

Dricksvattnets kvalitetsförändring i ledningsnätet

Bengt Zagerholm



VA-Forsk

VA-Forsk är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna, vilket är unikt på så sätt att statliga medel tidigare alltid använts för denna typ av verksamhet. FoU-avgiften är för närvarande 1,05 kronor per kommuninnevånare och år. Avgiften är frivillig. Nästan alla kommuner är med i programmet, vilket innebär att budgeten årligen omfattar drygt åtta miljoner kronor. VA-Forsk initierades gemensamt av Kommunförbundet och Svenskt Vatten. Verksamheten påbörjades år 1990. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området. Projekt bedrivs inom hela det VA-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten
Ledningsnät
Avloppsvattenrening
Ekonomi och organisation
Utbildning och information

VA-Forsk styrs av en kommitté, som utses av styrelsen för Svenskt Vatten AB. För närvarande har kommittén följande sammansättning:

Ola Burström, ordförande
Roger Bergström
Bengt Göran Hellström
Staffan Holmberg
Pär Jönsson
Peeter Maripuu
Stefan Marklund
Peter Stahre
Jan Söderström

Skellefteå
Svenskt Vatten AB
Stockholm Vatten AB
Haninge
Östersund
Vaxholm
Luleå
VA-verket Malmö
Sv kommunförbundet

Asle Aasen, adjungerad
Thomas Hellström, sekreterare

NORVAR, Norge
Svenskt Vatten AB

Författaren är ensam ansvarig för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

VA-Forsk
Svenskt Vatten AB
Box 47607
117 94 Stockholm
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
E-post svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se

Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	Dricksvattnets kvalitetsförändring i ledningsnätet
Title of the report:	Drinking water quality changes in distribution system
Rapportens beteckning	
Nr i VA-Forsk-serien:	2002-3
ISSN-nummer:	1102-5638
ISBN-nummer:	91-89182-61-8
Författare:	Bengt Zagerholm, DHI AB
Utgivare:	Svenskt Vatten AB
VA-Forsk projekt nr:	99-120
Projektets namn:	Dricksvattnets kvalitetsförändring i ledningsnätet
Projektets finansiering:	VA-Forsk, medeverkande kommuner, DHI AB
Rapporten beställs från:	Finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se . Bilagor kan erhållas från Svenskt Vatten.
Rapportens omfattning	
Sidantal:	194
Format:	A4
Sökord:	Vattenledningsnät, dricksvattenkvalitet, kvalitetsmätning on-line
Keywords:	Drinking water system, drinking water quality, quality measuring on-line
Sammandrag:	Rapporten redovisar resultat från utförda on-linemätningar av kvalitetsparametrar på vattenledningsnätet hos fem medverkande kommuner. Tillsammans med hydrauliska modellberäkningar och analyser har mätningarna kunnat påvisa betydelsefulla variationer som är beroende av vattnets transport i ledningar och uppehåll i reservoarer.
Abstract:	This report present result from quality measurements on-line in drinking water distribution system within five participating cities in Sweden. Together with hydraulic modelling and analyses on-line measurement has shown important variations caused by the waters movement in pipes and residence time in the reservoir.
Målgrupper:	VA-förvaltningar, konsulter
Utgivningsår:	2002
Omslagsbild:	Bengt Zagerholm

Sammanfattning

I denna rapport redovisas resultatet av kvalitetsmätningar, analyser och beräkningar på vattendistributionssystem hos fem medverkande kommuner vilka var Göteborg, Borås, Jönköping, Växjö och Malmö. Syftet var att undersöka om betydelsefulla kvalitetsförändringar kan påvisas under vattnets transport i ledningsnätet och/eller vistelse i reservoarer.

Mätningarna har utförts med en specialbyggd vagn. Vattnet tas från en brandpost eller tappkran och leds genom vagnen för att sedan släppas till avlopp. Mätningar har också gjorts i reservoarer genom nedsänkning av en sugledning och pumpning på olika nivåer. De kvalitetsparametrar som mäts är UV-absorbans, totalt kloröverskott, redoxpotential, turbiditet, pH, temperatur, syre och konduktivitet. Samtliga parametrar, förutom konduktivitet, varierar betydande. Konduktiviteten är däremot ett utmärkt spårämne från vattentäkter med olika värden på denna parameter.

Variationen börjar redan i från vattenverket utgående vatten. Halten organiskt material, mätt som UV-absorbans, varierar främst med råvattnet. Utgående kloröverskott varierar dels till följd av dosering men även till följd av uppehållstid i lågreservoaren. Vanligt förekommande variation i pH uppgår ofta till 5 tiondelar till följd av ojämn dosering. Temperaturen varierar förstås med råvattnets temperatur.

I ledningsnätet sjunker kloröverskottet och därmed redoxpotentialen. Turbiditetstoppar kan orsakas av störningar från verket men har annars en koppling mot förändrade flödesförhållanden till storlek eller riktning. Även järnkorrosion kan visa sig genom förhöjd turbiditet. Värdet på pH stiger normalt direkt när vattnet lämnat verket, till följd av kontakt med cementbruksinfördring eller en begynnande järnkorrosion. Den fortsatta utvecklingen av pH beror på om mikrobiologisk aktivitet, som sänker pH-värdet, eller järnkorrosion är dominerande. Temperaturen påverkas genom transport i ledningarna beroende på skillnad mellan ursprungs-temperatur och jordlagrens temperatur. Strömningsbilden i ledningsnätet är ofta komplicerad och kräver resultat från en modellberäkning för att kunna tolkas.

Förhållandena i reservoarer är mer entydiga. Ett grovt mått är att det kloröverskott som finns när vattnet går in i reservoaren har halverats när vattnet kommer ut igen. Värdet på pH förefaller minska i reservoarer, detta tolkas som ett resultat av mikrobiologisk aktivitet och kanske även av kontakt med luft. Redox och syre minskar i reservoaren, också ett tecken på mikrobiologisk aktivitet. Tillväxten av heterotrofa bakterier i en reservoar visade på behovet att beakta dålig omblandning vid åldersberäkning. Det är härvid viktigt att beräkningen baseras på verkliga hydrauliska förhållanden under hela mätperioden.

Tillväxt av heterotrofa bakterier har observerats när kloröverskottet minskat och åldern ökar över 50-100 timmar. Här kan möjligtvis finnas en skillnad om vattnet åldras i en reservoar eller i ledningsnätet. Förekomsten av aktinomyceter har inte gett samma intryck av åldersberoende.

Järnkorrosionen har kunnat stämmas av emot en teoretisk beräkningsmodell. I det projekt där mätpunkterna valts för att belysa järnkorrosion har en god överensstämmelse mellan uppmätta och beräknade värden av järnhalt påvisats.

I fyra av de fem fallen har betydelsefulla förändringar kunnat påvisas. I det femte fallet erhöles tydliga indikationer på att normala variationer vid vattenverket kan användas som spårämne för punkter ute på nätet. I detta fall kunde även mätningar och beräkningar visa att strömningsbilden runt en reservoar med flera anslutningar kan vara svår att förutse.

Summary

In this report results from quality measurements on-line, modelling and analysis in drinking water distribution systems are presented. The work has been carried out in five participating cities in Sweden; Göteborg, Borås, Jönköping, Växjö and Malmö. The purpose was to find out if important quality changes will occur during the transport in the pipes or/and while the water stays in reservoirs.

The measurements have been carried out with a specially designed equipment in a mobile vehicle. Water is taken from a fire hydrant or a usually tap and led through the equipment to the outlet. Measurements have also been done in reservoirs after pumping from different levels. Parameters, which have been measured on-line are: UV-absorbance, chlorine, redox potential, turbidity, pH, temperature, oxygen and conductivity. All parameters, except for conductivity show important changes. Conductivity is however a good tracer from different waterworks when this parameter varies.

The concentration variations occur already when the water leaves the treatment plant. The content of organic matter, characterised as UV-absorbance, varies because of changes in the raw water. The residual chlorine varies because of the dosage, but also because of the residence time in the reservoir at the waterworks. Often pH varies 5 tenths of a pH-unit because of uneven dosage. The temperature, of course, varies with the raw water temperature.

In the distribution system chlorine residual will decrease and because of that also the redox potential. Increased turbidity might be caused by process disturbances in the waterworks or can else be linked to changes in flow or direction. Also iron corrosion can cause increased turbidity. Directly after the waterworks pH will increase, because of contact with concrete in pipes or beginning iron corrosion. The following trend for the pH-value depends on whether microbiologic activity, which will decrease pH, or iron corrosion which will increase pH, is dominating. The temperature will be affected during transport in the pipes depending of the difference between water and soil temperature. Often the flow in a distribution system is complicated. Result from a model calculation can be necessary for an understanding of the effect on water quality.

The environment in reservoirs are more homogeneous. Roughly the chlorine residual in incoming water will be halved before outlet. The pH-value seems to decrease in reservoirs, probably as a result of microbiologic activity and maybe also the contact with air. Redox potential and oxygen decrease in reservoirs. This is also a sign of microbiological activity. Analysed growth of bacteria in a reservoir showed that incomplete mixing could occur. To reproduce that in a calculation it must be based on real hydraulic circumstances for the entire measurement period.

Growth of heterotrophic bacteria has been observed when chlorine residual decrease and age increase over 50-100 hours. It might be a difference if ageing take place in a reservoir or in the pipes. Occurrence of actinomycetes have not been related to the same age dependence.

Analyses from water affected by iron corrosion have been compared with results from a theoretic model. In the case when the measurement points have been selected to study iron corrosion the correlation between measured and calculated iron content is good.

Important water quality changes in four of the five cases have been shown. In the fifth case normally variations at the waterworks could be used for tracing. In this case also measurements and calculations showed that the flow around a reservoir with several connections to the distribution system is difficult to predict.

Förord

”Hoppsan !”, sa driftingenjören när han fick se analysresultatet från punkt 22 med 998 st 7-dygns heterotrofa bakterier per ml. Provet var taget någonstans i zon IX där vattnet möjligen kommer direkt från vattenverket genom den nya direktledningen, eller har passerat tre reservoarer och två tryckstegringsstationer på vägen. Provet var taget kl 10 denna gången eftersom bilen på kontrollrundan fick punktering. Annars tas alltid provet kl 14 i denna punkt.

”Hoppsan!”, sa modellören när han fick se resultatet av åldersberäkningen för punkt 22 i egenkontrollprogrammet. ”Här kan åldern vara 2 timmar eller 2 veckor, beroende på var vattnet kommer ifrån, undrar om det har någon betydelse för kvaliteten ?”.

”Då skulle det vara bra om Du kunde mäta åldern på vattnet” sa kommittén i VA-Forsk.

”Det blir inte lätt” sa den underdånige konsulten. ”Men kanske någon mer tycker att vi mäter det som går, räknar med en modell och tar prov för resten och ser om denna kombination kan ta oss en bit på vägen”.

Tack till VA-Forsk och de medverkande kommuner som ville bidra till att föra två vitt åtskilda utgångspunkter lite närmare varandra.

Tack också till personerna i referensgruppen som bidragit med råd och dåd:
Torsten Hedberg, Chalmers Tekniska Högskola och senare VA-Ingenjörerna.
Bo Berghult, Ann Elfström Broo, Göteborgs Universitet och senare Sweco.
Malte Hermansson, Göteborgs Universitet.

Johan Lindeblom på DHI skötte det mesta av mätningarna.

Bengt Zagerholm, DHI AB

Innehåll

- 1. Projektbeskrivning**
 - 1.1 Upplägg och genomförande**
 - 1.2 Beskrivning av mätutrustning och mätparametrar**
 - 1.3 Åldersberäkningar**

- 2. Mätningar i Göteborg**
 - 2.1 Allmänt**
 - 2.2 Beskrivning av distributionssystemet**
 - 2.3 Mätpunkter**
 - 2.4 Kompletterande provtagning**
 - 2.5 Hydrauliska observationer**
 - 2.6 Mätresultat punktvis**
 - 2.6.1 Tider för mätning och provtagning
 - 2.6.2 Utgående från Lackarebäcks vattenverk
 - 2.6.3 Vid Gråbergets reservoar
 - 2.6.4 Vid Kabelgatans tryckstegringsstation
 - 2.6.5 Utgående från Lackarebäcks vattenverk
 - 2.6.6 I Gråbergets reservoar
 - 2.7 Mätresultat parametervis**
 - 2.8 Analysresultat**
 - 2.8.1 Mikrobiologiska parametrar
 - 2.8.2 Korrosionsrelaterade parametrar
 - 2.9 Samband mellan hydraulik och kvalitet**
 - 2.9.1 Vattnets ursprung i mätpunkterna
 - 2.9.2 Transporttid från Lackarebäck till Gråberget
 - 2.9.3 Flödesbilden runt Gråberget
 - 2.9.4 Ålder kopplad mot kvalitet
 - 2.10 Korrosionberäkningar**
 - 2.11 Sammanfattning och diskussion av mätningarna i Göteborg**

- 3. Mätningar i Borås**
 - 3.1 Allmänt**
 - 3.2 Beskrivning av distributionssystemet**
 - 3.3 Mätpunkter**
 - 3.4 Kompletterande mätning och provtagning**
 - 3.5 Hydrauliska observationer och beräkningar**
 - 3.6 Mätresultat punktvis**
 - 3.6.1 Historik
 - 3.6.2 Tider och urval
 - 3.6.3 Sjöbo vattenverk
 - 3.6.4 Hässleholmens tryckstegringsstation
 - 3.6.5 Vid Önparkens reservoar
 - 3.6.6 Ripgatan
 - 3.6.7 Mätning i Hultabergs reservoar
 - 3.6.8 Mätning i Önparkens reservoar
 - 3.7 Mätresultat parametervis**
 - 3.8 Analysresultat**
 - 3.8.1 Mikrobiologiska parametrar
 - 3.8.2 Korrosionsrelaterade parametrar

- 3.9 Samband mellan hydraulik och kvalitet**
- 3.10 Korrosionberäkningar**
- 3.11 Sammanfattning och diskussion av mätningarna i Borås**

- 4. Mätningar i Jönköping**
 - 4.1 Allmänt**
 - 4.2 Beskrivning av distributionssystemet**
 - 4.3 Mätpunkter**
 - 4.4 Kompletterande mätning och provtagning**
 - 4.5 Hydrauliska observationer och beräkningar**
 - 4.6 Mätresultat**
 - 4.6.1 Tider och urval
 - 4.6.2 Utgående från Brunstorps vattenverk
 - 4.6.3 Kaxholmen
 - 4.6.4 Skärstad
 - 4.6.5 Ölmstad
 - 4.7 Mätresultat parametervis**
 - 4.8 Analysresultat**
 - 4.8.1 Mikrobiologiska parametrar
 - 4.8.2 Korrosionsrelaterade parametrar
 - 4.9 Samband mellan vattnets ålder och kvalitet**
 - 4.10 Korrosionberäkningar**
 - 4.11 Sammanfattning och diskussion av mätningarna i Jönköping**
 - 4.11.1 Korrosionsproblematiken
 - 4.11.2 Övriga observationer

- 5. Mätningar i Växjö**
 - 5.1 Allmänt**
 - 5.2 Beskrivning av distributionssystemet**
 - 5.3 Mätpunkter**
 - 5.4 Kompletterande mätning och provtagning**
 - 5.5 Hydrauliska observationer och beräkningar**
 - 5.6 Mätresultat**
 - 5.6.1 Tider för mätning och provtagning
 - 5.6.2 Utgående från vattenverket, fasta mätinstallationer
 - 5.6.3 Mätpunkt 1, Sjöuddens vv
 - 5.6.4 Mätpunkt 2, Teleborgs hr
 - 5.6.5 Mätpunkt 3, Ingelstad
 - 5.7 Mätresultat parametervis**
 - 5.8 Analysresultat**
 - 5.8.1 Mikrobiologiska parametrar
 - 5.8.2 Korrosionsrelaterade parametrar
 - 5.9 Samband mellan hydraulik och kvalitet**
 - 5.10 Korrosionberäkningar**
 - 5.11 Sammanfattning och diskussion av mätningarna i Växjö**

- 6. Mätningar i Malmö**
 - 6.1 Allmänt**
 - 6.2 Beskrivning av distributionssystemet**
 - 6.3 Mätpunkter**
 - 6.4 Kompletterande mätning och provtagning**
 - 6.5 Hydrauliska observationer och beräkningar**
 - 6.6 Mätresultat**
 - 6.6.1 Tider och urval

- 6.6.2 Inkommande vatten från Vombverket
- 6.6.3 Inkommande blandvatten, Ringsjön och Vomb
- 6.6.4 Mät punkt 1, Kvarnby industriområde
- 6.6.5 Mät punkt 2, Käglinge
- 6.6.6 Mät punkt 3, inmatning via Vomb1
- 6.6.7 Mät punkt 4, Turbinen
- 6.7 Mätresultat parametervis**
- 6.8 Analysresultat**
- 6.8.1 Mikrobiologiska parametrar
- 6.8.2 Korrosionsrelaterade parametrar
- 6.9 Samband mellan hydraulik och kvalitet**
- 6.10 Korrosionsberäkningar**
- 6.11 Sammanfattning och diskussion av mätningarna i Malmö**

- 7. Generella slutsatser**
- 7.1 Förändring av enstaka kvalitetsparametrar**
- 7.2 Korrosionsrelaterade slutsatser**
- 7.3 Mikrobiologiskt relaterade slutsatser**
- 7.4 Sammanfattande slutsatser**

Bilagor

- 1. Resultat av kvalitetsmätningar och provtagning i Göteborg.
- 2. Resultat av kvalitetsmätningar och provtagning i Borås.
- 3. Resultat av kvalitetsmätningar och provtagning i Jönköping.
- 4. Resultat av kvalitetsmätningar och provtagning i Växjö.
- 5. Resultat av kvalitetsmätningar och provtagning i Malmö
- 6. Korrosionsberäkningar på ledningsnät i Jönköping, Bo Berghult och Ann Elfström Broo, Sweco
- 7. Inledande laboratorieförsök; samband kloröverskott-extinktion, Linda Werner, Göteborgs VA-verk.

Resten av rapporten kan beställas (kopierad) från

**Svenskt Vatten
Box 47607
SE-117 94 Stockholm
Sverige**

Tfn: 08-506 002 00

Fax: 08-506 002 10

e-post: svensktvatten@svensktvatten.se



Box 47607 117 94 Stockholm
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
E-post svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se