensningar beror på faktorer som kvaliteten på råvattnet, rådande väderleksförhållande och då speciellt temperaturen, filterhastigheten och sammansättningen av sandkornstorleksfördelning. Det finns en tydlig koppling mellan kortare drifttid och högre filtrationshastighet respektive finare filtermedia (*ibid*). Liknande anger Di Bernardo och Alcócer Carrasco (1996) som anser att ju högre filterhastigheten är, desto kortare blir långsamfiltrets drifttid.

För att undvika risk för tillfälliga försämringar eller svängningar i vattenkvaliteten är en kontinuerlig och jämn drift av långsamfiltren mycket viktiga förutsättningar för att uppnå god vattenkvalitet (Jabur *et al*, 1999). Vidare riskeras vattenkvaliteten vid intermitterant drift, såsom vid täta rensningar och plötsliga tryckförändringar eftersom de kan förorsaka genombrott av mikroorganismer (*ibid*). Jabur *et al* (1999) menar att generellt föreligger ett uppenbart samband mellan tillgängligt tryckfall och drifttid hos ett långsamfilter. För att minska antalet erforderliga rensningar krävs en synkronisering av sandstorlek, filterhastighet och tryck samt att skumning bör utföras så snabbt som möjligt och att vattennivån då inte sänks mer än vad som erfordras. (Jabur *et al*, 1999).

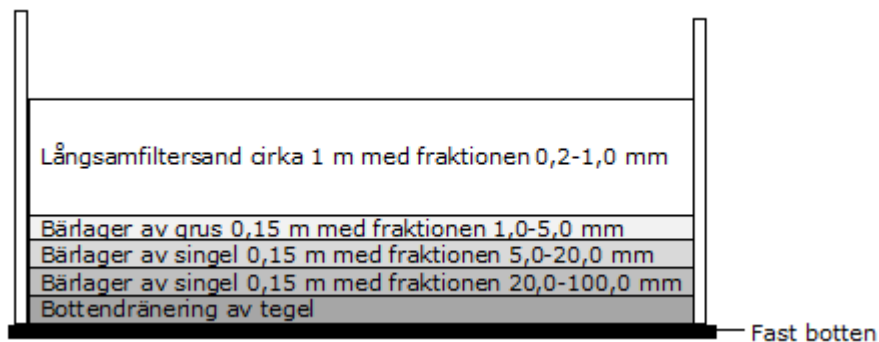
Enligt VAV (2007) beror gångtiden mellan rensningar på två faktorer, mängden föroreningar i vattnet och mängden vatten som tillförs filtret. Dessutom under sommartid när vattnet är varmare, kan tiden mellan rensningarna bli relativt kort, ned till någon månad, vilket orsakas av dels den rikligare förekomsten av mikroorganismer och organsikt material i det tillströmmande vattnet, dels den snabbare tillväxten av mikroorganismer i sandytan (*ibid*). Förkortade drifttider kan också orsakas av att de maskiner som används vid rensning har åstadkommit djupa spår i sandbädden i vilka föroreningar kan ta sig ner djupt i sanden (Jabur *et al*, 2003).

5.2 Långsamfilters uppbyggnad

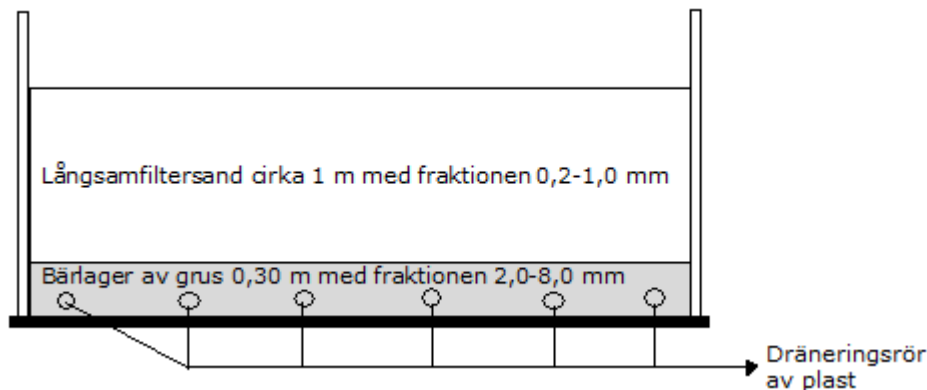
5.2.1 Långsamfilter uppbyggnad Ringsjöverket

Vid Ringsjöverket finns sexton långsamfilter á vardera 1500 m² vilket ger en total filterarea på 24 000 m². Långsamfiltren har byggts i tre etapper, filter 5-12* år 1963, filter 1-4* år 1968 och filter 13-16 år 1995 (*omnumrerade fr.o.m. år 2006). Det dimensionerande maxflöde är 2400 l/s och den dimensionerande maxytbelastning är 0,40 m/h vilket motsvarar ett tillflöde på 167 l/s. (Ringsjöverket, 2006).

Långsamfiltren är uppbyggda enligt två helt olika konstruktioner vilket framgår av nedanstående konstruktionsritningar, se figur 2 och 3 (Ringsjöverket, 2006). Störst skillnad är på vilket sätt dräneringen sker samt tjocklek på bärlaget och kornfördelningsfraktionen i detsamma.



Figur 2. Konstruktion långsamfilter 5-12



Figur 3. Konstruktion långsamfilter 1-4 och 13-16

5.3 Rensning av långsamfilter

Rensning av långsamfilter är ett viktigt moment för att säkerställa en stabil vattenkvalitet och ekonomisk drift. Det skall utföras då filtermotståndet överstiger det maximalt tillåtna tryckfallet. Samtidigt medför rensning av långsamfilter generellt en negativ inverkan på filtratets vattenkvalitet, framför allt vad gäller mikroorganismer eftersom det föreligger risk för genombrott av mikroorganismer de första dagarna efter rensning. Andra bieffekter som understryks är ökad grumlighet och den tidsintervall, mognadstid, som krävs för att återställa den biologiska aktiviteten efter rensning. (Jabur & Mårtensson, 2003).

Generellt sett tillämpas två principiellt olika sätt att rensa långsamfilter på. I den ena metoden tas det rensade sandskiktet bort och deponeras eller läggs på hög vilket medför att tjockleken på sandbädden successivt reduceras. I det andra tillvägagångssättet återförs ny och/eller tvättad sand i samband med rensningen. (Jabur *et al*, 2003).

Enligt VAV (2007) måste filtret rensas då filtermotståndet blivit ca 0,5 m vattenpelare. Igensättningen i ett långsamfilter sker mestadels i sandytan. Rensning, så kallad *skumning*, innebär att filterhuden tillsammans med ett par cm av sandytan borttas av långsamfiltret. Det tunna lagret som tas bort består av nedsmutsad filtersand, avskiljda partiklar och biologisk påväxt (Jabur *et al*, 2003). När filterbäddens tjocklek sjunkit till 0,7-0,8 m till följd av flertalet

skumningar erfordras att ny sand läggs på (ibid). Med tanke på kornstorleksfördelning bör sanddjupet inte understiga 0,5-0,7 m (Jabur & Mårtensson, 1999; Huisman *et al*, 1974). Efter några års drift *djuprensas* långsamfiltret vilket innebär att sandbädden helt eller delvis tas upp ur filtret. Därefter återfylls långsamfiltret med tvättad och/eller ny sand till full bäddtjocklek (VAV, 2007; Jabur *et al*, 2003). Huisman *et al* (1974) påtalar den ackumulationsrisk av föroreningar i djupare liggande sandlager som föreligger då det översta sandlagret återställs med tvättad eller ny sand efter djuprensning. Ansamlingen av föroreningar kan medföra igensättning djupare ner i långsamfiltret, i gränsskiktet mellan tvättad och gammal sand, vilket leder till allt kortare drifttider som följd (ibid). Kors, Wind och van der Hoek (1996) förespråkar sandpåfyllnad med dubbeltvättad sand som blandas med vatten och via en flexibel slang pumpas till filtret. Metoden benämns *wet slurry method*, vilken anges resultera i mindre påverkan av filterbädden, ge lägre tryck mot filterytan jämfört med påfyllnad av torr sand samt kräver mindre arbetsinsatser (ibid).

Återanvändning av tvättad sand vid *djupgrävning* förorsakar ett produktionsuppehåll i filtret med flera veckor och vid återfyllnad av ny sand kan avbrottet bli flera månader (Jabur *et al*, 2003). Detta är en erfarenhet som Ringsjöverket har erfarit (Pott, pers.kom.2010). Enligt Jabur *et al* (1999) tar det 1–2 veckor innan reningseffekten är återställd med avseende på bland annat nedbrytning av organiskt material, lukt och smak. Då reningseffekten är begränsad är det viktigt att mikrofloran i långsamfiltret störs så lite som möjligt vilket förslagsvis möjliggörs genom att minimera tiden då filtret står torrlagt och genom att använda så skonsamma maskiner som möjligt (Jabur *et al*, 2003). Maskiner som används vid rensning av långsamfilter är små traktorer med skopa. Traktorerna bör ha lågt bandtryck för att inte sammanpressa sanden i filtret samt konstrueras så att bensin, diesel och/eller olja inte kan förorena långsamfiltret (VAV, 2007). Förutom detta sker ofta smörjning med vegetabiliskt fett (ibid).

Under 1980-talet tenderade rensningsfrekvensen för långsamfilter att minska generellt sett i hela Sverige. Bakomliggande orsak kan vara minskad mängd organiskt material i råvattnet och/eller bättre förbehandling av vattnet (VAV, 2007).

5.3.1 Rensning av långsamfilter på Ringsjöverket

Vid Ringsjöverket sker rensning av långsamfiltren då filtermotståndet i långsamfiltret är 0,8 m vattenpelare, mvp (Ringsjöverket, 2006). De rensningsmetoder som används på Ringsjöverket är; *skumning, omläggning, djupgrävning, frysning* och *kedjedragning*. Under år 2006 gjordes även ett försök med rensning via *dubbelskumning*. All rensning sker maskinellt vilket ställer stora krav på att inget spill såsom till exempel oljeläckage från använda maskiner förekommer (Ringsjöverket, 2006). Dessutom används speciella maskiner med lågt marktryck vid rensning av långsamfilter (Pott, pers.kom.2010). För att Ringsjöverkets dricksvattenproduktion inte ska påverkas tas maximalt tre långsamfilter ur drift samtidigt för rensning (Ljungberg, pers.kom. 2010).

Metoden som Ringsjöverket använder då filtermotståndet i långsamfiltret närmar sig 0,8 mvp är att *kvota ner* vilket innebär att vattenflödet till filtret reduceras via en ventil och vattenmassorna omfördelas på resterande filter (Christell, pers.kom. 2010). Inför rensningen tas långsamfiltret ur produktion och filtret avtappas på vatten. Efter rensning och återfyllnad av vatten sätts filtret på *mognad*. Mognadstiden ska vara 24 timmar. Efter mognad tas långsamfiltren åter i produktion (Ringsjöverket, 2006).

5.3.1.1 Skumning

Skumning är synonymt med *rensning* och är den i särklass mest frekventa reningsmetod som används till Ringsjöverket sexton långsamfilter (Ringsjöverket, 2006). Vid *skumning* tas cirka 2 cm av långsamfiltrets ytskikt bort och transporteras till sandtvätten för tvätt och lagring (Hallberg, pers.kom. 2010).

5.3.1.2 Omläggning - OL

Omläggning benämns även *djuprensning* och innebär att cirka 5 cm av filtersanden skrapas av och transporteras till sandtvätt för tvättning och lagring. Vid *omläggningen* utförs dessutom sandpåfyllnad upp till övre nivå i filterbädden. (Hallberg, pers.kom.2010).

5.3.1.3 Dubbelskumning - DS

Dubbelskumning är en modifierad variant av *omläggning* som provades under år 2006. Metoden innebar två efterföljande rensningar där det vid vardera rensningen borttogs 2 cm av långsamfiltrets ytskikt. Då *dubbelskumning* utvärderades bedömdes tekniken inte motsvara förväntat resultat utan metoden lades ner samma år. (Hallberg, pers.kom. 2010).

5.3.1.4 Djupgrävning - DG

Djupgrävning, även benämnd *urgrävning*, innebär all sand schaktas ur filtret, ända ner till dräneringslagret. Sanden transporteras därefter till sandtvätt för tvätt och lagring, ibland återläggs sanden i långsamfiltret direkt efter tvättning (Ringsjöverket, 2006a).

Djupgrävning är ett arbete som oftast utförs under den varma årstiden, det vill säga mellan april och september. Vid Ringsjöverket sker rutinmässigt *djupgrävning* vart sextonde år, det vill säga, ett långsamfilter per år. (Hallberg, pers.kom. 2010). *Djupgrävning* som schemalagd rutin har sin grund i tradition och praktisk erfarenhet (Johansson, pers.kom. 2010).

5.3.1.5 Frysning - F

Frysning innebär att långsamfiltrets yta utsätts för hundra frystimmar, det vill säga hundra timmars exponering av frostgrader. Antalet minusgrader påverkar tiden såtillvida att vid exempelvis -1°C tar *frysningen* 100 timmar men vid -4°C räcker det med 25 frystimmar. (Christell, pers.kom.2010). Normalt är frystiden 72 timmar men vintern 2009/2010 valde Ringsjöverket att öka frystiden till 100 timmar (Hallberg pers.kom.2010).

5.3.1.6 Kedjedragning - K

Kedjedragning är en metod som används relativt sällan eftersom den enbart utförs vintertid, eller när vädret är för varmt för *frysning* men för kallt för *skumning*. Förfaringssättet innebär att en av Ringsjöverket specialtillverkad kedja dras över filterytan vilket reducerar filtermotståndet (Hallberg, pers.kom. 2010). Kedjan dras över långsamfiltrets filteryta i en hastighet motsvarande långsam promenadtakt (Ringsjöverket, 2006).

6. FAKTORER SOM INVERKAR/PÅVERKAR

6.1 Hydrauliska faktorer

Att långsamfilterna har utformats hydrauliskt korrekt är en fundamental förutsättning för att goda vattenreningsresultat ska uppnås (Jabur *et al*, 1999).

6.1.1 Flöde

För att säkerställa vattenkvaliteten erfordras ett stabilt och konstant flöde till långsamfiltren. En abrupt flödesökning och intermittent drift kan resultera i försämrad vattenkvalitet. Vid jämförelse mellan kontinuerlig och intermittent drift lämnades rapport om färre bakterier i filtratet vid kontinuerlig drift. (Jabur *et al*, 1999; Huisman *et al*, 1974). Snarlikt framhåller VAV (2007) att för att den biologiska reningsprocessen i långsamfiltret inte ska störas, bör filtrering i största möjligaste mån pågå utan avbrott.

Jabur *et al* (1999) rekommenderar ett vattendjup ner till sandytan i långsamfiltren med max 1,0-1,6 m samtidigt som ökat vattendjup ger längre driftperioder.

6.1.2 Hastighet/ytbelastning

Filterhastigheten måste avgöras med hänsyn till råvatten, sandkvalitet och sanddjup samt att höga hastigheter inte bör tillämpas utan föregående pilotförsök (Jabur *et al*, 1999).

I Sverige varierar filterhastigheten normalt mellan 0,1-0,2 m/h. Traditionellt har den dimensionerande filterhastigheten satts till cirka 0,2 m/h i dess nuvarande tillämpning. Filterhastigheten i långsamfilter bör vara mellan 0,05-0,3 m/h med hänsyn till rimliga krav på både kapacitet och kvalitet. (Jabur *et al*, 1999). Enligt VAV (2007) varierar filterhastigheten mellan 0,2 och 0,4 m/h men att den högre hastigheten sannolikt endast bör kunna användas på kemiskt fällt vatten. De låga filterhastigheterna medför stor area på långsamfiltret (*ibid*).

Kärrman, Bergstedt, Westrell, Heinicke, Stenström och Hedberg (2004) nämner två versioner beträffande flödes hastighetens påverkan på reduktionen av mikroorganismer. Dels hänvisar Kärrman *et al* (2004) till Schuler *et al* som redovisar ingen skillnad i reduktion när flödes hastigheten ökades från 0,15 till 4 m/h (*sic*), dels till Bellamy *et al* som visade att reduktionen minskar vid störning i sandbädden och då det hydrauliska trycket ökar. I en studie utförd av Andersson (1998) framkommer att ökad belastning ger ökad biologisk aktivitet samt ger större biologisk produktion under en filterperiod. Som förklaring till den ökade produktionen anger Andersson (1998) att vid ökad belastning kan det biologiskt aktiva djupet i filtret bli större, alternativt att ökad belastning medför stegrad näringstillförsel vilket kan påverka de biologiska processerna positivt genom större artrikedom vilket medför att filtrets yta blir mer genomsläpplig.

Jabur *et al* (1999) anger att ökad filterhastighet resulterar i avkortad uppehållstid i långsamfiltret vilket borde reducera möjligheterna till nedbrytning av organiskt material, detta i kombination med andra faktorer såsom temperatur och sandfraktion. Huisman *et al* (1974)

påtar att vid hög filterhastighet förkortas kontakttiden mellan vattnet och filtrets renande mikroorganismer vilket är otillfredsställande. Dessutom menar Jabur *et al* (1999) att högre filterhastigheter innebär att föroreningarna tränger längre ner i filtersanden vilket medför att rensningarna måste göras djupare. Undersökningar utförda år 1999 av Jabur *et al* visar att igensättningar i långsamfilter tenderar att öka med ökad filterhastighet då filterhastigheten överstiger 0,35 m/h. Samtidigt konstateras att finare filtermedia genererar fler igensättningar samt att då finare sand används kommer igensättningarna dessutom att vara högre upp i sandbädden. (Jabur *et al*, 1999).

6.1.3 Motstånd/tryck

Långsamfilter har ett naturligt motstånd som beror på det friktionsmotstånd som sandkornen åstadkommer. En annan faktor som påverkar motståndet är om det finns luftfyllda porer i sandbädden. Porerne medverkar då till ett motstånd eftersom ytspänningen utgör ett hinder för vattnets framfart. (Andersson, 2006). Ett växande motstånd bildas allt eftersom alg tillväxt och partikelansamling i filterbädden ökar, något som gör det svårare för vattnet att tränga ner genom sandbädden. Ju mer filtret sätts igen desto mer ökar filtermotståndet (ibid).

Tryck, även kallat övertryck, i filtret utgörs av vattenmassans tryck ovanifrån och mottrycket från sand, partiklar och eventuellt luft nedanifrån (VAV, 2007; Jabur *et al*, 1999). Motsatsen, undertryck bildas då filtermotståndet är högre än trycket från ovanstående vattenpelare, med andra ord, trycket blir negativt. Ju lägre tryck, desto högre är motstånd. (Andersson, 2006). Plötsliga tryckförändringar och undertryck kan förorsaka allvarliga kvalitetsstörningar framför allt avseende biologiska parametrar (Jabur *et al*, 1999).

6.1.4 Filtersandens karakteristik

Sandfraktion och sandbäddens tjocklek är exempel på faktorer som påverkar långsamfiltrens effektivitet som säkerhetsbarriär vid vattenreningsprocessen (Livsmedelsverket, 2006).

Den sand som används i långsamfilter måste följa vissa bestämda krav såsom att sanden ska vara tvättad, ha en effektiv kornstorlek (d_{10}) av 0,35 +/- 0,03 mm och olikformighetstal ($d_{60}:d_{10}$) av max 2,5. Storleksmässigt får högst 1 % av sanden vara större än 2,0 mm och högst 1 % får vara mindre än 0,2 mm. Dessutom bör sandkornen vara runda och bestå till största delen av fältspat eller kvarts samt vara utan innehåll av glimmer. (VAV, 2007). Råämnen som inte får förekomma i filtersand är organiskt material, ler- och siltmaterial samt andra föroreningar (Jabur *et al*, 1999).

Vid återkommande sandtvätt tvättas finare sandkorn bort vilket resulterar i en förändrad kornstorleksfördelning i sanden, något som på sikt kan resultera i att föroreningar tränger ner djupare i sandbädden under följande filterperiod (Huisman *et al*, 1974). Denna nedträngning medför att mer sand måste avlägsnas i samband med rensning (Jabur *et al*, 1999). En finare sand ger bättre vattenkvalitet men samtidigt medför den tätare rensningar (ibid). Jabur *et al* (1999) förordar att långsamfiltret ska ha bestämda max och min för sandnivån och med tanke på kornstorleksfördelning bör sanddjupet inte understiga 0,5–0,7 m.

Under år 2001/2002 utfördes ett skak- och kolonnförsök där filtersanden bestod av järnoxid-täckt olivinsand. Studien visade att järnoxidtäckt olivinsand avskiljer naturligt organiskt

material avsevärt mycket bättre än konventionell filtersand. Ett tänkbart framtida intressant användningsområde med järnoxidtäckt olivinsand vore som filter vid långsamfiltrering och bassänginfiltration. (Berggren, Jonsson, Johansson, Gustafsson & Abrahamsson, 2004). Redan år 1994 erhöles liknande resultat beträffande en förbättrad avskiljning av organiskt material med användning av järnoxidtäckt olivinsand men samtidigt noterades det att turbiditetvärdet ökade under försökets tre första månader vilket ansågs orsakas av järnutfällning från den järnoxid täckta olivinsanden. (McMeen & Benjamin, 1996).

6.2 Klimatfaktorer

Klimatförhållande som nederbörd, temperatur och solstrålning påverkar bland annat alg tillväxten i långsamfilter. Väderfenomen som skyfall, översvämningar och högre vattentemperaturer leder till ökning av de mikrobiologiska riskerna (SMHI, 2010a).

6.2.1 Nederbörd

Årsnederbörden i Skåne är 500-800 mm (Skåne, 2010). Prognoser talar för att nederbörden väntas öka, likaså avdunstningen (SMHI, 2010a). De flesta delarna av landet får då förändrad årsrytm när klimatet förändras vilket kan innebära att det blir mer vatten främst i västra och norra Sverige, medan de sydöstra delarna beräknas få en sämre tillgång på vatten och därmed väntas behovet av bevattning inom jordbruket att öka. Dessa faktorer förändrar dock tillgången på vatten och avrinning vilket i sin tur har inverkan på förutsättningarna för vattenförsörjning och avloppshantering. I de områden som får mer nederbörd förväntas utlakning av näringsämnen och humus att öka. Redan idag finns tydliga trender på ökande humushalter i ett stort antal ytvattentäcker vilket föranleder högre krav på vattenreningen i dessa regioners vattenverk. Med ökad nederbörd, skyfall och översvämningar ökar tillika risken för läckage av miljöfarliga ämnen från industriområden, deponier och andra förorenade områden. Mycket tyder på att det blir vanligare med skyfall, framför allt i samband med varmare somrar. (SMHI, 2010a).

6.2.2 Temperatur – luft

Lufttemperatur som klimatindikator visar att sedan år 1988 har alla år utom ett varit varmare eller mycket varmare än genomsnittet för nu gällande normalperioden vilket är i paritet med konsekvensen av en ökad växthuseffekt (SMHI, 2010b).

Temperaturen i luften påverkar råvattnets temperatur, i kombination med faktorer som omrörning/cirkulation av vattnet och djupet på intagningsledningen för råvattenkällan.

6.3 Vattenkvalitet

De mest överhängande farorna mot vattenkvaliteten utgörs av förändrade lukt- och smakproblem i både yt- och grundvatten, förekomst av giftalger, en ökad spridning av föroreningar samt att de mikrobiologiska riskerna ökar vid skyfall, översvämningar och högre vattentemperaturer. Både kvaliteten och tillgången på dricksvatten påverkas vid torrare somrar och då havsnivån ändras. I kustnära och låglänta områden ökar risken för saltvatteninträngning i vattentäcker. (SMHI, 2010).

Vattnet syresätts främst genom omrörning, till exempel vindpåverkan och vattenfall, samt genom växternas fotosyntes (Vattenvård Kemi, 2000). Den mängd syrgas som kan lösas i vatten är beroende av vattentemperatur, salthalt och atmosfärtryck (Hammer & Hammer, 2001). Vattnets förmåga att lösa syre minskar med ökad temperatur och ökad salthalt (ibid). Tillräcklig tillgången till syre är en förutsättning för en tillfredsställande biokemisk nedbrytningsprocess av organiskt material ska vara möjlig (Huisman *et al*, 1974; Twort *et al*, 2000). Vid den biologiska nedbrytningsprocessen förbrukas syre (Vattenvård Kemi, 2000).

Inkommande råvattens pH-värde är av avgörande betydelse för exempelvis val av fällningskemikalie och grad av pH-justering. Vattnets pH-värde regleras kontinuerligt under vattenreningsprocessen för att optimera reningen (Sydvatten, 2009).

6.3.1 Temperatur - vatten

Temperatur är en parameter som har verkan på mikroorganismers överlevnad och tillväxt, vilket i sin tur påverkar risken för vattenburen smitta. För varje 10°C temperaturökning fördubblas tillväxthastigheten för bakterier (om ingen annan tillväxtfaktor är begränsande). Däremot när det gäller överlevnad ökar den vid lägre temperatur beroende på en mindre konkurrens mellan olika mikroorganismer då färre är anpassade till levnad i lägre vattentemperaturer. Vid lägre temperaturer ökar således risken för vattenburen smitta och vid högre temperaturer minskar risken för vattenburen smitta (Svenskt Vatten, 2008).

Vattentemperaturen har direkt påverkan på vattnets förmåga att lösa syrgas och indirekt effekt på den biologiska aktiviteten som är temperaturberoende (Bydén, Larsson & Olsson, 2003). Hög vattentemperatur ger upphov till ökad mikrobiologisk aktivitet som exempelvis biofilmbildning och mikrobiologisk korrosion, ökad hastigheten på kemiska reaktioner, till exempel klorförbrukning och bildning av klororganiska föreningar samt förstärker eventuell förekomst av lukt och smak (Livsmedelsverket, 2006). Reduktionen av sjukdomsframkallande mikroorganismer blir bättre ju varmare vattnet är beroende på den ökade biologiska aktiviteten i filtret (Kärrman *et al*, 2004). Huisman *et al* (1974) anser att gynnsamma temperaturer främjar tillväxten av mikroorganismer, inklusive patogena sådana. Därför är det oftast bättre att arbetet med sandpåfyllnad av tvättad sanden sker under vintern även om arbetsvillkoren är oangenämare (ibid). Andersson (1998) framlägger förutom den ökade biologiska aktiviteten vid högre temperaturer, dessutom ett påpekande att den ökade aktivitet kan medföra en tillväxt av mikroorganismer och alger som ökar igensättningar i långsamfilter.

Vid låga temperaturer reduceras långsamfilters reningspotential drastiskt och mikrobiologiska processer samt kemisk aktivitet avtar i långsamfiltret (Huisman *et al*, 1974). Vintertid när

vattnet är kallt kan problem uppstå när den biologiska aktiviteten minskar eller helt avstannar. (Kärroman *et al*, 2004). Mognadstiden i ett rensat långsamfilter kan uppgå till flera veckor och då råvattnet håller låg temperatur kan mognadstiden vara flera månader till ett halvår innan mikroflora har etablerats (Jabur *et al*, 1999). Vattenreningsprocessen influeras i hög grad av temperaturvariationer, till exempel låga temperaturer förorsakar komplikationer med flockningen (Svenskt Vatten, 2008).

Svenskt Vatten (2008) anger att riktvärde för temperatur på råvatten är mindre än 12°C. Gränsvärde på utgående dricksvatten till 20 °C (Livsmedelsverket, 2006).

6.3.2 Färgtal

Vatten brunfärgas av humusämnen, samt järn- och manganföreningar. Färgvärdet kan stipuleras genom absorbansmätning i optiska mätinstrument, genom en standardiserad brun färglösning av kloroplatinajon eller genom okulärbesiktning av vatten i en flaska. (Bydén *et al*, 2003).

Vattnets färgtal härrör delvis av förekomst och sammansättning hos det organiska materialet i vattnet men även av färgade partiklar såsom järn- och manganföreningar. Råvatten med högt färgtal kan medföra beredningstekniska svårigheter i vattenreningsprocessen. (Svenskt Vatten, 2008).

Skillnader i vattenfärg beror i huvudsak på klimat, markernas jordmån och vegetationstyp men även interna processer i vattensystemen såsom sedimentation och mineralisering påverkar. I myr- eller skogsklädda områden med få sjöar, med andra ord, områden med stora kolförråd i marken och korta omsättningstider på vattnet är förekomsten av humushalter hög. Under 1990-talet fick en del vattenverk reningsproblem på grund av att råvattnet blev alltmer brunfärgat, ett problem som kvarstår än idag. (Svenskt Vatten, 2004).

Gränsvärdet gällande färg för utgående dricksvatten är 15 mg/l Pt (Livsmedelsverket, 2006).

6.3.2.1 Färganalyser vid Ringsjöverket

Vid Ringsjöverket analyseras vattnets färg dels genom vattenprover som skickas till ett externt ackrediterat laboratorium som med ackrediterade analyser redovisar färgtalet med enheten *mg Pt/l*, dels genom Ringsjöverkets interna laboratorium där de interna analyserna rapporterar färgtalet som *absorbans/m vid våglängden 436 nm*. Siffervärdena för dessa olika färganalyser kan inte jämföras rakt av men båda metoderna påvisar förändringar i färgvärdena tillfredsställande. (Pott, pers.kom.2010).

Interna analyser görs även med avseende på organiskt material som inte bidrar till okulär färg i vattnet, till exempel fulvosyror. Denna analys redovisas som *UV-absorbans/m vid våglängden 254 nm*. *UV-absorbansen* respektive *färgtalet* är två olika analyser där olika ämnen bidrar, men ändå är de förbundna. Vid Ringsjöverkets reningsprocess används *UV-absorbans* som styrparameter för att hålla resultatet av den kemiska fällningen konstant. Det vill säga, fällningskemikalien styrs direkt av denna parameter för att minimera halten organiskt material som släpps ut på vattenledningsnätet. (Pott, pers.kom.2010).

6.3.3 Turbiditet

Turbiditet är ett mått på vattnets innehåll av suspenderade partiklar som till exempel mineralpartiklar eller plankton (Vattenvård Kemi, 2000). Framför allt bildas turbiditet av partiklar som är så små att de är osynliga för blotta ögat men ändå så stora att de påverkar ljusbrytningen i vattnet (Hult, 1998). FNU är den enhet Svensk Standard rekommenderar som enhet för turbiditet (Bydén *et al*, 2003). FNU är ekvivalent med enheten FTU (*ibid*).

Huisman *et al* (1974) menar att långsamfiltrering fungerar bäst då turbiditetsvärdet understiger 10 FNU. Twort *et al* (2000) instämmer, men påpekar dessutom att råvatten med turbiditetsvärde överstigande 10 FNU kräver någon form av förbehandling före långsamfiltrering. En turbiditet över 20 FNU på utgående dricksvatten indikerar allvarliga brister i vattenberedningen (Livsmedelsverket, 2006; Hult, 1998). Gränsvärde på utgående dricksvatten är 0,5 FNU (Livsmedelsverket, 2006).

Mätning av turbiditet under vattenberedningsprocessen och i det utgående dricksvattnet är ett viktigt sätt att kontrollera att de mikrobiologiska barriärerna fungerar tillfredsställande (Livsmedelsverket, 2006).

6.3.4 Lukt och smak

Fyra faktorer som påverkar konsumenternas uppfattning om dricksvattnets beskaffenhet är: färg, turbiditet, lukt och smak. Dricksvattnet ska vara estetiskt tilltalande och smaka gott. (Hult, 1998).

Lukt är en parameter som kan klassificeras som subjektiv och osäker. Men luktsinnet är mycket känsligt och därför ger ett lukttest utfört under standardiserade premisser viktig information om förekomst av till exempel naturliga luktämnen och organiska föroreningar. (Svenskt Vatten, 2008).

Många lukter och smaker härstammar från naturliga föroreningar som nedbrytning av växter, alger och mikrosvampar. Särskilt blågröna alger och actinomycetes närvaro i råvatten orsakar en tydlig jordig och unken lukt och smak. Råvatten som kontaminerats med föroreningar från jordbruk och industrier kan också orsaka påtagliga lukt- och smakproblem vilka ofta förvärras av klordesifiering där klor i sig själv ofta förorsakar klagomål på lukt och smak. (Twort *et al*, 2000).

Det finns ett antal faktorer som var för sig eller i kombination kan förorsaka lukt- och smakproblem i dricksvattnet: kvaliteten på råvattnet, byte av råvattenkälla, mikroflora, temperaturskiftningar, omsättningshastighet i de kommunala ledningssystemen samt ledningsmaterial (Sydvatten, 2010d).

Ringsjöverket använder doftbänk för kontroll av lukt på inkommande råvatten och snabbfiltrat samt lukt och smak på utgående renvatten (Sydvatten, 2009). Vattenproverna som ingår i doftbänken är uppvärmda.

Anmärkning *svag* lukt och *svag* smak hos användaren indikerar någon form av påverkan vars orsak bör undersökas (Livsmedelsverket, 2006).

7. RESULTAT

7.1 Historik långsamfilter Ringsjöverket

7.1.1 Rensningsfrekvens Ringsjöverket

Mellan år 1999 och 2009 utfördes sammanlagt 581 rensningar på Ringsjöverkets sexton långsamfilter. Av dessa 581 är 93,1 % *skumning*, 2,8 % *omläggning*, 1,7 % *djupgrävning*, 1,0 %, *dubbelskumning*, 0,5 % *kedjedragning* och 0,9 % *frysning*, se bilaga 1-tabell 1 och 2.

Under tidsperioden år 1999-2009 utfördes flest antal rensningar per år, år 2005 med totalt 64 rensningar, näst flest var år 1999 med 60 stycken. År 2001 utfördes minst antal rensningar av Ringsjöverkets långsamfilter, 44 rensningar mot år 2003 som hade näst minst antal rensningar med 47 stycken.

Mellan år 1999 och 2009 utfördes flest rensningar i långsamfilter 1, LF 1, med 43 rensningar vilket ger ett medelvärde på 3,9 rensningar/år. Långsamfilter 3, LF 3, hade näst flest antal rensningar, 42 vilket ger ett snitt på 3,8 rensningar per år. Lägst antal rensningar utfördes i långsamfilter 15, LF 15, 31 stycken vilket ger 2,8 rensningar/år i medelvärde. Näst lägst hade långsamfilter 12, LF 12, (tillsammans med långsamfilter 8) med 32 rensningar på 11 år vilket ger ett genomsnitt på 2,9 rensningar.

Långsamfilter med *flest* (LF 1), *näst flest* (LF 3), *minst* (LF 15) och *näst minst* (LF 12) rensningar fördelades antalet rensningar per år visas i tabell 1.

Tabell 1. Frekvenstabell över totala antalet rensningar per år och långsamfilter (LF) samt medelvärde

År	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Summa rensningar per filter	Medeltal rensning per filter
LF 1	6	4	3	4	3	4	4	4	3	4	4	43	3,9
LF 3	6	5	3	4	3	3	4	4	3	4	3	42	3,8
LF 12	2	2	2	3	3	3	4	3	3	4	3	32	2,9
LF 15	3	3	3	3	3	2	4	3	3	2	2	31	2,8

Källa: Hallberg, 2010

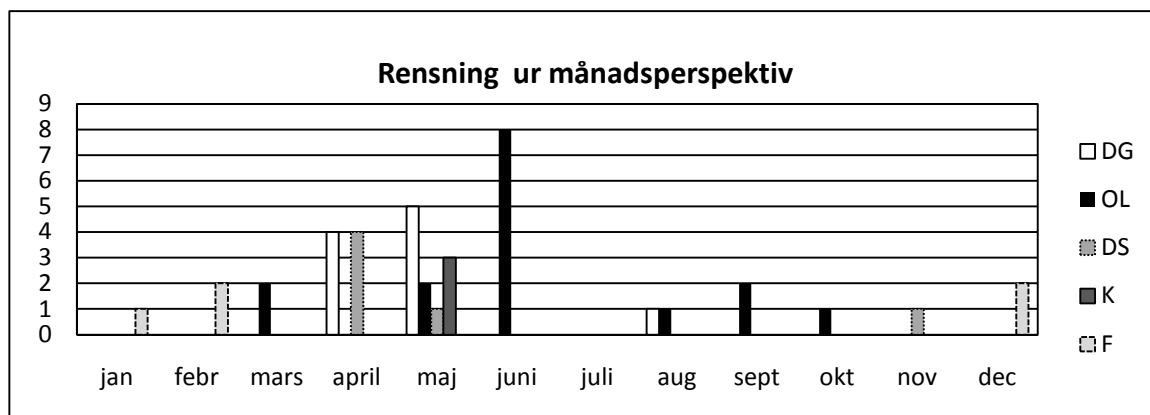
7.1.2 Rensningsmetod ur tidsperspektiv

Utöver de 541 *skumning* som utfördes under åren 1999-2009 företogs under samma tidsperiod dessutom 10 *djupgrävning* (DG) varav 50 % utfördes i maj, 16 *omläggning* (OL) varav 50 % utfördes under juni månad, 6 *dubbelskumning* (DS), 5 *frysning* (F) och 3 *kedjedragning* (K) (tabell 2 samt bilaga 1-tabell 2). *Dubbelskumning* utfördes som testrensningsmetod enbart under år 2006 och användes sedan inte mer.

Frånsett *skumning* företogs 40 rensningar med annan rensningsmetod varav majoriteten, 31 av 40, utfördes mellan april och september, se tabell 2. Det innebär bland annat att de rensningsmetoder, *djupgrävning* och *omläggning* vars teknik medför ett större ingrepp i långsamfiltrens sandbädd, utfördes under den varma årstiden, april till september.

Fördelning av antal och tidpunkt för respektive rensningsmetod under år 1999-2009 redovisas i tabell 2.

Tabell 2. Redovisning beträffande antal och tidpunkt för respektive rensningsmetod utöver skumning, under år 1999-2009



Källa: Hallberg, 2010

Tabell 3 redogör för rensningsmetod (utöver skumning) samt tidpunkt (månad och år) då rensningen utfördes i de långsamfilter med *flest* (LF 1), *näst flest* (LF 3), *minst* (LF 15) och *näst minst* (LF 12) rensningar. Tom ruta betecknar att enbart skumning har utförts under året.

Tabell 3. Redovisning gällande rensningsmetod utöver skumning och tidpunkt, under år 1999-2009

År	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005		2006	2007	2008	2009
LF 1	OL juni						DG maj	F febr.	DS april			K maj
LF 3					DG maj				DS april			K maj
LF12							OL juni					
LF15		F dec.								DG aug.		

Källa: Hallberg, 2010

7.1.3 Drifftid Ringsjöverket

Årsmedelvärde beträffande drifftid mellan rensningarna beräknades för långsamfilter med *flest* (LF 1), *näst flest* (LF 3), *minst* (LF 15) och *näst minst* (LF 12) antal rensningar, baserat på en 11-års period, år 1999-2009, med undantag för LF 3 vars uträknade medelvärde baseras på 10 år på grund av ofullständig data i Ringsjöverkets driftsystem *Cactus* under år 2007.

Tabell 4. Genomsnittlig drifftid (antal dagar) mellan rensningar, under år 1999-2009

År	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
LF 1	50	72	90	72	90	70	57	72	91	72	90
LF 3	51	60	91	72	74	91	72	72	*	72	91
LF12	121	121	118	91	90	90	70	91	90	72	91
LF15	91	90	91	91	91	121	71	91	78	121	120

Källa: Ringsjöverket, 2010a

* = driftstopp i långsamfiltret av annan anledning än rensning såsom underhåll.

Genomsnittlig drifftid mellan rensningarna för LF 1 och LF 3 var 75 dagar, sett ur 10/11-års perspektiv. Motsvarande 11-årsperiod för LF 12 var drifftiden mellan rensningarna, 95 dagar och för LF 15, 96 dagar. År med få rensningar resulterar i längre drifftid.

7.2 Hydrauliska faktorer

Hydrauliska faktorer som flöde, hastighet och motstånd studerades och utvärderades samt årsmedelvärde och summerat medeltal beräknades för långsamfilter med *flest* (LF 1), *näst flest* (LF 3), *minst* (LF 15) och *näst minst* (LF 12) antal rensningar, baserat på en 11-års period, år 1999-2009 (Ringsjöverket, 2010a).

7.2.1 Flöde

Utifrån Ringsjöverkets driftsystem, *Cactus*, uträknades ett årsmedelvärde över flödet i respektive långsamfilter och år, samt summerat medelvärde för år 1999-2009, se tabell 5.

Ekvation: summan av flöde under årets alla dagar/årets antal dagar

* = beräknat med ekvation: summa årsmedelvärde/antal år

Tabell 5. Årsmedelvärde flöde l/s per filter och år samt summerat medelvärde för år 1999-2009 per filter

	År											Medelvärde för år 1999-2009*
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
LF 1	114	121	101	83	84	79	64	90	80	82	74	88
LF 3	118	120	101	86	66	84	90	90	80	80	76	90
LF 12	78	75	81	88	85	84	86	87	85	80	75	82
LF 15	78	74	85	87	85	84	89	88	71	84	76	82

Källa: Ringsjöverket, 2010a

Då medelvärdet för flödet under tidsperioden 1999-2009 studeras tenderar flödet till långsamfilter LF 1, LF 3, LF 12 och LF 15 att vara relativt lika. Av tabell 5 framgår dock att år 1999-2001 var flödet till LF 1 och LF 3 markant högre än till LF 12 och LF 15. Noterbart är också att år 1999 då LF 1 hade *flest* antal rensningar (6 st) och LF 12 hade *minst* (2 st), var flödet till LF 1 46 % högre jämfört med LF 12 (114 l/s jämfört med 78 l/s).

7.2.2 Hastighet/belastning

Med utgångspunkt i Ringsjöverkets driftsystem, *Cactus*, beräknades ett årsmedeltal över hastighet i respektive långsamfilter och år samt summerat medelvärde för år 1999-2009. Varje långsamfilter har en filteryta på 1500 m² (Ringsjöverket, 2006), se tabell 6.

Ekvation: vattenflöde (m³/h) per filter/filterarea (m²)

* = beräknat med ekvation: summa årsmedelvärde/antal år

Tabell 6. Årsgenomsnitt hastighet (m/h) per filter och år samt summerat medelvärde för år 1999-2009 per filter

	År											Medelvärde för år 1999-2009*
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
LF 1	0,27	0,29	0,24	0,20	0,20	0,19	0,15	0,22	0,19	0,20	0,18	0,21
LF 3	0,28	0,29	0,24	0,21	0,16	0,20	0,22	0,22	0,19	0,19	0,18	0,22
LF 12	0,19	0,18	0,18	0,21	0,20	0,20	0,21	0,21	0,20	0,19	0,18	0,20
LF 15	0,19	0,18	0,20	0,21	0,20	0,20	0,21	0,21	0,17	0,20	0,18	0,20

Källa: Ringsjöverket, 2010a

Medelvärde baserat på elva år, år 1999-2009 visar ungefärlig lika hastighet i långsamfilterna. Vid jämförelse mellan filter inom samma år, framkom markanta skillnader år 1999 och 2000 då långsamfilter med *flest* (LF 1) och *näst flest* (LF 3) antal rensningar, belastades betydligt mer jämfört med långsamfilter med *minst* (LF 15) och *näst minst* (LF 12) antal rensningar.

7.2.3 Motstånd/tryck

Ur Ringsjöverkets driftsystem, *Cactus*, uträknades ett årsgenomsnitt avseende motstånd i respektive långsamfilter och år samt summerat medelvärde för år 1999-2009, se tabell 7.

Ekvation: summa motstånd årets alla dagar/årets antal dagar

* = beräknat med ekvation: summa årsmedelvärde/antal år

Tabell 7. Motstånd/tryck (m) per filter och år samt summerat medelvärde för år 1999-2009 per filter

	År											Medelvärde för år 1999-2009*
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
LF 1	0,41	0,43	0,44	0,37	0,35	0,34	0,18	0,20	0,20	0,26	0,16	0,32
LF 3	0,42	0,49	0,44	0,33	0,20	0,19	0,21	0,24	0,16	0,24	0,15	0,28
LF 12	0,13	0,13	0,15	0,16	0,17	0,13	0,20	0,20	0,27	0,37	0,33	0,20
LF 15	0,18	0,19	0,14	0,12	0,15	0,13	0,19	0,15	0,23	0,26	0,36	0,19

Källa: Ringsjöverket, 2010a

Under år 1999-2004 var motståndet i LF 1 relativt högt i jämförelse med de andra långsamfiltren. LF 3 matchar dock LF 1:s medelvärde år 1999-2002. Generellt ligger LF 1 och LF 3 högre än LF 12 och LF 15 under den undersökta tidsperiodens första fyra år. Kommande år av tidsperioden var scenariot det omvända, dock inte fullt så markant skillnad i motstånd.

7.2.4 Konstruktionsjämförelse

Långsamfilter med *flest* (LF 1), *näst flest* (LF 3), *minst* (LF 15) och *näst minst* (LF 12) antal rensningar, är konstruktionsmässigt och åldersmässigt delvis olika. Ett av Ringsjöverkets äldsta långsamfilter är LF 12 som byggdes år 1963, se figur 2. LF 1 och LF 3 byggdes år 1968 i en annan konstruktion jämfört med LF 12, se figur 3. LF 15 är av samma konstruktionstyp som LF 1 och LF 3 trots att det byggdes betydligt senare, år 1995, se figur 3.

Resultatmässigt utifrån rensningsfrekvens (se tabell 1) är det äldsta långsamfiltret, LF 12 det näst bästa filtret med *näst minst* antal rensningar. Sandbädden i LF 12 är uppbyggd utav ett antal lager grus och sand med varierande fraktion till skillnad från sandbäddens konstruktion i LF 1, LF 3 och LF 15. Mellan LF 1 och LF 3 respektive LF 15 råder en ålderskillnad på 27 år.

7.3 Klimatfaktorer

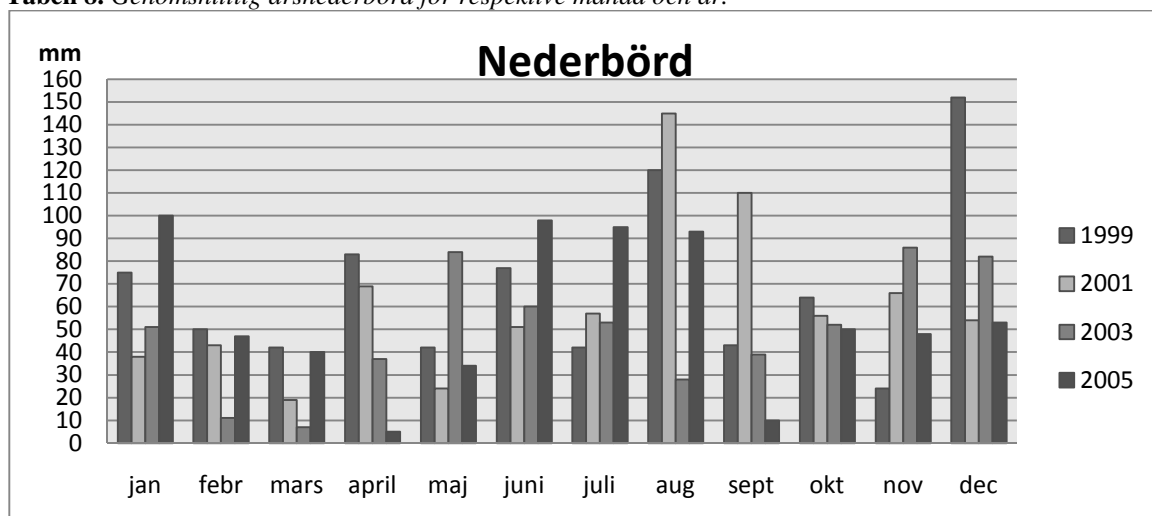
Klimatfaktorer som nederbörd och lufttemperatur undersöktes och utvärderades de år vilka befanns ha *flest* (år 2005), *näst flest* (år 1999), *minst* (år 2001) och *näst minst* (år 2003) antal rensningar totalt sett, se tabell 1.

7.3.1 Nederbörd

År 1999 var det mest nederbördsrika året av de fyra analyserade åren med 814 mm i årsnederbörd. Minst årsnederbörd föll under år 2003 med 590 mm. År 2001 och år 2005 var årsnederbörden 732 mm respektive 673 mm. Normal årsnederbörd i Skåne är 600-800 mm (Skåne, 2010) vilket innebär att år 2003 var årsnederbörden marginellt under det normala och år 1999 var det obetydligt över det normala.

December år 1999 var den nederbördsrikaste decembermånad av de analyserade åren, för övrigt inga topp- eller bottennoteringar nederbördsmissigt sett ur månadsperspektiv detta år. År 2001 var augusti och september avgjort nederbördsrikast augusti/septembermånad av de fyra åren. Exempelvis föll 145 mm regn i augusti år 2001, motsvarande 28 mm år 2003. I övrigt utmärks år 2003 såtillvida att mars och augusti var markant nederbördsfattigast mars/augustimånad. Motsvarande bottennotering av nederbörd gjordes år 2005 i april och september, se tabell 8.

Tabell 8. Genomsnittlig årsnederbörd för respektive månad och år.



Källa: Ringsjöverket, 2010a

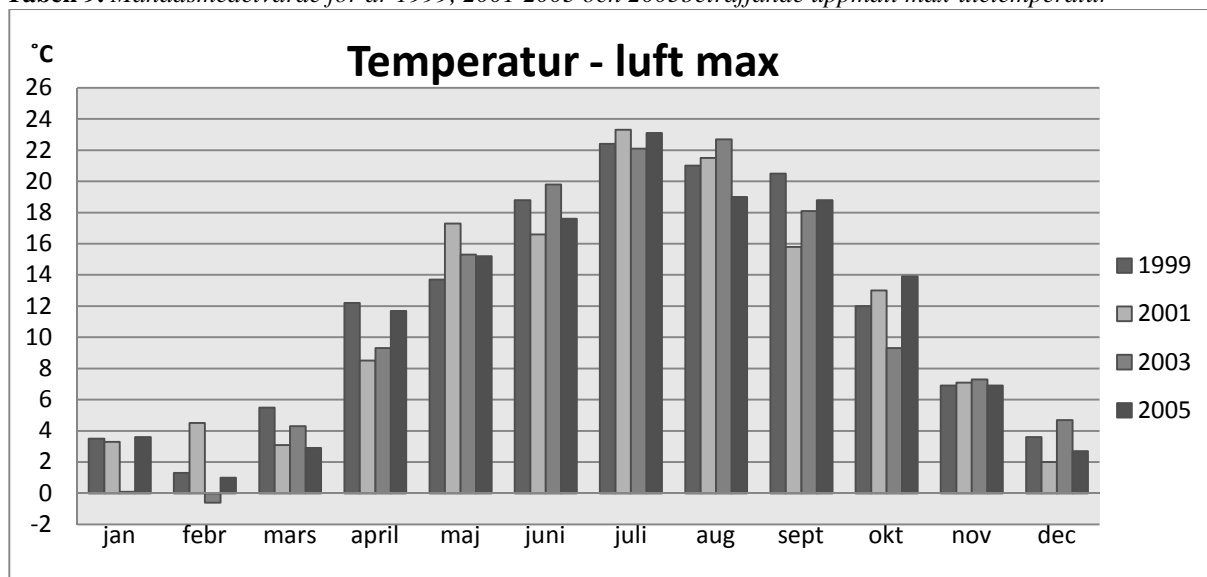
7.3.2 Temperatur - luft

Ett månadsmedelvärde beträffande *max- och mintemperatur* i luften uträknades för januari-december, år 1999, 2001, 2003 och 2005, se tabell 9 respektive tabell 10. Vid jämförelse mellan åren framträder relativt få och små variationer samt avvikelser åren emellan. Under år 1999, 2001, 2003 och 2005 förefaller sommarmånaderna, juni, juli och augusti, vara relativt snarlika temperaturmässigt sett.

År 1999 var april och september något varmare än de andra åren, framför allt *min-temperaturen* påvisar skillnaden.

År 2001, året med *minst* antal totala rensningar, utmärks obetydligt, dock har året kallast december och högst *max-temperatur* i juli jämfört med de andra tre åren. Januari, februari och oktober var kallast år 2003 jämfört med år 1999, 2001 och 2005. Samtidigt var november och december varmast i jämförelse med de andra tre åren. År 2005 var mars den kallaste marsmånad av de fyra åren. För övrigt utmärkte sig inte år 2005.

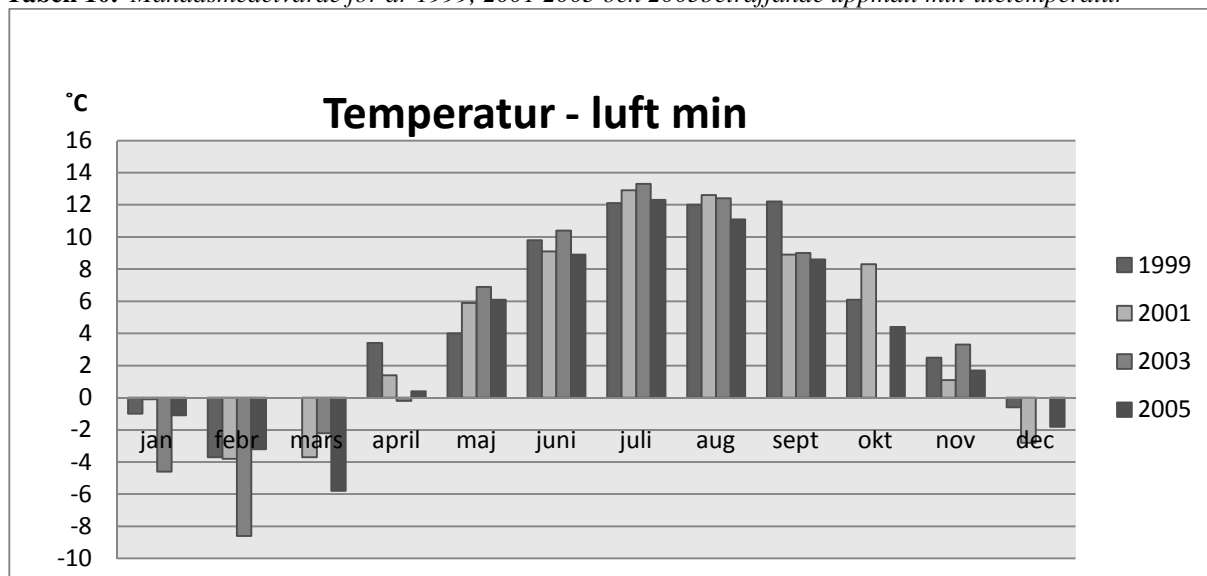
Tabell 9. Månadsmedelvärde för år 1999, 2001 2003 och 2005 beträffande uppmätt max-utetemperatur



Källa: Ringsjöverket, 2010a

Medelvärdet för *min-temperatur* mars år 1999, såväl som oktober och december år 2003, var medeltemperaturen 0 °C vilket framgår dåligt i tabell 10.

Tabell 10. Månadsmedelvärde för år 1999, 2001 2003 och 2005 beträffande uppmätt min-utetemperatur



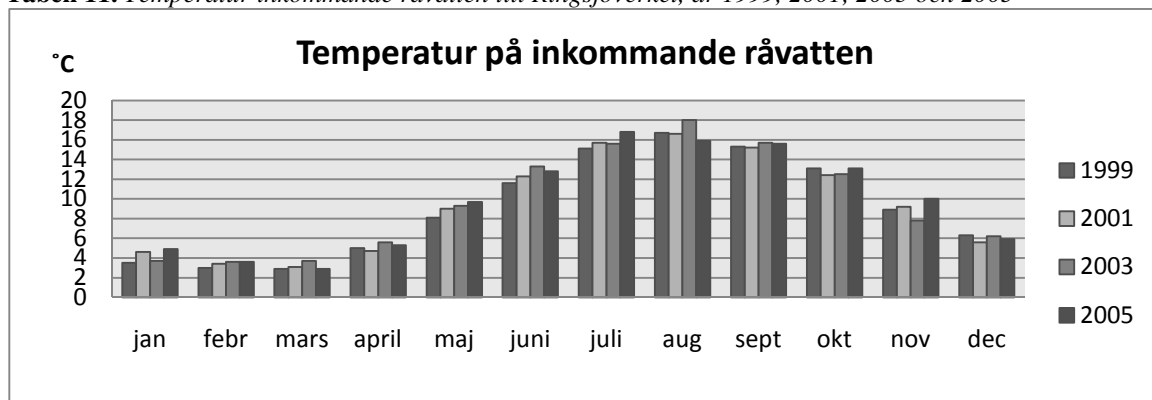
Källa: Ringsjöverket, 2010a

7.4 Vattenkvalitet

7.4.1 Temperatur – vatten

Temperaturen på inkommande råvatten för de utvalda fyra åren, 1999, 2001, 2003 och 2005 redovisas i tabell 11. Vattentemperaturen överskred riktvärdet 12 °C under juni – oktober i samtliga fall förutom juni år 1999. Högst temperatur på inkommande råvatten uppmättes i augusti år 2003, då till 18 °C, och som kallast var råvattnet i februari år 1999, med en temperatur på 3 °C.

Tabell 11. Temperatur inkommande råvatten till Ringsjöverket, år 1999, 2001, 2003 och 2005

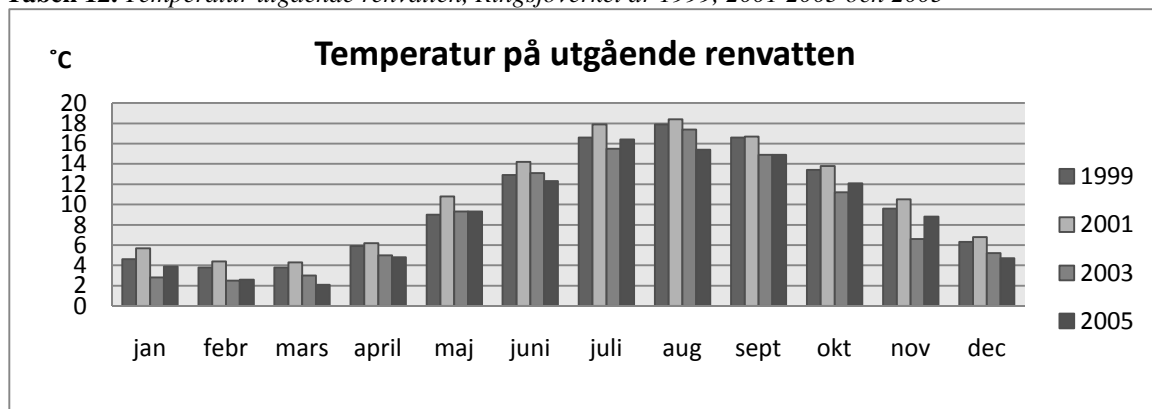


Källa: Ringsjöverket, 2010a

Temperaturen på utgående renvatten för de utvalda fyra åren, 1999, 2001, 2003 och 2005, understeg gränsvärdet 20 °C (Livsmedelsverket, 2006) med marginal. Högst temperatur på utgående dricksvatten uppmättes i augusti år 2001, då till 18,4 °C. Kallast var renvattnet i mars år 2005, då med en temperatur på 2,1 °C, se tabell 12.

År 2001, året med *minst* antal totala rensningar, utmärks såtillvida att högst temperatur på utgående renvatten uppmättes under samtliga månader under de analyserade åren.

Tabell 12. Temperatur utgående renvatten, Ringsjöverket år 1999, 2001 2003 och 2005



Källa: Ringsjöverket, 2010a

7.4.2 Färgtal

Färgtal mätt som *Absorbans/meter vid våglängd 436 nm* (en oackrediterad analysmetod) av Ringsjöverkets interna laboratorium redovisades följande färgtal för inkommande råvatten: År 1999 var årsmedelvärde för utförda mätningar 2,46. Motsvarande siffra år 2001 var 2,09. För år 2003 och år 2005 var genomsnittet 1,51 respektive 2,21. (Ringsjöverket, 2010a).

Färgtal mätt i *mg/l Pt* (standardiserad analysmetod) av ett externt ackrediterat laboratorium resulterade i följande färgtal gällande utgående dricksvatten: Ringsjöverket redovisade år 2008 färgtal på min <5 mg/ l Pt, max 6 mg/ l Pt och medianvärde <5 mg/ l Pt då råvattnet var hämtat från Bolmen (Sydvatten, 2009). Efter vecka 17 år 2009 användes Ringsjön som råvattenkälla varvid Ringsjöverket redovisade ett färgvärde på utgående dricksvatten till medianvärde på <5 mg/ l Pt vilket var exakt detsamma som året innan (Sydvatten, 2010c).

Sett till färgtal mätt i *mg/l Pt* på Ringsjöverkets två råvattenkällor har råvattnet i Bolmen, Ringsjöverkets primära råvattenkälla, ett relativt högt färgtal jämfört med reservvattentäkten, Ringsjön. Som jämförelse uppmättes årsmedelvärde av färgtalet år 2008 i Ringsjön till 41,7 mg/l Pt* och 105,8 mg/l Pt* på råvattnet i Bolmen (Sydvatten, 2009).

* = även här avses färgtal mätt av externt ackrediterat laboratorium med ackrediterad analysmetod.

7.4.2.1 UV-absorbans

Utifrån månadsrapporter (Ringsjöverket, 2010b) sammanställdes statistik beträffande organiskt material som inte bidrar med för ögat synbar färg, färgtal mätt *som UV-absorbans/meter vid våglängd 254 nm* vilket resulterade i följande:

Tabell 13. *UV-absorbans/m vid våglängd 254 nm vid Ringsjöverket*

År	Råvatten (E/m)	Utgående renvatten (E/m)
1999	35,34	4,17
2001	32,57	3,75
2003	26,82	3,40
2005	34,83	3,78

Källa: Ringsjöverket, 2010b

Av tabell 13, år 1999, framgår det att Ringsjöverkets vattenreningsprocess resulterade i en färgreduktion med 88,2 %. År 2001 var reduktionen 88,5 % Lägst färgreduktion påvisades år 2003 och högst reduktion år 2005, med 87,3 % respektive 89,1 %.

7.4.3 Turbiditet

Årsmedelvärde grumlighet (FTU) på råvatten för år 1999 avser endast del av detta år då grummel/turbiditet inte mättes av Ringsjöverkets laboratorium efter 1999-03-17. Medelvärde för tiden 1999-01-01---1999-03-16 uträknas till 0,711 FTU. Ett avvikande värde (2,3) från 1999-09-04 bedöms vara felaktigt registrerat och därmed exkluderat vid uträkningen. (Ringsjöverket, 2010a).

Beträffande år 2001, 2003 och 2005 finns inga mätvärden att redovisa eftersom mätning av grummel/turbiditet inte gjordes på råvattnet under dessa år (Ringsjöverket, 2010a).

Årsmedelvärde med avseende på turbiditet på utgående renvatten för de utvalda åren uträknades till följande värde:

Tabell 14. Årsmedelvärde turbiditet (grummel) gällande utgående renvatten Ringsjöverket

År	Utgående renvatten (FTU)
1999	0,075
2001	0,069
2003	0,052
2005	0,054

Källa: Ringsjöverket, 2010a

Som jämförelse mellan Ringsjöverkets två råvattenkällor kan nämnas år 2008 då uppmättes turbiditet 1,3 FNU i sjön Bolmen och 9,6 FNU i Ringsjön (Sydvatten, 2009).

År 2008 redovisade Ringsjöverket ett turbiditetsvärde på utgående dricksvatten på min <0,10 FNU max 0,20 FNU och medianvärde <0,10 FNU då råvattnet var hämtat från Bolmen (Sydvatten, 2009). Efter vecka 17 år 2009 användes Ringsjön som råvattenkälla och då rapporterade Ringsjöverket ett turbiditetsvärde på utgående dricksvatten till medianvärde på 0,10 FNU (Sydvatten, 2010c).

7.4.4 Lukt och smak

Dricksvattnet som Ringsjöverket levererar uppfyller alla kvalitetsmål och är godkänt enligt Livsmedelsverkets normer. Ändå har det förekommit enstaka klagomål på lukt och smak av klor. Ringsjöverket menar att det är helt normalt att vattnets smak varierar på grund av råvattnets egenskaper samt att vintertid är vattnet kallare vilket kan ge upphov till ökad lukt och smak. (Sydvatten, 2010d).

Vecka 17 år 2009 övergick Ringsjöverket till att hämta råvatten från Ringsjön, verkets reservvattentäkt, istället för ordinarie råvattenkälla Bolmen (Sydvatten, 2010c). Byte av råvattenkälla kan ha förorsakat lukt- och smakproblem i dricksvattnet eftersom exempelvis råvattenkvaliteten är annorlunda och mikroflora i ledningsnätet förändras (Sydvatten, 2010d).

8. DISKUSSION

Det råder relativt stor skillnad i totala antalet rensningar per år, 64 respektive 44 rensningar vilket innebär att 20 stycken fler rensningar utfördes under år 2005, det år med *flest* rensningar (se tabell 1). Det betyder att under år 2005 utfördes mer än en rensning per vecka vid Ringsjöverket. Men varken *högsta* rensningsfrekvens år 2005 eller *lägsta* rensningsfrekvens år 2001, utmärks utifrån klimat- eller vattenkvalitetsfaktorer. Möjligen kan vattentemperaturen under år 2001 ha inverkat/påverkat men det är tämligen osäkert att anföra. Med hänseende till de hydrauliska faktorerna för utvalda långsamfilter framkom inget signifikant för år 2005. Däremot utmärks år 1999 då flöde (se tabell 5), hastighet/belastning (se tabell 6) och motstånd (se tabell 7) uppvisade klart högre värde i långsamfilter med *flest* (LF 1) och *näst flest* (LF 3) antal rensningar jämfört med långsamfilter med *minst* (LF 15) och *näst minst* (LF 12) antal rensningar. Här i de hydrauliska faktorerna kan förklaring finnas varför LF 1 och LF 3 rensades dubbelt så ofta som LF 12 och LF 15 år 1999. Överlag var värdet för de hydrauliska faktorerna markant högre för de *flest* rensande filterna, LF 1 och LF 3, än för de med *lägst* antal rensningar, LF 12 och LF 15, i början av den undersökta tidsperioden. Denna skillnad i hydrauliska faktorer utjämnades dock under de senare åren i tidsperioden (se tabell 5-7). Att exempelvis flöde ensamt bidrar till utvecklingen av rensningsfrekvensen är otillförlitligt. Till exempel år 2008 var flödet i samtliga undersökta filter i det närmaste lika, där LF 15 hade marginellt högst flöde 84 l/s men ändå rensades filtret hälften så många gånger jämfört med de andra tre långsamfiltren, 2 rensningar jämfört med 4 (se tabell 1 och 5). Förvisso kan högt flöde tolkas som rensningsframkallande orsak om år 1999 och 2000 gällande LF 1 och LF 3 (tabell 5) beaktas. Men samtidigt är både motstånd (tabell 7) och hastighet/belastning (tabell 8) för dessa år och filter också betydligt högre än motsvarande värde är för LF 12 och LF 15 vilket i sin tur kan vara bidragande orsak till antalet rensningar. Att lyfta ut enskilda hydrauliska faktorer som orsak till ökat rensningsbehov och förkortad drifttid är inte enligt min bedömning att rekommendera. Snarare bör samtliga hydrauliska faktorer som grupp medföras i diskussionen framför allt med tanke på den oenighet som råder bland referenserna, framförallt gällande hastighet/belastning (se avsnitt 6.1.2).

Möjligen kan tidpunkten för rensningstillfället ha påverkat rensningsfrekvensen då flertalet av de mer omfattande rensningsmetoderna som *omläggning* och *djupgrävning* utfördes under den varma årstiden (se tabell 2). Vid *djupgrävning* är långsamfiltret avvattnat en längre tid och även om rensningen har skett i april är tidpunkten inte optimal eftersom det går mot varmare tider då. *Djupgrävning* utförd under den varma årstiden avråder Huisman (1974) ifrån. Teoretiskt sett är inverkan/påverkan årstidsbundet till viss del, med tanke på de faktorer som påverkar och gynnar tillväxt i långsamfilter, både på gott och ont. Sker då även rensning av långsamfilter till största delen under den varma årstiden kan detta bidra till snabbare rensningsbehov, något som Huisman (1974) också påpekar. Förslagsvis framför jag att rensning *omläggning* och *djupgrävning* bör ske tidigast i slutet av september och utförs under den kalla årstiden för att se om antalet rensningar sjunker. Eventuellt sker ingen förändring eftersom igensättningsorsaken kan bero på andra orsaker än den ökade tillväxt som sker i långsamfilter under varmare årstid. Metoden att reglera motståndet i långsamfiltret, *kvotning*, kan störa och förändra vattenflödet vilket i sin tur kan leda till förändrad och/eller försämrad vattenkvalitet något som inverkar/påverkar vattnets karaktär och därmed de faktorer och förutsättningar vilka långsamfiltrets rensningspotential skapats utifrån. Flertalet referenser,

Jabur *et al* (1999); Huisman *et al* (1974); VAV (2007), påtalar vikten av kontinuerlig och jämn drift som en förutsättning för optimal drifttid.

LF 15 som har *minst* antal rensningar tillhör de senast byggda och är därmed yngst, vilket kan förklara det goda resultatet beträffande rensningsfrekvens. Samtidigt är dock långsamfilter med *flest* (LF 1) respektive *näst flest* (LF 3) antal rensningar av samma konstruktion (se figur 3) vilket kan tyda på att konstruktionen som sådan inte håller lika länge som en flerlayerskonstruktion (se figur 2) gör. En intressant spekulation som framtiden får utvisa, dementera alternativt bekräfta min teori.

När det gäller klimatfaktorernas inverkan/påverkan på drifttid för Ringsjöverkets långsamfilter framkommer inga entydiga svar. Temperatur, både luft- och vattentemperatur, är viktig för långsamfilternas reningspotential men avseende lufttemperatur för åren 1999-2009 finns inget anmärkningsvärt att notera. Ett eventuell samband mellan nederbörd – färgtal och turbiditet kan inte bekräftas eftersom år 2005 med *flest* antal rensningar inte var det mest nederbördsrika året (tabell 8), inte hade inte högst färgtal på inkommande råvatten eller utgående vatten (tabell 13) och inte hade högst turbiditetsvärde (tabell 14). Däremot uppmättes år 2005 högst färgreduktion 89,1 %. Om ett samband förelegat mellan nederbörd - färgtal och turbiditet borde år 1999 varit det år som hade högst rensningsfrekvens istället för år 2005. Viss självkritik bör dock framläggas angående hur jag i arbetet har analyserat eventuella kopplingar och paralleller mellan nederbörd och färgtal. För korrekt jämförelse borde nederbördstal gällande Småland där sjön Bolmen ligger ha använts, inte mätvärde från Ringsjöverket i Stehag som ligger nästan mitt i Skåne. Av denna anledning kan ett eventuellt samband mellan dessa faktorer inte påvisas utifrån den av mig använda statistik gällande nederbörd och färgtal. Exempelvis kan nederbördsrik period i Småland eventuellt ha resulterat i ökad humus utsöndring från omgivande myrmarker till Bolmen vilket kan medföra höjning av färgtalet, ett presumtivt scenario som inte kan utläsas av examensarbetet.

Utifrån vattenkvalitet som inverkan/påverkan faktor beträffande långsamfilters drifttid kan ett samband föreligga mellan vattentemperatur och rensningsfrekvens och påvisas då år 2001, året med *minst* antal totala rensningar, genomgående hade högst temperatur på utgående renvatten (tabell 8). Huisman *et al* (1974), Jabur *et al* (1999) och Svenskt Vatten (2008) är alla exempel på referenser som påtalar vattentemperaturens inverkan/påverkan på långsamfilterets funktion. Att inkommande råvatten år 2001 (tabell 7) inte genomgående hade högsta vattentemperatur kan tolkas som att temperaturvariationer är gynnsamt då olika funktioner och processer är optimala vid olika temperaturer. Exempelvis är den biokemiska nedbrytningsprocessen i ett långsamfilter beroende av syre (Huisman *et al*, 1974) och mer syre löses ut i ett kallt vatten (Hammer *et al*, 2001). Medan hög vattentemperatur befrämjar den mikrobiologiska aktiviteten i filtret (Livsmedelsverket, 2006).

Beträffande faktorer som inverkar/påverkar långsamfilter och dess drifttid är fortsatta studier av vattenkvaliteten att rekommendera då viktiga parametrar som vattnets innehåll av syre och råvattnets pH-värde inte har beaktats i detta arbete. Vidare förordas att parametrar som påvisar mikrobiologisk aktivitet i långsamfiltret bör följas under årets alla månader för att klargöra eventuella funktionsförändringar i långsamfiltrets sandyta orsakade av faktorer som exempelvis vattentemperatur. Framtida studier lär frambringa värdefull kunskap och ökad förståelse för den komplexa vattenreningsprocessen som försiggår i långsamfilter och för den reningspotential som ett långsamfilter besitter.

9. SLUTSATS

Examensarbetet belyser teoretiskt de hydrauliska-, klimat- och vattenkvalitetsfaktorer som inverkar/påverkar drifttiden samt klargör på vilket sätt dessa kan involveras i vattenreningsprocessen. Däremot i praktiken, utifrån ett relationsförhållande historik hämtad från Ringsjöverkets långsamfilter och dess driftdokumentation i förhållande till undersökta faktorer, förefaller framförallt de hydrauliska faktorerna inverka/påverka, eller åtminstone är dessa faktorer lättast att bekräfta och befästa sambandsmässigt med drifttidens utveckling.

Slutsatser utifrån examensarbetet redovisas i punktformat enligt följande:

- Samband mellan drifttid och de hydrauliska faktorerna tenderar att föreligga.
- Långsamfilter av flerlayerskonstruktion kan vara till fördel hållbarhetsmässigt.
- Klimatfaktorer borde studeras vidare och då med nederbördsstatistik hämtad från trakten kring sjön Bolmen i Småland.
- Undersökta vattenkvalitetsfaktorerna häri examensarbetet påvisar vaga kopplingar mellan vattentemperatur och drifttid.
- Examensarbetet exponerar behovet av fortsatta studier avseende vattenkemiska och mikrobiologiska parametrar för att komplettera bilden av hur och i vilken utsträckning vattenkvalitetsfaktorer inverkar/påverkar drifttiden i långsamfiltren.

REFERENSER

- Andersson, E. (1998). *Långsamfilters reningspotential*. VA-Forsk Rapport Nr 1998:04. VAV AB. Stockholm. ISBN 91-89182-00-6. ISSN 1102-5638
- Andersson, K. (2006). *Igensättning av långsamfilter i Östby vattenverk i Kramfors - studie av påverkande faktorer*. Uppsala universitet, Institutionen för informationsteknologi. <http://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:132266/FULLTEXT01> 2010-03-10
ISSN 1401-5765
- Berggren, D., Jonsson E., Johansson, P-O., Gustafsson, J P. & Abrahamsson, J. (2004). *Filter av olivinsand för avskiljning av naturligt organiskt material vid dricksvattenrening*
VA - Forsk rapport Nr 2004-01. Svenskt Vatten AB. Stockholm. http://vav.griffel.net/filer/VA-Forsk_2004-01.pdf 2010-03-10
- Bydén, S., Larsson, A-M. & Olsson, M. (2003). *Mäta vatten. Undersökning av sött och salt vatten*. 3:e uppl. Göteborgs universitet. Institutionen för miljövetenskap och kulturvård. ISBN 91 88376 22 2
- Di Bernardo, L. & Alcócer Carrasco, N.E. (1996). *Variable versus Constant Supernatant Water Layer in Slow Sand Filtration*. In Graham, N. & Collins, R. (Eds.), *Advances in slow sand and alternative biological filtration*. (pp 245-253). Great Britain by Bookcraft (Bath) Ltd. ISBN 0-471-96740-8
- Hallberg, O. (2010). Intern statistik över antal rensningar och rensningsmetoder för långsamfilterna på Ringsjöverket. Underhållschef/stf.platschef. Ringsjöverket, Stehag.
- Hammer, M J & Hammer, M J Jr. (2001). *Water and Wastewater Technology*. 4th ed. New Jersey. Prentice Hall. ISBN 0-13-025867-9
- Hansson, G. (2000). *Konstgjord grundvattenbildning. Hundraårig teknik inom svensk dricksvattenförsörjning*. VA-Forsk rapport Nr 2000-5. VAV AB. Stockholm.
- Huisman, L. & Wood, W.E. (1974) *Slow Sand Filtration*. World Health Organization WHO, Geneva. ISBN 9241540370. Numera endast tillgänglig på internet: www.who.int/water_sanitation_health/publications/ssf/en/index.html 2010-03-18
- Hult, A. (1998). *Dricksvattensituationen i Sverige*. VA-Forsk rapport Nr 1998:15. VAV AB i samarbete med Livsmedelsverket. Stockholm. ISBN 91-89182-11-1. ISSN 1102-5638
- Jabur S H. & Mårtensson, J. (1999). *Optimering av långsamfilter*. VA-Forsk rapp.Nr1999-17. VAV AB. Stockholm. ISBN-nummer: 91-89182-31-6. ISSN-nummer: 1102-5638
- Jabur S H. & Mårtensson, J. (2003). *Rensningsmetoder för långsamfilter*. VA-Forsk rapport Nr 2003-39. Stockholm. Svenskt Vatten AB. ISBN-nummer: 91-85159-03-4. ISSN-nummer: 1102-5638

- Kors, L.J., Wind, A.P.M. & van der Hoek, J.P. (1996). *Hydraulic and Bercterial Performance Affected by Resanding, Filtration and Pretreatment* In Graham, N. & Collins, R. (Eds.), *Advances in slow sand and alternative biological filtration*. (pp 255-264). Great Britain by Bookcraft (Bath) Ltd.
ISBN 0-471-96740-8
- Kärrman, E., Bergstedt, O., Westrell, T., Heinicke, G. Stenström, T-A. & Hedberg, T. (2004). *Systemanalys av dricksvattenförsörjning med avseende på mikrobiologiska barriärer och miljöpåverkan*. VA-Forsk-rapport Nr 2004-12. Svenskt Vatten AB. Stockholm.
ISBN-nummer 91-85159-18-2. ISSN-nummer 1102-5638
- Livsmedelsverket (2006). *Vägledning Dricksvatten Vägledning till Livsmedelsverkets föreskrifter (SLVFS 2001:30) om dricksvatten*
<http://www.slv.se/upload/dokument/livsmedelsforetag/vagledningar/V%c3%a4gledning%20drickevattenf%c3%b6reskrifterna%202006-03-01.pdf> 2010-04-12
- McMeen, C.R. & Benjamin, M.M. (1996). *Removal of Natural Organic Matter by Slow Sand Filtration Through Iron-Coated Olivine*. In Graham, N. & Collins, R.(eds). *Advances in slow sand and alternative biological filtration*. (pp 89-93).
Great Britain by Bookcraft (Bath) Ltd.
ISBN 0-471-96740-8
- Projekt Ringsjön. (2005). *Ringsjöfakta*
<http://www.ringsjon.se/ringfakta.asp> 2010-07-23
- Ringsjöverket (2006) Pärm: *Driftinstruktioner Långsamfilter*
- Ringsjöverket (2010a). *Cactus* - driftsystem på Ringsjöverket, Stehag.
- Ringsjöverket (2010b). Månadsrapporter – upprättade av Ringsjöverkets laboratorium.
Block 1, kolumn: *UV-abs* respektive *Färg*
Ringsjöverket, Stehag.
- Skåne. (2010). *Skånes geografi och klimat: Skogar i norr och slätter i söder lockar naturälskare till Skåne året runt*
<http://press.skane.com> → Om Skåne → Faktablad om Skåne → Skånes geografi och klimat. 2010-07-23
- SMHI (2010a). *Vatten och avlopp*.
<http://www.smhi.se/klimatanpassningsportalen/sapaverkassamhallet/paverkanssektorer/vatten-och-avlopp-1.3039> 2010-07-23
- SMHI (2010b). *Klimatindikator - temperatur*
<http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/klimatindikator-temperatur-1.2430>
2010-08-27
- Svenskt Vatten AB. (2004). *2004-09-15: VA 6 - Ökande humushalt och färgtal i råvatten Klimat, skogsbruk och ökande vattenfärg* av S. Löfgren, Institutionen för miljöanalys, SLU
<http://www.svensktvatten.se/web/4da78c58-41f2-431a-9870-5c9e517a4187.aspx> 2010-07-23
- Svenskt Vatten AB. (2008). *Råvattenkontroll - Krav på råvattenkvalitet*.
<http://www.svensktvatten.se/web/ravattenkvalitet.aspx> 2010-04-12

- Svenskt vatten AB. (2009). *Värt att veta om vatten*
[http://www.svenskvatten.se/web/Vart att veta om vatten.aspx](http://www.svenskvatten.se/web/Vart_att_veta_om_vatten.aspx) 2010-04-12
- Sydvatten AB. (2009). *Produktionsrapport 2008*
<http://www.sydvatten.se/filearchive/3/3651/Produktionsrapport%202008.pdf>
 2010-07-23
- Sydvatten AB. (2010a). www.sydvatten.se 2010-07-23
- Sydvatten AB. (2010b). *Årsredovisning 2009*
<http://www.sydvatten.se/filearchive/3/3646/Årsredovisning%202009.pdf> 2010-07-23
- Sydvatten AB. (2010c). *Tabell vattenkvalitet under reparationer 20091221*.
<http://www.sydvatten.se/filearchive/4/4022/Tabell%20vattenkvalitet%20under%20reparationer%2020091221.pdf> 2010-07-22
- Sydvatten AB. (2010d). <http://www.sydvatten.se/-2.aspx> 2010-07-23
- Twort, A C, Ratnayaka, D D & Brandt, M J. (2000). *Water Supply*. 5 uppl. London. Arnold och IWA publishing.
 ISBN 0-340-72018-2
- Vattenvård Kemi. (2000). *Vatten. Kemiparametrar*.
http://home.swipnet.se/skagern/v1_kemi.html 2010-03-09
- VAV (2007) *Dricksvattenteknik. Ytvatten*. Publikation P72 (2007). Svenskt Vatten AB.
 ISSN 1651-4947
- Wikipedia. (2010). Sökord: *Bolmen*
<http://sv.wikipedia.org/wiki/Bolmen> 2010-07-23
- Woudneh, M.B., Lloyd, B.J. & Stevenson, D. (1996). *Removal of Herbicides by Biological Filters*. In Graham, N. & Collins, R.(eds). *Advances in slow sand and alternative biological filtration*. (pp 211-221). Great Britain by Bookcraft (Bath) Ltd.
 ISBN 0-471-96740-8

Muntliga referenser (pers.kom.) vid Ringsjöverket (RV) och Sydvatten AB:

- Christell, J. Drifttekniker RV. Personlig kommunikation 2010-03-01--05-09
- Hallberg, O. Underhållschef/bitr.platschef. RV. Personlig kommunikation 2010-03-01--05-09
- Johansson, B. Platschef RV. Personlig kommunikation 2010-03-01--05-09
- Ljungberg, M. Drifttekniker RV. Personlig kommunikation 2010-03-01--05-09
- Pott, B-M. Processingenjör. Sydvatten AB. Personlig kommunikation 2010-03-01--10-27

BILAGA

Bilaga 1

Tabell 1 visar rensningsfrekvens per filter och per år under tidsperioden år 1999-2009 samt redovisar ett uträknat medelvärde utifrån det totala antalet rensningar som utförts i vart och ett av Ringsjöverkets långsamfilter.

Tabell 1. Frekvenstabell över totala antalet rensningar per år och långsamfilter (LF) samt medelvärde

År	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Summa rensn./filter	Medeltal rensn./filter
LF 1	6	4	3	4	3	4	4	4	3	4	4	43	3,9
LF 2	6	4	3	4	3	3	4	2	4	3	3	39	3,5
LF 3	6	5	3	4	3	3	4	4	3	4	3	42	3,8
LF 4	5	4	4	3	3	4	5	3	4	3	3	41	3,7
LF 5	4	4	3	4	2	3	3	3	3	2	4	35	3,2
LF 6	3	4	5	3	3	3	4	3	3	2	3	36	3,3
LF 7	4	2	2	4	3	3	4	3	5	4	3	37	3,4
LF 8	3	3	2	3	3	3	4	3	3	3	2	32	2,9
LF 9	4	6	2	3	3	3	4	3	3	4	3	38	3,5
LF 10	2	3	3	3	3	3	4	2	6	4	4	37	3,4
LF 11	3	3	2	3	3	3	4	4	3	2	3	33	3
LF 12	2	2	2	3	3	3	4	3	3	4	3	32	2,9
LF 13	3	3	2	3	3	3	4	3	2	6	4	36	3,3
LF 14	3	3	2	3	3	2	4	3	4	4	4	35	3,2
LF 15	3	3	3	3	3	2	4	3	3	2	2	31	2,8
LF 16	3	3	3	3	3	3	4	3	2	4	3	34	3,1
Summa rensn./år	60	56	44	53	47	48	64	49	54	55	51		
Totala antalet rensningar/år												581	
Medelvärde för samtliga LF													3,3

Källa: Hallberg, 2010

Tabell 2 redogör för rensning med annan metod än *skumning* samt månad och år då rensningen utfördes. Tom ruta symboliserar att enbart *skumning* har utförts. Tabellen avser tidsperioden r år 1999-2009.

Tabell 2. Tabellredovisning beträffande val av rensningsmetod utöver skumning och tidpunkt.

År	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005		2006	2007	2008	2009
LF 1	OL juni						DG maj	F febr.	DS april			K maj
LF 2	OL mars					DG maj			DS maj			
LF 3					DG maj				DS april			K maj
LF 4		OL juni					F febr.		DG maj/juni			
LF 5		DG april								OL okt.		F jan.
LF 6	OL mars			DG maj					DS april			OL maj
LF 7				OL juni					DS april		OL aug.	
LF 8	OL juni								OL sept.			
LF 9			DG april									K maj
LF10			OL maj									
LF11	DG april								OL sept.			
LF12							OL juni					
LF13					OL juni				DS nov.			
LF14					OL juni							F dec.
LF15		F dec.								DG aug.		
LF16						OL juni						DG april

Källa: Hallberg, 2010