VA-FORSK RAPPORT Nr 3 maj 2002

Dricksvattnets kvalitetsförändring i ledningsnätet

Bengt Zagerholm

VA-Forsk

VA-FORSKs rapportserie

Rapportens titel:	Dricksvattnets kvalitetsförändring i ledningsnätet.
Title of the report:	Drinking water quality changes in distribution system.
Rapportens beteckning **Nr i VA-FORSK-serien:** **ISSN-nummer:** **ISBN-nummer**	
Författare:	Bengt Zagerholm
Utgivare:	Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen, VAV
VA-FORSK projekt nr:	99-120
Projektets namn:	Dricksvattnets kvalitetsförändring i ledningsnätet.
Projektets finansiering:	VA-FORSK, medeverkande kommuner, DHI AB
Rapporten beställs från:	
Rapportens omfattning **Sidantal:** **Format:** **Upplaga:**	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 kavlitetsparametar på vattenledningnätet 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 results 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:	
Pris 2001:	

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 cementbruksinfordring 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 erhölls 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 wether 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 heterotrofic 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 utgångsutgångspunkter 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 Mikrobilogiska 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 Mikrobilogiska parametrar
3.8.2 Korrosionsrelaterade parametrar
3.9 Samband mellan hydraulik och kvalitet
3.10 Korrosionberäkningar
3.11Sammanfattning 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 Mikrobilogiska 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 Korrsoionsproblematiken
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 Mikrobilogiska 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 Mätpunkt 1, Kvarnby industriområde
6.6.5 Mätpunkt 2, Käglinge
6.6.6 Mätpunkt 3, inmatning via Vomb1
6.6.7 Mätpunkt 4, Turbinen
6.7 Mätresultat parametervis
6.8 Analysresultat
6.8.1 Mikrobilogiska parametrar
6.8.2 Korrosionsrelaterade parametrar
6.9 Samband mellan hydraulik och kvalitet
6.10 Korrosionberäkningar
6.11 Sammanfattning och diskussion av mätningarna i Malmö

7. Generella slutsatser
7.1 Förändring av enstaka kvalitetsparametrar
7.2 Korrosionrelaterade 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.

1. Projektbeskrivning

1.1 Upplägg och genomförande

Projektet går ut på att utföra kvalitsmätningar i 5 medverkande kommuner. Syftet är att undersöka om betydelsefulla förändringar i vattenkvaliteten inträffar på vattnets väg mellan vattenverket och abonnenterna. Grundidén är att man jämför mätresultaten från en referenspunkt, normalt vattenverket, med en eller ett par punkter ute på nätet. För mätningarna används DHIs mätvagn vilken beskrivs nedan. Utöver kontinuerlig registrering av de mätbara parametrarna tas även vattenprov för analys av andra parametrar.

För att öka möjligheten att förstå förekommande kvalitetsvariationer föreslås även beräkning av vattnets transport i systemet, främst vattnets historia och ålder i de olika mätpunkterna är av intresse.

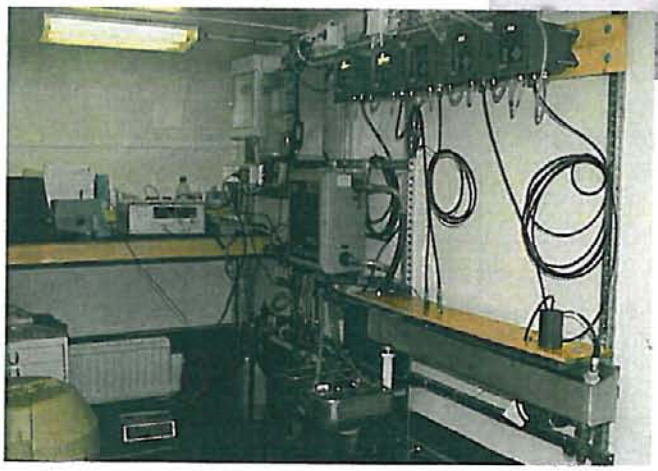
De enskilda mätprojekten läggs upp så att ett en aktuell frågeställning i respektive kommun kan belysas. Insatserna gör alltså inte anspråk på att omfatta en allmän kartläggning av kvalitetsförhållandena i respektive system. Detta är i och för sig en önskvärd kunskap men innebär en större insats än vad som är möjligt inom ramen för detta projekt.

1.2 Beskrivning av mätutrustning och mätparametrar

Allmänt

De olika mätinstrumenten är monterade i en vagn som kan dras efter personbil. Se nedanstående bilder, de kvalitetsparametrar som används är :

- UVabsorbans
- turbiditet
- kloröverskott
- pH
- redoxpotential
- konduktivitet
- syre
- temperatur



Utöver kvalitetsparametrarna kan även trycket mätas. Vatten leds in i vagnen från en brandpost eller tappkran via plastslang. I vagnen reduceras trycket och leds till en mätränna

där neddoppningsarmaturerna är monterade och till de olika mätarna av genomströmningstyp. Flödet kan strypas in totalt och enskilt för de olika instrumenten. Flödet uppgår normalt till 4-6 l/min, knappt 0.1 l/s eller 8 m^3/dygn. Mätvattnet släpps sedan ut genom en plastslang till lämplig brunn eller dike.

UVabsorbans är ett mått på organiskt innehåll i vattnet. Mätprincipen går ut på att man mäter hur stor del av ljus vid en speciell våglängd (254 nm) som absorberas i det aktuella vattnet. Mätning av UV-absorbans sker med ett specialbyggt instrument. Vattnet strömmar genom en kyvett med längden 4 cm där transmissionen av UV-ljuset mäts och absorbansen beräknas. Kalibrering görs med släckt lampa (0 % transmission) och mot ultrarent vatten (100 % transmission). Upplösningen är 0.01 enheter/4 cm vilket motsvarar 0.06 enheter mätt som COD_{Mn}. Mätningen baseras på att ljuset ska gå rakt igenom vattnet. Vid hög turbiditet kan detta påverka UV-mätningen, därför bör resultaten av dessa båda parametrar tolkas ihop. Den laboratoriemässiga UV-analysen föregås som standard av filtrering vilket gör att värdet i vissa fall kan bli lägre än för on-line-instrumentet. Dessutom används ofta en kyvettlängd på 1 cm vid laboratorieanalays vilket naturligtvis ger ett annat mätetal.

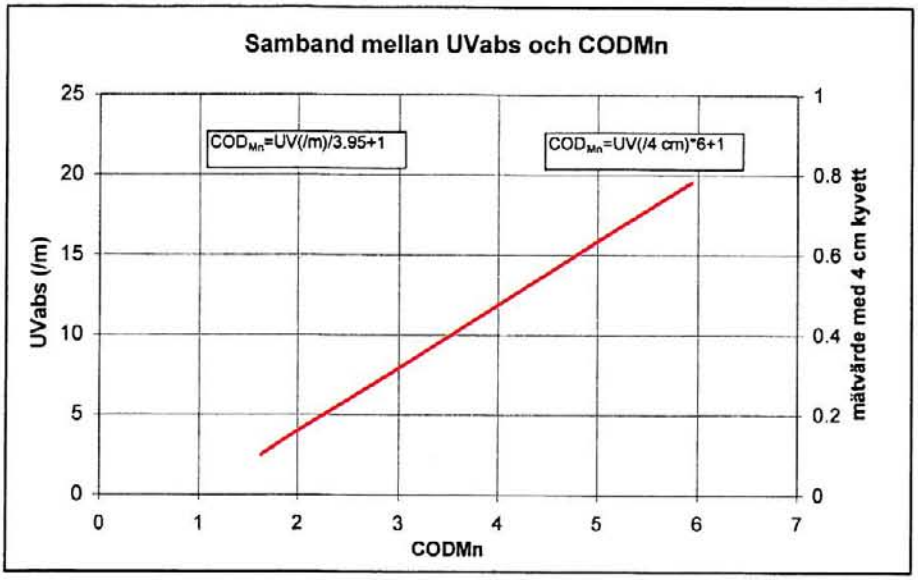
Den mest naturliga förklaringen till att halten organiskt material i dricksvatten på nätet kan variera är att halten i utgående vatten från verket varierar. Detta kan i sin tur bero på att råvattnets kvalitet varierar och att verket inte kan ställa om för att klara t ex en ökad halt organiskt material. Detta är de mer storskaliga och betydelsefulla variationerna.

På utgående dricksvatten från vattenverket förekommer ibland också småskaliga variationer, ofta med dygnsmönster. Ett omvänt mönster förekommer då för klorhalten. Vid vattenverket skapas variationen i utgående klorhalt av olika uppehållstid i lågreservoaren. Vid perioder med liten utpumpning ökar uppehållstiden i reservoaren och den genomsnittliga klorhalten minskar. Något omvänt samband mellan klor och UV har dock inte gått att visa i labskala, VA-verket i Göteborg har gjort ett försök vilket redovisas i bilaga 7.

Det är känt att UV-absorbansen också kan ha ett pH-beroende. Vid vattenverket är dock i regel variationen i pH inte så regelbunden, det är därför mera långsökt att hitta ett samband mellan UV och denna parameter.

Vid en reservoar ute i distributionssystemet är mönstret ofta annorlunda. Här inträffar det att vatten som kommer ut från reservoaren har både lägre klorhalt och lägre UV-värde. I reservoarer sker ju för det mesta även en pH-sänkning vilket i sin tur påverkar klorets aktivitet. Även här finns alltså en möjlighet att UV värdet skulle vara beroende av pH och eller klor.

I Figur 1. 1visas ett diagram som baseras på det samband mellan UV och COD_{Mn} som Hernebering tog fram genom fältmätningar i 20 st vattenverk (VATTEN nr 43 år 1987).



Figur 1. 1. Samband mellan Uvabsorbans och COD_{Mn} baserat på Hernebring 1987.

Turbiditeten mäts med ett instrument av fabrikat GLI (Satron) som heter Accu 4 med ett mätområde mellan 0.000-100.0 NTU med fyra siffrors noggrannhet. Mätprincipen baseras på att reflektionen från två olika ljuskällor växelvis mäts i två detektorer vinkelrätt mot infalls-vinkeln.

Från grundvattenverk eller ytvattenverk med långsamfilter varierar turbiditeten normalt sett ganska lite. För verk med snabbfilter påverkas ibland turbiditeten av filterspolning speciellt om inte det första filtrat förs till avlopp. Ganska nära efter verket avtar ofta turbiditeten när partiklar sedimenterar eller kalkrester löses. Under vattnets transport i ledningsnätet kan turbiditeten öka p.g.a. järnkorrosion. Ofta finns en korrelation mellan turbiditet och järnhalt. Men det förekommer också turbiditet som inte kan förklaras med förhöjd järnhalt. Detta kan t ex utgöras av mangan eller organiskt slam.

Det kan finnas anledning att tolka turbiditet ihop med UV-absorbans. UV-värdet påverkas i viss mån av ökad turbiditet vilken i sig inte behöver tyda på någon ökad halt av organiskt löst material. Vid grumlighetsmätning går mätningen ut på att registrera reflekterat ljus, till skillnad från UVabsorbans-mätning där ljuset som passerar rakt genom provet mäts. Då kommer en hög partikelhalt som blockerar ljusets väg självfallet att påverka mätvärdet.

Enligt dricksvattenkungörelsen är gränsvärdet för turbiditet 0.5 FNU vid vattenverket och 3.0 vid tappställe. För järn är gränsvärdet 0.1 mg/l vid vattenverket och 0.2 vid tappstället.

Mätning av pH sker med ett instrument av fabrikat GLI (Satron) med en kombinationselektrod med dubbelreferens för kallt jonsvagt vatten. Kalibrering görs med buffertlösningar på pH 9 och pH 6.

Mätning av absolut pH-värde är svårt. Tät kalibrering är viktig. Alla kemiska jämviktsprocesser, t ex syra-basjämvikter, påverkas av temperaturen. Därför är också pH-värdet hos ett givet vatten temperaturberoende.

Såväl korrosionsförlopp som mikrobiell aktivitet på nätet både påverkar och påverkas av pH-värdet. På ledningsnätet finns följande allmänna riktlinjer för tolkning av förändringar:

- Järnkorrosion höjer pH-värdet.
- Cementkorrosion ökar pH-värdet.
- Kontakt med luft, t.ex i en reservoar, medför att luftens innehåll av koldioxid påverkar vattnets pH-värde. Vid för dricksvatten normala värden på pH medför detta att pH-värdet sänks.
- Mikrobiell aktivitet kan förväntas ge en produktion av kolsyra och därmed en viss sänkning av pH-värdet. Det är dock tveksamt om förändringen är mätbar.

Variationer i pH-värde ut från verket, med några tiondelar upp eller ner verkar vara omöjlig att undvika. Flödesproportionell dosering med varierande flöden och t ex filterspolning är faktorer som försvårar möjligheten att hålla ett jämnt pH.

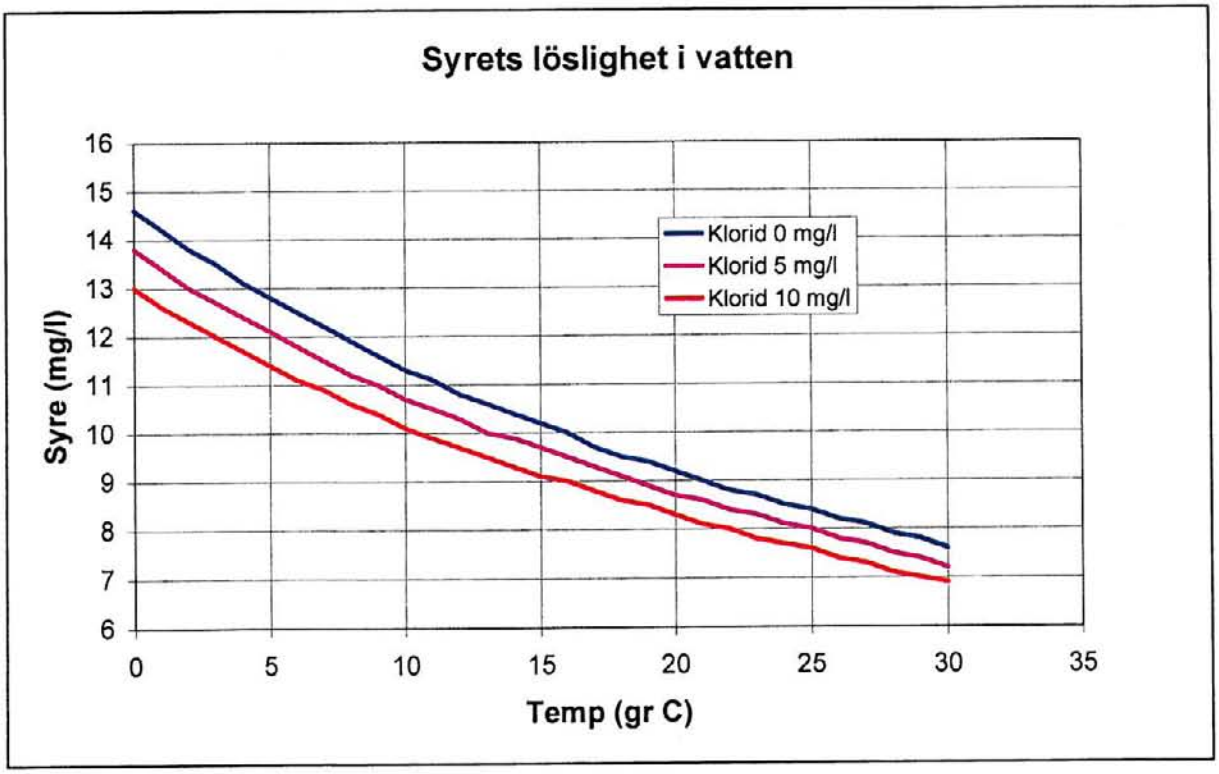
Redoxpotential mäts med ett instrument av fabrikat GLI (Satron) model P53. Elektroden är en kombinationselektrod med guldelektrod och referenselektrod av silver med silverklorid i referensdelen. Mätområdet har valts till – 1500 till + 1500 mV. Mätaren kan inte kalibreras.

Redox-potentialen visar om miljön i vattnet är reducerande eller oxiderande. T ex tillsats av oxidationsmedel för desinfektion (klor, ozon) höjer redoxpotentialen, vilken sjunker varefter oxidationsmedlet förbrukas.

Redoxpotentialen är ett mått på elektronaktiviteten i ett ämne. Ett ämne som oxideras avger elektroner och ett ämne som upptar elektroner reduceras. Mätning av redox-potential i dricksvatten är vanskligt eftersom man mäter i en blandning av en rad processer av vilka många är okända och kanske inte i jämvikt. Mätetalet som registreras är ett mått på den samlade reduktions- eller oxidationskapaciteten för alla ingående ämnen.

Syrehalten mäts med ett instrument av fabrikat GLI (Satron). Mätprincipen baseras på strömmätning mellan en blykatod och silveranod i en elektrolyt där strömmen är proportionell mot syrehalten. Kalibrering sker mot mättad och syrefri lösning. Kalibreing kan också göras i luft.

Dricksvattenberedningen påverkar inte syrehalten nämnvärt, förutom luftning och flotation, utan dricksvattnet har i regel samma syrehalt som råvattnet. För ytvattenverk innebär detta att vattnet normalt är nästan mättat med syre. Mättnadskoncentrationen är främst temperaturberoende, se Figur 1. 2.



Figur 1. 2. Syrets löslighet i vatten som funktion av temperaturen.

Klor mäts med hjälp av en Hach CL 17. Mätprincipen är colorimetrisk och baseras på tillsats av buffertlösning och av reagens vilket ger en färgändring som är proportionell mot provets klorhalt. Man kan välja att mäta totalt klor eller fritt klor genom att använda olika reagenser. Kalibrering kan göras mot lösningar med känd klorhalt.

För alla projekt förutom Göteborg har även använts en klormätare som baseras på en elektrod i en genomströmningskyvett. Typen heter Dulcometer D1C och leverantör är ProMinent Doserteknik. Kalibrering kan göras mot lösningar med känd klorhalt.

Klordioxid (ClO_2) har en mycket god momentan desinfektionseffekt men liten bestående effekt på ledningnätet. Den är därför inte så intressant med avseende på ledningsnätet. Vid dosering till vatten av klorgas (Cl_2), natriumhypoklorit (NaClO) eller kalciumhypoklorit ($Ca(ClO)_2$) blir de verksamma substanserna löst klor, underklorsyrlighet och hypoklorit. Jämviktsförhållandet mellan de verksamma substanserna är pH-beroende.

Man mäter olika typer av klor med samma instrument. Avgörande för om det är totalt eller fritt kloröverskott man mäter är typen av reagens (Hach) eller elektrod (Prominent). I dricksvattenkungörelsen föreskrivs att totalt kloröverskott ska mätas. Det är också detta som kommunerna normalt mäter. I detta fall har därför också totalt kloröverskott valts.

Konduktiviteten mäts med en mätare av fabrikat GLI (Satron) typ C53. Givaren är av neddoppningstyp med kontaktmätcell. Kalibrering kan göras mot lösning med känd konduktivitet. Konduktiviteten visar på vattnets halt av lösta salter och kan vara ett bra spårämne om man har flera olika vattentäkter med olika konduktivitet.

Temperaturen tas ur konduktivitetsmätaren (pT 100) alternativt från syremätaren.

Temperaturen påverkas olika i reservoarer och i ledningsnät. Vintertid kan kallt ytvatten få en höjd temperatur i markförlagda ledningar och förmodligen få en sänkt temperatur i re-

2. Mätningar i Göteborg

2.1 Allmänt

Under senaste året har bakteriologiska problem förekommit i anslutning till Gråbergets reservoar i Göteborgs lågzon. Även i den angränsande zonen med reservoaren Slottskogen har problem med höga bakterietal förekommit. Korrosionproblematiken har tidigare kartlagts i olika sammanhang och åtgärder i vattenberedningen vidtagits. Mot denna bakgrund är det naturligt att koncentrera mätningarna på mikrobiologiska frågeställningar.

En pågående ombyggnad av kloreringen vid Lackarebäcks vattenverk kommer att vara klar under början av december 1999. Under ombyggnadstiden doseras hypoklorit. Därefter kommer kloreringen att utgöras av klor + klordioxid. Under den tillfälliga användningen av hypoklorit har man upplevt mindre problem med heterotrofa bakterier, dock har klagomål på lukt och smak förekommit i större omfattning än annars. Det kan finnas ett värde i att göra mätningar under övergången från den tillfälliga till den slutliga kloranvädningen.

2.2 Beskrivning av distributionssystemet

Lågzonen i Göteborg matas från de båda vattenverken Alelyckan och Lackarebäck. Distributionen bygger på en grov ringledning som binder ihop de båda vattenverken och de två reservoarerna Gråberget och Bräcke, se Figur 2. 1. Gråberget ligger närmare Lackarebäck och bör alltså normalt sett huvudsakligen få sitt vatten härifrån. Dock varieras flödet ut från de båda verken liksom en ventilstyrning vid Gråberget. Tillsammans med varierande förbrukning och uttag till andra zoner kan försörjningsområdena för respektive vattenverk förändras med tiden. För att den hydrauliska situationen under mätperioden ska vara under kontroll krävs mätningar och beräkningar, se nedan.

2.3 Mätpunkter

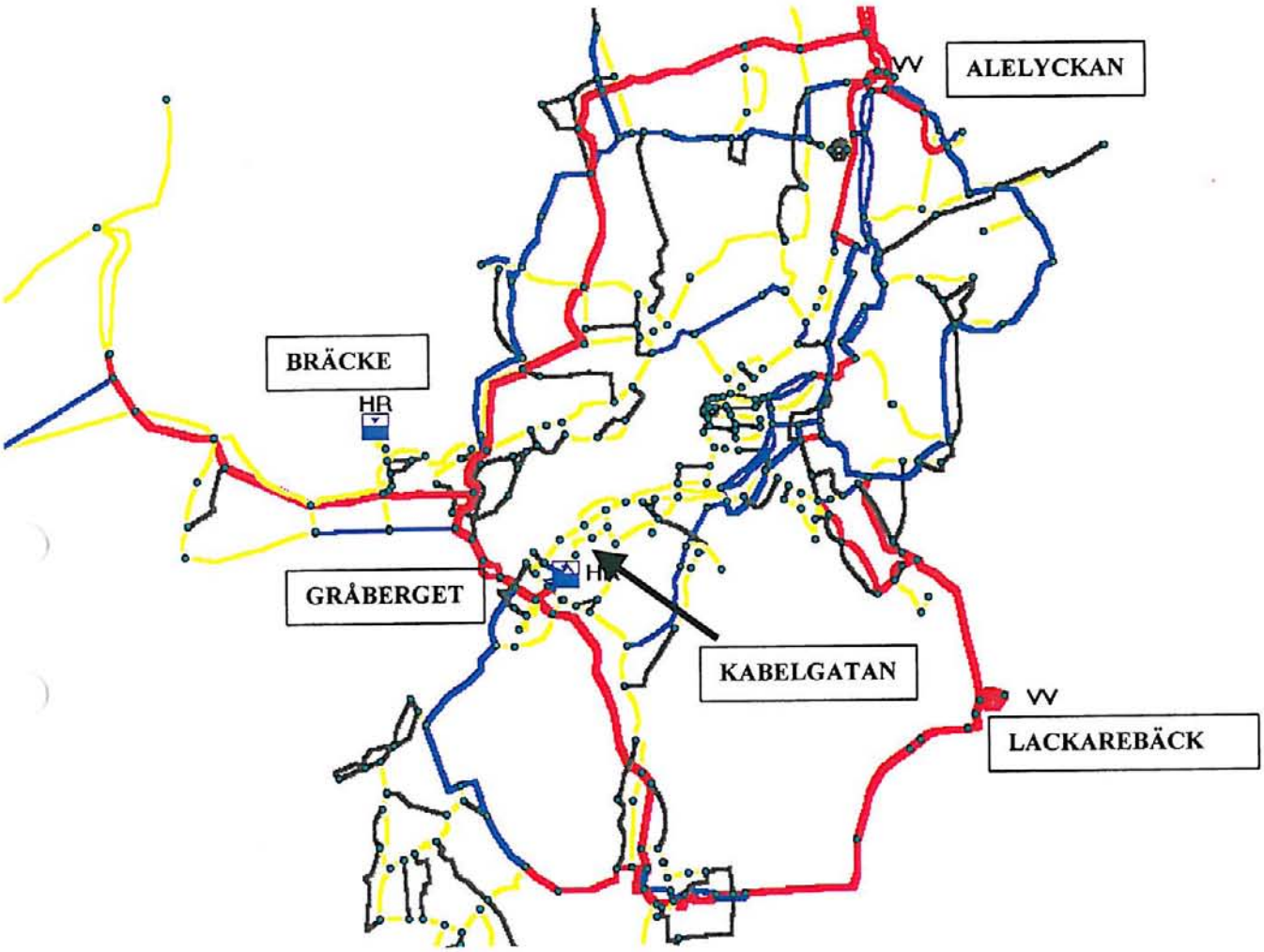
Följande mätpunkter har valts ut.

1. Utgående dricksvatten från Lackarebäcks vattenverk. Denna punkt blir en referens för mätningarna ute på ledningsnätet.

2. Vid Gråbergets reservoar. En anslutning ordnas där vattnet passerar på sin väg såväl in till reservoaren som ut från densamma. Reservoaren kan matas från två olika håll, för detta ändamål väljs den södra anslutningen som med större sannolikhet kommer i kontakt med vatten från Lackarebäck. Mätningen pågår i denna punkt under den tid som övergången från den provisoriska kloreringen avslutas och den ordinarie träder in.

3. Tryckstegringsstationen vid Kabelgatan. Denna station matar Slottskogszonen som för närvarande fungerar som en stum zon eftersom befintlig reservoar är under översyn.

4. Utgående dricksvatten från Lackarebäcks vattenverk igen. Syftet är att i efterhand ge en ny referenspunkt för mätningarna under den tid som gått sedan klor + klordioxid togs i drift.



Figur 2. 1 Distributionssystemet i Göteborg och mätpunkter.

2.4 Kompletterande provtagning

Under mätningarna vid Gråberget och Kabelgatan ska provtagning för bakteriologisk analys utföras. Primärt analyseras heterotrofa 2- och 7-dygnsbakterier samt koliforma bakterier. Proven tas ut manuellt i provtagningskran i mätvagnen av VA-verkets personal. För att närmare bestämma lämpliga tider för provtagningen studeras resultatet av mätningarna under det första dygnet på respektive plats.

För att kunna bedöma potentialen för mikrobiologisk aktivitet tas prov för analys av TOC. Minst 3 st prov tas i samtliga mätpunkter.

Även om studien i Göteborg primärt har mikrobiologiska förtecken tas även vissa analyser för jämförelse med de studier som huvudsakligen inriktas på korrosionsproblem. Därför analyseras även järn, total hårdhet och alkalinitet i punkterna ute på nätet vid minst tre tillfällen. Vid verket finns dessa analyser tillgängliga i det ordinarie provtagningsprogrammet.

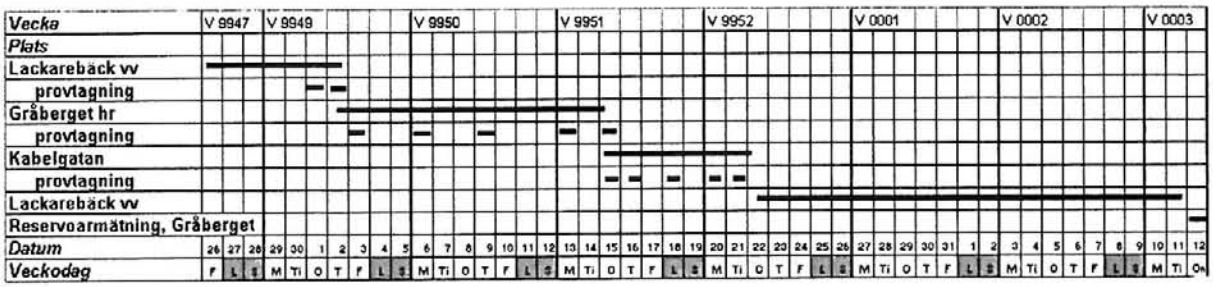
2.5 Hydrauliska observationer

Under mätningarna vid Gråberget och Kabelgatan är det viktigt att veta vattnets ursprung vid mätplatsen. Vid båda dessa mätpunkter är det viktigast att veta om vattnet kommer från reservoaren eller vattenverket. Åtminstone vid reservoaren bör ordinarie nivåmätning i densamma entydigt visa om vattnet är på väg in i reservoaren eller på väg ut. Vid Kabelgatan kan förstås den hydrauliska bilden vara mer komplicerad. Om man får ett tydligt mönster i olika kvalitetsparametrar vid reservoaren kan detta möjligtvis indikera vattnets senaste historia även vid Kabelgatan. Om man ska kunna få en vidare bild av vattnets väg till mätpunkten krävs observation av alla påverkande faktorer under minst en veckas tid före mätningen och sedan under själva mätperioden. Observationerna bör därefter tjäna som indata till en beräkning av från vilket verk vattnet kommer och om det passerat någon reservoar på vägen. Primärt är det utgående flöde från respektive vattenverk, nivåvariationer i lågzonens reservoarer och större uttag till andra zoner som avgör den hydrauliska bilden.

2.6 Mätresultat punktvis

2.6.1 Tider för mätning och provtagning

Mätresultaten visas grafiskt i sin helhet i bilaga 1. I nedanstående figurer i den löpande texten visas utvalda perioder för vissa parametrar som är särskilt intressanta. I nedanstående kalender visas en sammanställning av när mätning och provtagning skett i de olika punkterna.

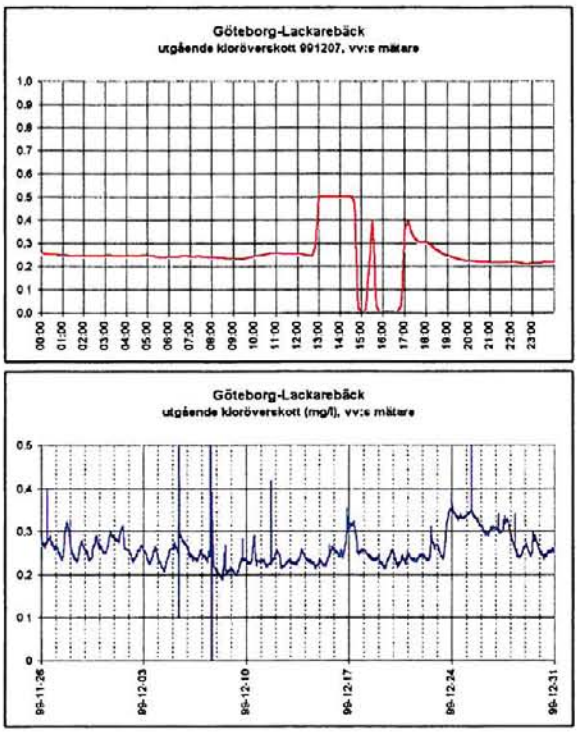


2.6.2 Utgående från Lackarebäcks vattenverk

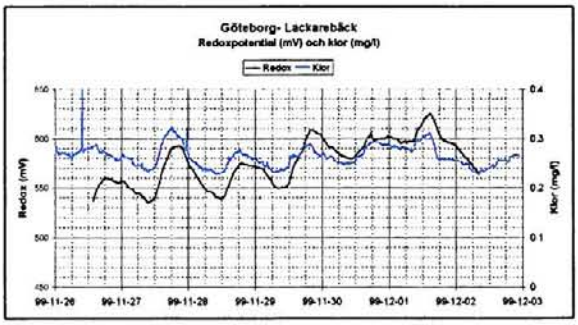
Från mätpunkten vid vattenverket fanns även resultaten från de permanenta mätarna tillgängliga. Dessa var turbiditet, klor och pH.

- UV-absorbansen var låg med en stigande trend, värdet steg från 0.10 till 0.18 / 4cm. Den 1/12 kl 14 och 2/12 kl 8 togs två prov för TOC-analys, resultaten blev 2.2 resp. 2.5 mg/l. Motsvarande värden för UVabs var 0.16 resp 0.18 / 4 cm.

- Kloröverskott mättes med både vattenverkets och DHI:s mätare. Resultatet från DHI:s mätare var inte trovärdigt för de 4 första dagarna. Därefter visar de olika mätarna samma mönster dock ligger vattenverkets mätresultat ca 0.1 mg/l högre. Det högre värdet stämde bättre överens med den manuella mätningen. Sammantaget ligger värdet normalt mellan 0.19-0.35 mg/l med en småskalig dygnsvariation på ca 0.05 mg/l som förmodligen kan hänföras till varierande uppehållstid i lågreservoaren till följd av olika pumpflöden. Medelvärdet under december månad var 0.26 mg/l. Den 7/12 genomfördes en omställning från hypoklorit till klor+ klordioxid som gav en störning. Detta diskuteras ytterligare i följande kapitel. I vidstående figur visas utgående klorhalt enligt vattenverkets mätare.

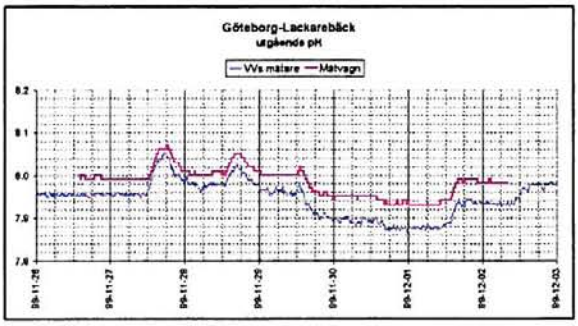


- Redoxpotentialen visas tillsammans med kloröverskottet i vidstående figur. Det sammanfallande mönstret är tydligt.



- Turbiditeten mättes med både vattenverkets och DHIs mätare. Båda visar mycket låga värden, under 0.1 NTU.

- Även pH-värdet mättes med dubbla mätare, se vidstående figur. Under perioden som den mobila utrustningen fanns på plats uppvisades ett stabilt pH-värde på 7.95-8.05. Mätvagnens mätare ligger ett par hundradelar högre än VVs.



- Temperaturen varierar mellan 5.2 gr C och 6.2 gr C utan något särskilt mönster.

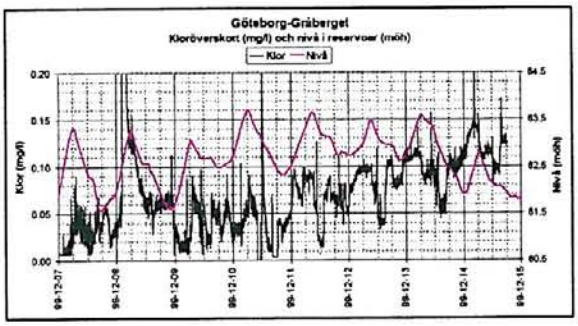
- Syrehalten är en spegelbild av temperaturen som ju avgör lösligheten. Vattnet är syremättat under hela perioden vilket betyder ca 14.5 mg/l vid 5.2 gr C och 11 mg/l vid 6.2 gr C.

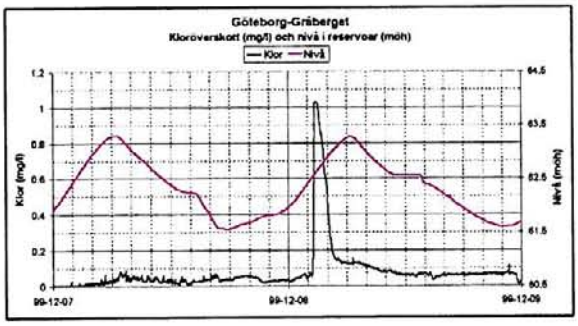
- Konduktiviteten uppvisar en fallande trend från 200 till 130 uS/cm under perioden. Mätvärdet är tveksamt.

2.6.3 Vid Gråbergets reservoar

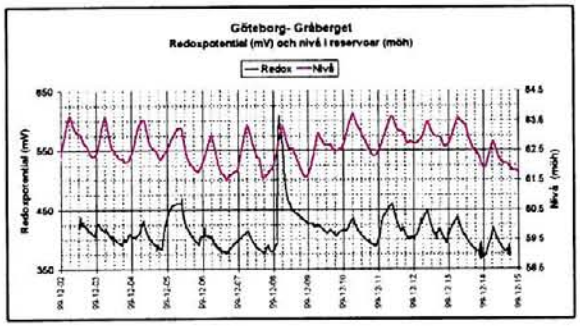
- UV-absorbansen var låg med en svagt stigande trend, värdet steg från 0.12 till 0.14 / 4 cm utan någon synbar koppling till reservoarvariationen, dvs vattnets flödesriktning. Under perioden togs fyra prov för TOC-analys när nivån var sjunkande i reservoaren. Resultatet var mellan 2.2 och 2.9 mg/l. Ingen synbar koppling mellan variationen för TOC och den mycket måttliga variationen i UVabs kan urskiljas.

- Mätningen av kloröverskott var problematisk fram till den 7/12. Därefter uppvisas trovärdiga mätresultat. I vidstående figur visas hur klorhalten varierar under perioden ihop med aktuell nivå. Huvuddragen i mönstret är att klorhalten stiger när vattnet är på väg mot reservoaren och sjunker när vattnet är på väg från reservoaren. Emellanåt störs dock mönstret utan synbar förklaring. Den 8/12 registreras en kraftig topp vilken härstammar från driftsättningen av det nya klorsystemet vid Lackarebäck, se vidstående figur. Denna företeelse diskuteras vidare längre fram.



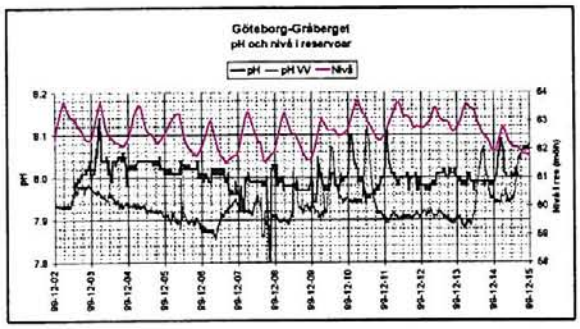


- Redoxpotentialen samvarierar ganska tydligt med nivån i reservoaren, se vidstående figur. När vattnet är på väg ut sjunker värdet och när vattnet är på väg in stiger värdet. Den 8/12 registreras en tydlig topp som hänger samman med ovan nämnda klortopp. Värdet ligger normalt mellan 360-450 mV.

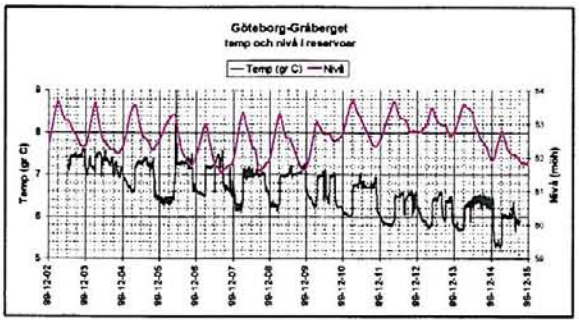


- Turbiditeten ligger mycket lågt med endast en liten förhöjning under 7-8 / 12 oberoende av om vattnet är på väg in till reservoaren eller på ut från densamma. Direkt efter uppstart den 2/12 och den 5/12 blir mätkyvetten fylld med luftbubblor vilket direkt ger ett mycket högt värde.

- pH-värdet ligger en knapp tiondel högre än vid verket. I vidstående figur visas det uppmätta pH-värdet vid reservoaren ihop med nivån samt det pH-värde som mättes vid verket under samma period. Vid några tillfällen stiger värdet med 1/10 ytterligare, dessa toppar kan också härledas till variationer i utgående kvalitet från verket. Den småskaliga variationen tyder på en svag förhöjning av värdet under reservoarvistelsen.



- Temperaturen sjunker från 7.5 gr C till 5.5 gr C under perioden vilket kan hänföras till råvattentemperaturen, se vidstående figur. När nivån stiger sjunker temperaturen med en grad och tvärtom. Detta skulle i princip innebära en uppvärmning i reservoaren vilket är svårt att acceptera när utetemperaturens medelvärde för perioden är ca 0 grader. Om däremot flödet i mätpunkten är omvänt mot nivåvariationen stämmer temperaturvariationen bättre.



- Syrehalten är en spegelbild av temperaturen som ju avgör lösligheten. Vattnet är syremättat under hela perioden vilket betyder ca 13.9 mg/l vid 6.4 gr C och 14.7 mg/l vid 7.5 gr C.

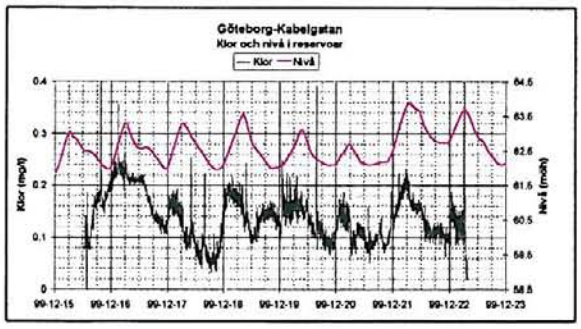
- Konduktiviteten uppvisar ett värde mellan 100-140 uS/cm med ett mönster som inte inger något gott förtroende.

Sammanfattningsvis kan man säga om flödesbilden vid Gråbergets mätpunkt, alltså på södra sidan om reservoaren, att redox och till viss del klor, visar på ett flöde mot reservoaren när nivån i densamma stiger. Samtidigt visar temperatur, och till viss del pH att flödet i mätpunkten är riktat från reservoaren när nivån i densamma stiger. Båda alternativen är naturligtvis fullt möjliga, helt beroende på tryckförhållanden på ömse sidor om reservoaren orsakade av varierande flöde från verken, förbrukningsvariation och eventuella punktförluster som halvstängda ventiler mm. Se vidare under kapitel 2.9.2 nedan.

2.6.4 Vid Kabelgatans tryckstegringsstation

- UV-absorbansen var låg med en svagt sjunkande trend. Den måttliga variationen visar inte något samband med reservoarnivån. Under perioden togs fem prov för TOC-analys. Resultatet var mellan 2.0 och 2.5 mg/l. Ingen synbar koppling mellan variationen för TOC och den mycket måttliga variationen i UVabs kan urskiljas.

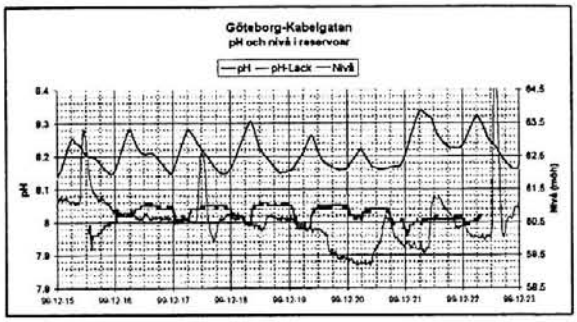
- Kloröverskottet uppvisar en tydlig samvariation med nivån i reservoaren, se vidstående figur. När äldre vatten är på väg ut sjunker värdet och när färskare vatten är på väg in stiger värdet. Inströmmande vatten har en klorhalt på upp till 0.25 mg/l och utströmmande vatten har en klorhalt på ner till 0.05 mg/l, dock störs mönstret till viss del.



- Redoxpotentialen samvarierar till viss del med klorhalten och därmed även med nivåvariationen i reservoaren. Värdet ligger mellan 340-350 mg/l.

- Turbiditeten ligger mycket lågt. Vid varje tillfälle som flödet vänder mot reservoaren sker en viss förhöjning av värdet. Dock är det ingen topp som kommer över 0.12 NTU.

- pH-värdet uppvisar en helt omvänd koppling mot nivåvariationen i reservoaren. När nivån sjunker i reservoaren registreras ett högre pH-värde i mätpunkten. De tydliga topparna från Lackarebäck syns inte alls i denna mätpunkt.



- Temperaturen sjunker med 1 gr C under perioden vilket kan hänföras till råvattentemperaturen. Det är tydligt att vattnet kyls ner ca 1 gr C under vistelsen i reservoaren vilket visas genom att vatten på väg ut fån reservoaren är kallare.

- Syrehalten uppvisar ett mönster som inte direkt stämmer med temperaturvariationen. Vattnet skulle, med ledning av temperaturen, ha en högre syrehalt när det kommer ut från reservoaren. Trots en mycket markant variation i temperatur är detta inte fallet.

Sammantaget är bilden av kvalitetsvariationerna vid Kabelgatan inte helt entydig i förhållande till nivån i reservoaren.

2.6.5 Utgående från Lackarebäcks vattenverk

- UV-absorbansen var låg med en svagt stigande trend, värdet steg från 0.15 till 0.22 / 4 cm. Under nästan hela perioden kan en viss dygnsvariation urskiljas med ett maximum på dagen och ett minimum på natten.

- Kloröverskott mättes med både vattenverkets och DHI:s mätare. Resultatet från DHI:s mätare låg ca 0.05 mg/l högre, detta var ett resultat av kalibrering med manuell mätare. Värdet ligger mellan 0.22-0.42 mg/l med en småskalig dygnsvariation på ca 0.05 mg/l som förmodligen kan hänföras till varierande uppehållstid i lågreservoaren till följd av olika pumpflöden.

- Redoxpotentialen varierar ihop med klorhalten och nivån har höjts från ca 575 mV under förra perioden, med hypoklorit, till en ny nivå på ca 725 mV med klor + klordioxid. Här inverkar både ämnenas specifika redoxpotential samt aktuell klorhalt.

- Turbiditeten mättes med både vattenverkets och DHIs mätare. Båda visar mycket låga värden, under 0.1 NTU.

- Även pH-värdet mättes med dubbla mätare. DHIs mätare ligger ca 5 hundradelar högre. Värdet ligger i stort mellan 7.9-8.1 med enstaka pikar på någon tiondel.

- Temperaturen varierar mellan 2.7-3.3 gr C med små variationer.

- Syrehalten ligger mellan 13.5-14.8 mg/l vilket motsvarar fullständig mättnad vid de olika temperaturena.
- Konduktiviteten uppvisar trovärdiga mätvärden runt 210 uS/cm, i början och slutet av perioden förekommer mindre trovärdiga mätvärden.

2.6.6 I Gråbergets reservoar

Mätningen utfördes 2000-01-12 och skedde genom att en slang sänktes ner från taket på reservoaren. Vatten pumpades därefter till mätvagnen och de ordinarie kvalitetsparametrarna mättes. Slangen var på respektive nivå under 30 min. Ritningar över reservoaren saknas. Från luckans kant uppmättes vid mätningens slut ett avstånd på 4 m till vattenytan. Vattendjupet var relativt konstant i reservoaren under mätningen, ca 4.20 m (en svag stigning till 13.30, därefter en svag avsänkning). Detta innebär att slangen legat på botten ända tills den angivna nivån 8 m, här var alltså bottenventilen 0.2 m ovan botten. Nedanstående kommentarer avser därmed nivån från 8 m och uppåt.

- UV-absorbansen svängde mellan 0.20-0.26 / 4 cm utan någon särskild trend eller mönster.

- Kloröverskottet var så gott som konstant, 0.1 mg/l. Inkommande klorhalt var som mest ca 0.2 mg/l (Kabelgatan) och utgående halt ca 0.05 mg/l.

- Redoxpotentialen sjunker under den inledande timmen som snarast ser ut som en anpassning för givaren. Därefter var värdet så gott som konstant 440 mV, vid Kabelgatan var värdet ca 100 mV lägre vid den tid som mätningen pågick där.

- Turbiditeten uppvisade vissa förhöjningar så länge slangen låg på bottnen, därefter var värdet mycket lågt , under 0.1 NTU.

- pH-värdet var relativt konstant på ca pH 8.

- Temperaturen var relativt konstant ca 4.7 gr C.

- Syrehalten låg strax över mättnadsgraden från början av mätningen. När detta upptäcktes gjordes en ny kalibrering varvid mätvärdet blev rimligt och uppgick till 13.5 mg/l. Någon trend går inte att urskilja.

- Konduktiviteten uppvisar en fallande trend från 194 till 174 uS/cm mellan djupen 8 till 5 m. Dessutom sker förändringen till en del i steg vilket borde vara rimligt.

Under mätningen i reservoaren togs ett antal prov för labanalys. Resultatet visas i Tabell 2.1.

Sond längd (m)	Tid	Heterotrofa 2d (antal/ml)	Heterotrofa 7d (antal/ml)	Koliforma bakt (antal/100 ml)	E-koli (CFU/100 ml)
10	12.10	50	90	<1	<1
9	13.20	20	70	<1	<1
8	13.50	8	60	<1	<1
7	14.25	30	50	<1	<1
6	14.45	20	60	<1	<1
5	15.20	20	40	<1	<1

Tabell 2.1. Analysresultat från provtagning i Gråbergets reservoar

Som framgår av tabellen är det låga tal för samtliga bakteriologiska analyser. För heterotrofa bakterier är talen möjligtvis lite större mot botten av reservoaren.

Sammanfattningsvis uppvisar alla mätvärden en jämn nivå och det förefaller inte som någon märkbar skiktning i reservoaren var utbildad vid mättillfället.

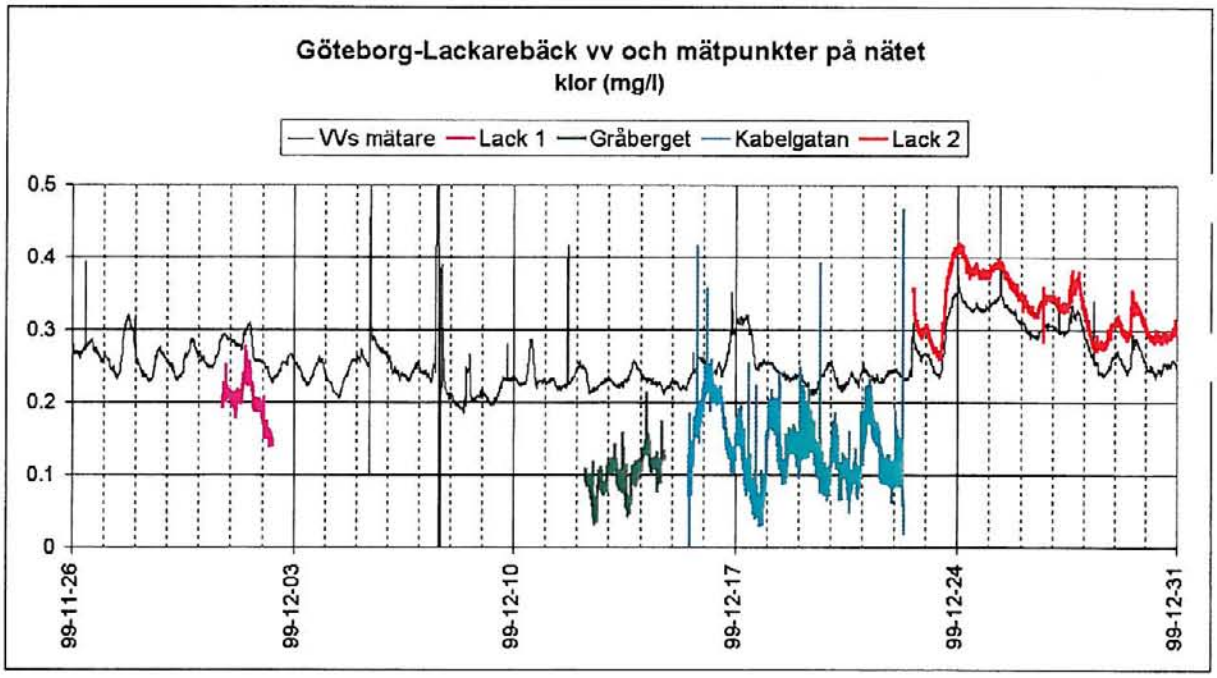
2.7 Mätresultat parametervis

UV-absorbans

Under hela mätperioden varierar värdet mellan 0.15-0.25 / 4 cm. Enligt sambandet i kapitel 1 skulle detta motsvara ett värde för COD_{Mn} på 1.5-2.5 mg/l. Den löpande provtagningen av COD_{Mn} vid vattenverket visar på ett medelvärde på 1.1 mg/l (6 st prov). Den utförda provtagningen för TOC ger ett medelvärde på 2.4 mg/l (12 st prov). Sammantaget är halten av organiskt material mycket låg och stabil under den aktuella perioden.

Kloröverskott

Resultatet från samtliga klormätningar är sammanställda i Figur 2. 2. Utgående kloröverskott från Lackarebäck hade under perioden ett medelvärde på 0.26 mg/l enligt vattenverkets mätare, några 100-delar högre enligt DHIs mätare. Vid Gråbergets södra inlopp är halten ca 0.05-0.15 mg/l när vattnet kommer från nätet och under 0.02-0.1 mg/l när vattnet är på väg ut från reservoaren. Skillnaden mellan inkommande och utgående vatten verkar vara ca 0.07 mg/l i denna punkt. Vid Kabelgatan är mönstret tydligare och nivån ligger lite högre, maxvärdet är ca 0.25 mg/, minvärdet ca 0.05 mg/l och förbrukningen upp till 0.12 mg/l. I reservoaren är klorhalten jämn och ca 0.1 mg/l.



Figur 2. 2. Klorhalt vid vattenverket och övriga mätpunkter.

Redoxpotential

Under första mätomgången vid Lackarebäck, när kloreringen bestod av hypoklorit, varierade redoxpotentialen mellan 530-630 mV. Vid Gråberget var värdet mellan 375-475 mV, utan synbar förändring vid övergången från hypoklorit till klor+klordioxid. Vid Kabelgatan låg värdet inom ett mycket smalare intervall mellan 340-350 mV. Under andra omgången vid Lackarebäck, med det nya klorsystemet, varierade redoxpotentialen mellan 650-750 mV. I reservoarmätningen är värdet ca 440 mV.

I samtliga fall syns ett tydligt samband mellan kloröverskott och redoxpotential. Att redoxvärdet blir högre vid vattenverket med klor + klordioxid är förståeligt. Dock påverkas inte värdet vid Gråberget vid byte av klorsystem. Skillnaden mellan södra inloppet och norra (Kabelgatan) beror förmodligen på olika inslag av vatten från Alelyckan.

Turbiditet

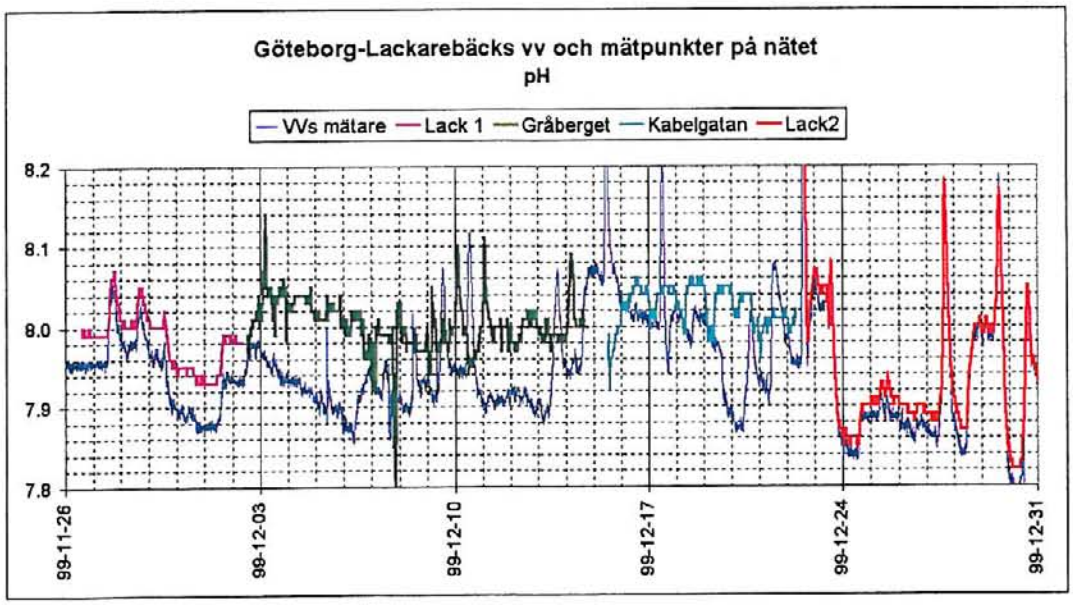
Turbiditeten var under mätperioden mycket låg och stabil ut från verket, detta gällde även vid Gråberget. Störningen som skedde på verket den 5-9/2 visade sig även vid Gråberget. Inledningen av denna störning sammanföll med att luftbubblor fastnade i mätaren vid Gråberget. Efter rengöringen som följde torde den ökade turbiditeten var verklig.

Vid Kabelgatan visar mätningen att turbiditeten ökar varje gång flödet byter riktning mot reservoaren, dock är talen väldigt låga.

Vid reservoarmätningen uppvisas höga värden på botten, men mycket låga och jämna värden genom hela vattenprofilen.

pH

Resultatet från samtliga pH-mätningar är sammanställda i Figur 2. 3. Enligt mätningarna stiger pH-värdet ca 5-7 hundradelar mellan Lackarebäck och Gråberget. Enstaka toppar ut från verket syns mycket tydligt vid Gråberget. Under reservoar-vistelsen sjunker förmodligen pH-värdet med några hundradelar. Vid reservoarmätningen ligger värdet mycket stabilt med ett medelvärde på ca pH 8.02 och en variation på endast någon hundradel genom profilen.

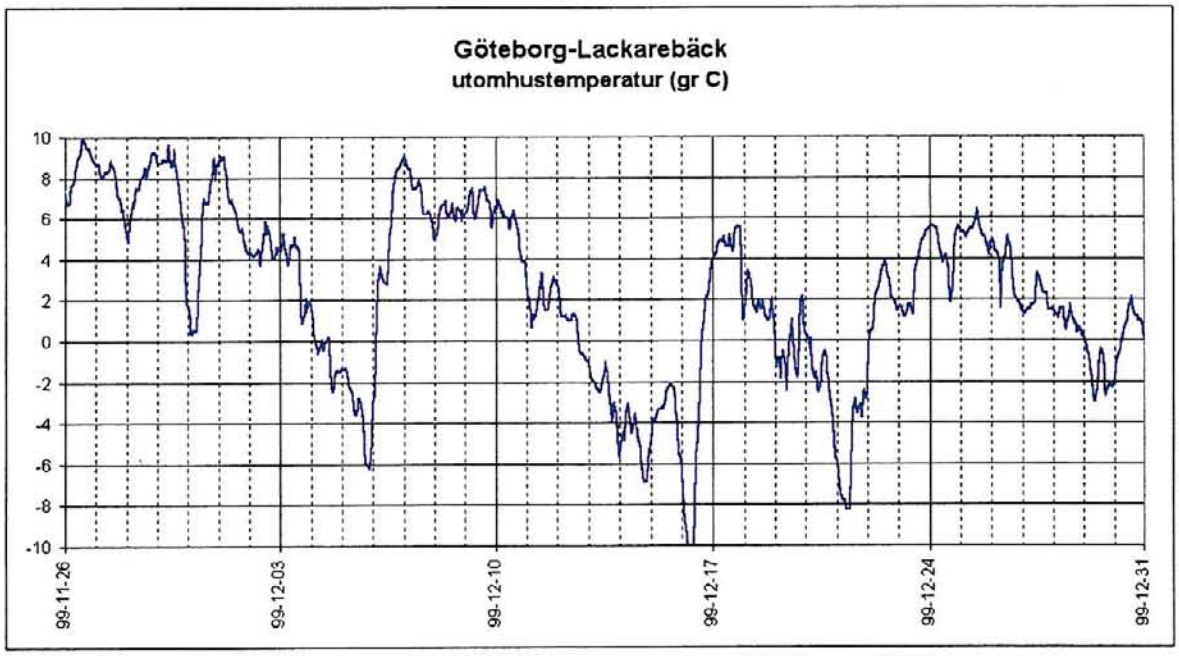


Figur 2. 3. pH vid Lackarebäcks vattenverk och övriga mätpunkter.

Temperatur

I skarven mellan första och andra mätperioden (2/12) är utgående vattentemperatur från verket ca 5.4 gr C. Vid Gråberget är temperaturen under de närmast följande dagarna max 7.4 grader och min 6.4 grader. Mönstret tyder på en uppvärmning i reservoaren, men detta är svårt att acceptera när lufttemperaturen går från plus 8 grader till minus 8 grader ett par gånger med ett medelvärde på ca 0 grader under hela perioden, se Figur 2. 4 . Under andra mätperioden vid Gråberget sjunker temperaturnivån sedan allmänt beroende på sjunkande råvattentemperatur. När mätvagnen flyttats till Kabelgatan blir mönstret lättare att acceptera. Vattnet som är på väg ut från reservoaren är kallare än det vatten som är på väg in, vattnet har alltså kylts av med ca 1 gr C under sin vistelse i reservoaren. Reservoarmätningen, som utfördes 3 veckor senare den 12 januari, visar på en mycket stabil temperatur på ca 4.7 gr C, utan någon tendens till skiktning.

Eftersom medelåldern på vattnet i reservoaren är ca 4 dygn blir temperaturpåverkan förstås en kombination av blandning och påverkan från omgivningen. Som framgår av kapitel 9 nedan är också hydrauliken svår att tolka, vilket kan förvilla utvärderingen av temperaturen.



Figur 2. 4. Utomhustemperatur under mätperioden vid Lackarebäcks vattenverk.

Syrehalten

Generellt är syrehalten en spegelbild av temperaturen vilket tyder på att vattnet är syremättat. Vid kabelgatan kan man dock tycka att syrehalten borde vara högre i det vatten som är på väg ut från reservoaren, eftersom detta är kallare. Detta är inte alltid fallet varför det förefaller som att syre förbrukas i reservoaren.

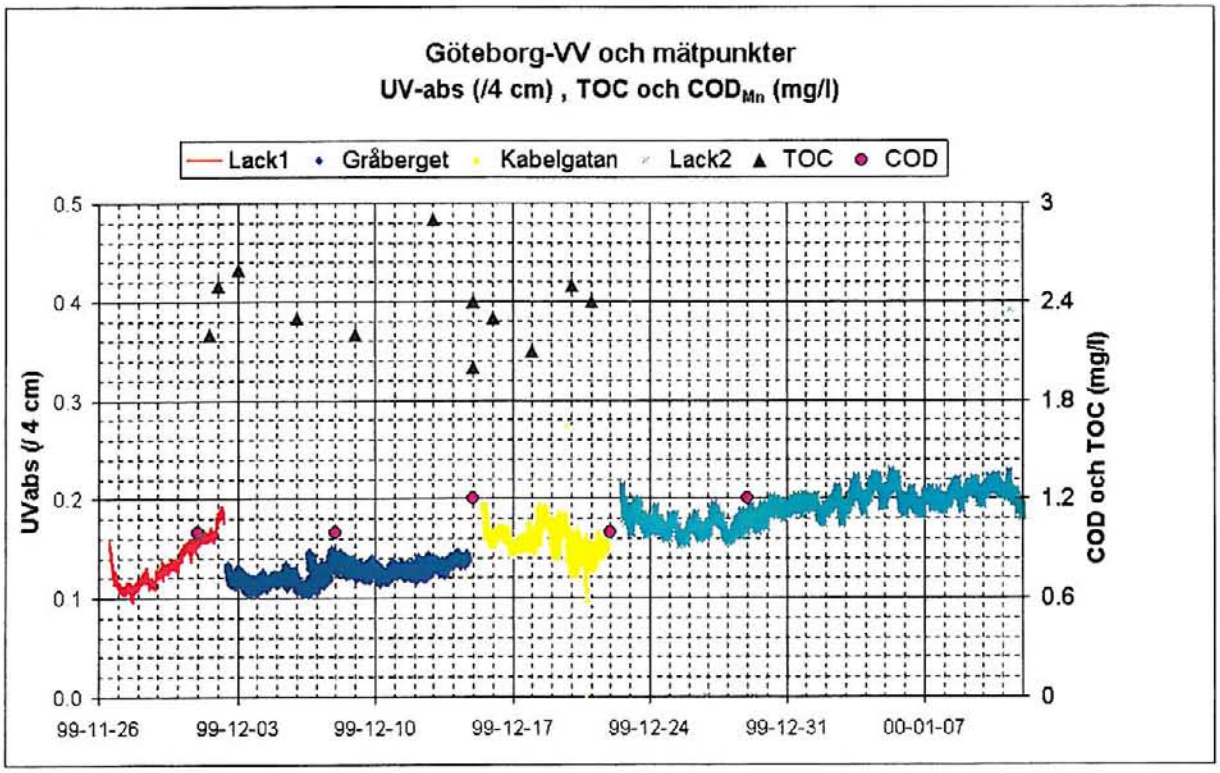
Konduktiviteten

Resultatet av konduktivitetsmätningen är periodvis tveksamt.

2.8 Analysresultat

2.8.1 Mikrobiologiska parametrar

Till grund för all mikrobiologisk aktivitet ligger halten av organiskt material. I den kontinuerliga mätningen är det UV-absorbansen som speglar det organiska materialet. I Figur 2. 5 har analysresultaten för TOC och COD_{Mn} redovisats tillsammans med mätvärdet för UV-absorbans. Som framgår av figuren följs COD och UVabs åt ganska väl medan TOC uppvisar en större variation. Den stigande trenden för UV och det högre värdet vid Lackarebäck under andra perioden sammanfaller med ökad produktion vid verket och en förmodat ökad halt organiskt material i råvattnet.



Figur 2. 5. UV-absorbans tillsammans med analysresultat för TOC och COD_{Mn}

Sammantaget är halten organiskt material mycket låg och stabil. Tillsammans med en låg temperatur borgar detta för en låg mikrobiologisk aktivitet. Detta framgår också av vidstående tabell med analysresultat av bakterier.

Datum	Tid	Uttagspunkt	Heterotrofa 2d (antal/ml)	Heterotrofa 7d (antal/ml)	Koliforma bakt (antal/100 ml)
991201	14.00	KCL utgående	<1	<1	<1
991202	07.50	KCL utgående	<1	<1	<1
991203	10.30	Gråbergs reserv	<1	10	<1
991206	12.00	Gråbergs reserv	<1	10	<1
991209	11.20	Gråbergs reserv	<1	10	<1
991213	10.25	Gråbergs reserv	<1	20	<1
991215	08.25	Gråbergs reserv	1	15	<1
991215	10.20	Kabelg. pumpst	3	20	<1
991216	23.50	Kabelg. pumpst			
991218	00.05	Kabelg. pumpst			
991220	08.25	Kabelg. pumpst	<1	8	<1
991221	08.20	Kabelg. pumpst	<1	20	<1

2.8.2 Korrosionsrelaterade parametrar

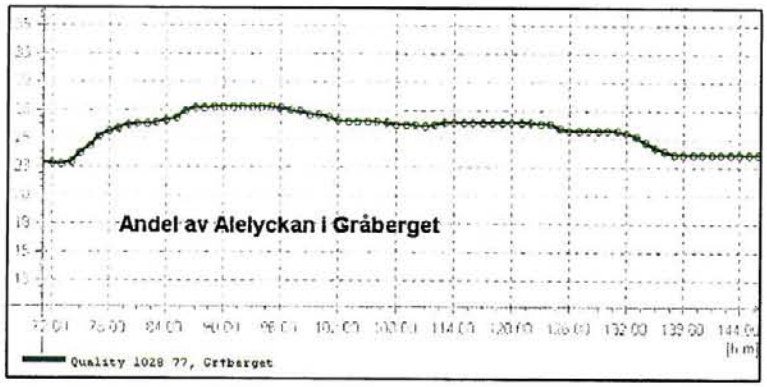
Vid de tre provtagningstillfällena togs sammanlagt 9 prov som analyserades med avseende på järnhalt, alkalinitet och totalhårdhet. Alla resultat finns i bilaga 1.
Alkaliniteten varierade mellan 55 och 66 HCO_3 mg/l med ett medelvärde på 61.2 mg/l. Totalhårdheten varierade mellan 20 och 23 mg Ca/l med ett medelvärde på 21.0. Järnhalten var i samtliga fall < 0.05 Fe mg/l.

I kapitel 2.10 visas en sammanställning av vilka parametrar som använts för korrosionberäkningar samt resultatet av dessa.

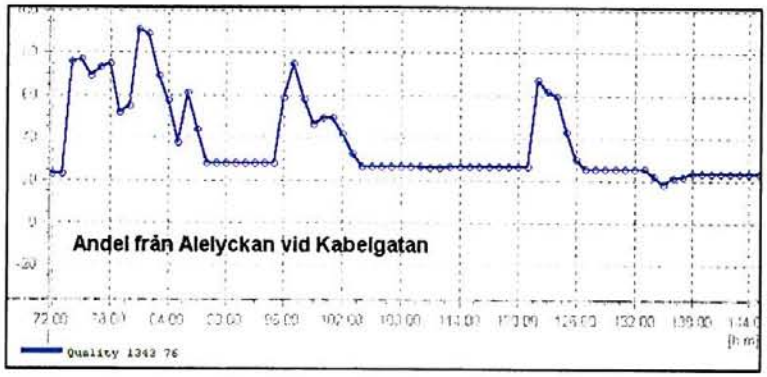
2.9 Samband mellan hydraulik och kvalitet

2.9.1 Vattnets ursprung i mätpunkterna

Avgörande för jämförelser mellan utgående vattenkvalitet från verket och den som man kan mäta upp vid Gråberget är förstås vilket verk som vattnet kommer ifrån. I vidstående bild visas ett beräkningsresultat för torsdag-lördag vecka 9949. Vid denna tid uppgår alltså andelen vatten från Alelyckan i Gråberget till ca 25 % och resten, dvs 75 %, kommer från Lackarebäck.



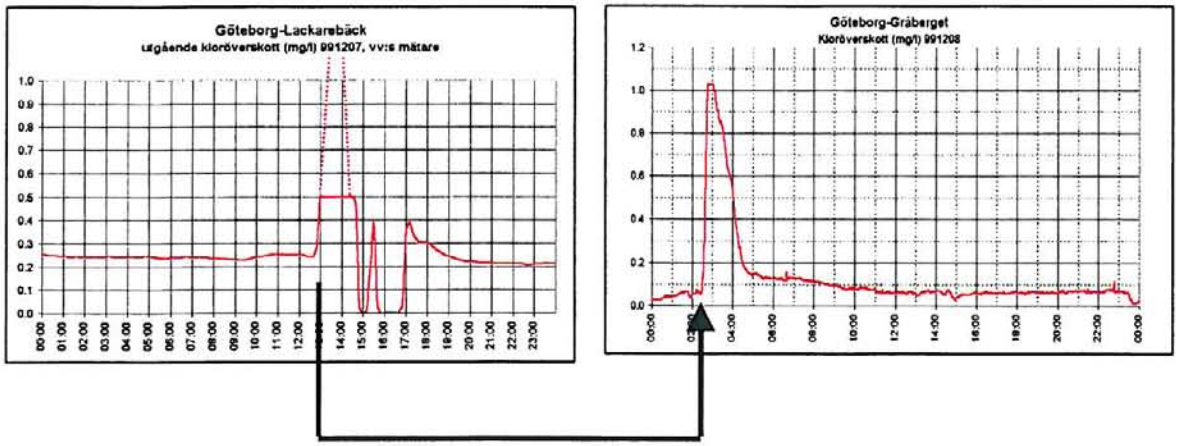
Vid Kabelgatan innebär detta att vattnet från reservoaren innehåller 25 % från Alelyckan medan vissa toppar vid fyllning av reservoaren innehåller 60-90 % från Alelyckan. Resultatet visas i vid-stående bild.



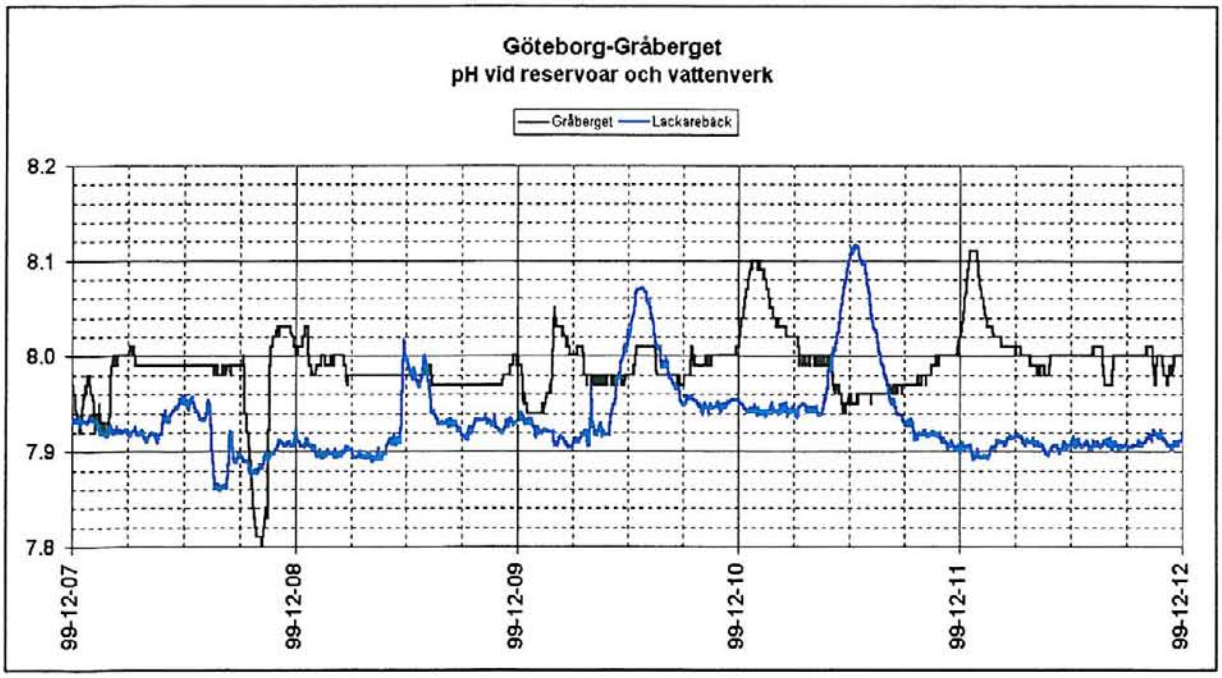
Vid Gråbergets södra anslutning är det framför allt vid fyllning som vattnet innehåller en något lägre andel från Alelyckan. Detta beräkningsresultat visas i vidstående bild.

2.9.2 *Transporttid från Lackarebäck till Gråberget*

Transporttiden mellan Lackarebäck och Gråberget har kunnat utläsas av variationer i kvalitet ut från verket som sedan indikerats vid reservoaren. Främst gäller detta den klortopp som gick ut från verket 991207 kl 13 och som registrerades vid Gråberget 991208 kl 02, varigenom transporttiden kunde uppskattas till ca 13 timmar vilket visas i nedanstående bild.



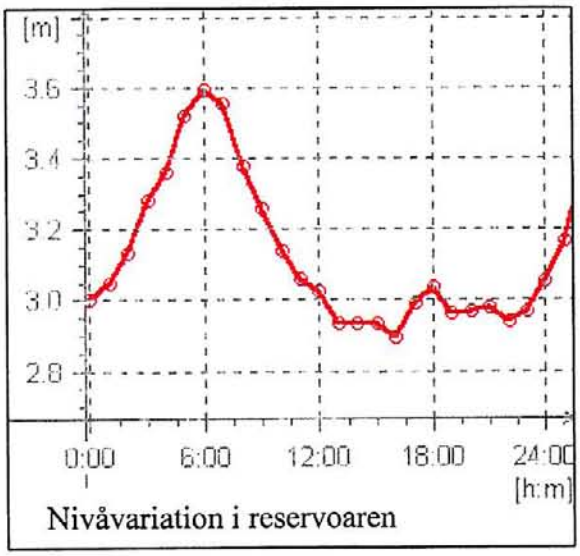
Men även mer normala variationer i kvalitetsparametrar vid Lackarebäck kan användas som spårämne. T ex visas i Figur 2. 6. hur variationer i utgående pH-värde vid verket kan iakttas vid Gråberget mellan 6 och 14 timmar senare beroende på när på dygnet händelsen inträffar och hur utpumpningen från respektive vattenverk styrs.



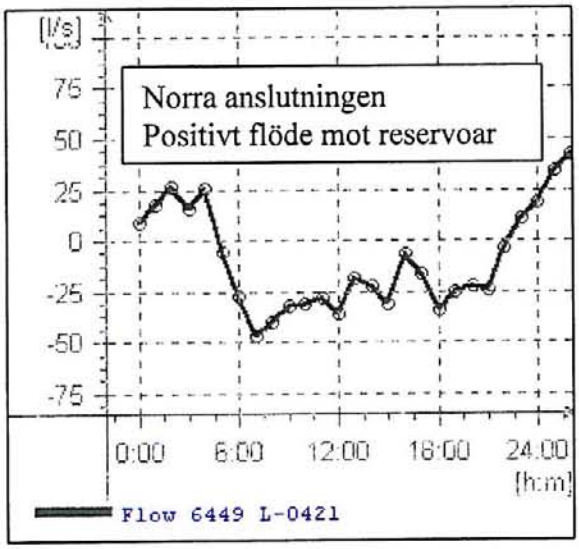
Figur 2. 6. Utgående pH från Lackarebäck och vid Gråbergets reservoar.

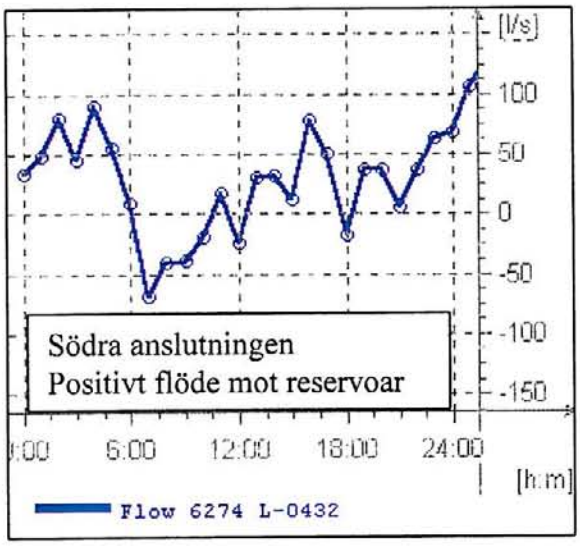
2.9.3 *Flödesbilden runt Gråberget*

Vid en reservoar som matas från endast ett håll är kvalitetsskillnaderna ganska tydliga mellan inkommande och utgående vatten. Vid Gråberget och Kabelgatan har utvärderingen av mätningarna besvärats av motstridiga resultat om man försöker relatera kvalitetsparametrar mot nivåtrenden i reservoaren. Tanken uppstår att flödesriktningen i respektive mätpunkt inte är entydigt kopplad till om nivån stiger eller sjunker i reservoaren. I vidstående figur visas hur nivån varierar under ett dygn i Gråbergets reservoar. I de båda figurerna nedan visas hur flödesriktningen varierar i de båda mätpunkterna.



Nivåvariation i reservoaren

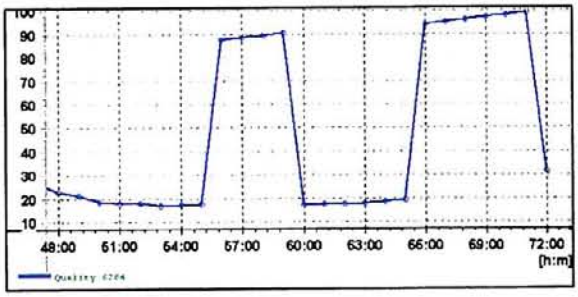




Även beräkningarna visar att flödesriktningen i mätpunkterna inte entydigt följer nivåförändringen i reservoaren. T ex kl 5 på morgonen är flödet riktat från reservoaren vid norra anslutningen (motsvarande Kabelgatans mätpunkt) trots att reservoaren fylls. Vid södra anslutningen är t ex flödesriktningen kl 11 mot reservoaren trots att nivån sjunker. Under dagtid när nivån ligger relativt konstant är också flödet vid den södra anslutningen mycket litet och kan snabbt byta riktning .

2.9.4 *Ålder kopplad mot kvalitet*

I vidstående figur visas resultatet från en åldersberäkning för en punkt vid södra anslutningen till Gråberget under mitten av vecka 9949. Vid denna tidpunkt är åldern ca 18 timmar när vattnet kommer från verket och ca 90 timmar när vattnet kommer från



reservoaren. Åldersberäkningen för reservoaren bygger då på en total omblandning.

Ett försök att hitta representativa värden för klor och pH vid denna tid blir enligt följande:

Parameter	Ut från vv Åldern = 0	In mot reservoar Ålder = 18 tim	Ut från reservoar Ålder = 90 tim
pH	7.94	8.02	8.00
Klor (mg/l)	0.22	0.12	0.05

En sammanställning av beräknad ålder mot pH och klor finns för samtliga projekt under kapitel 7.

Någon mikrobiologisk tillväxt som kan relateras mot beräknad ålder har över huvud taget inte kunnat iakttas.

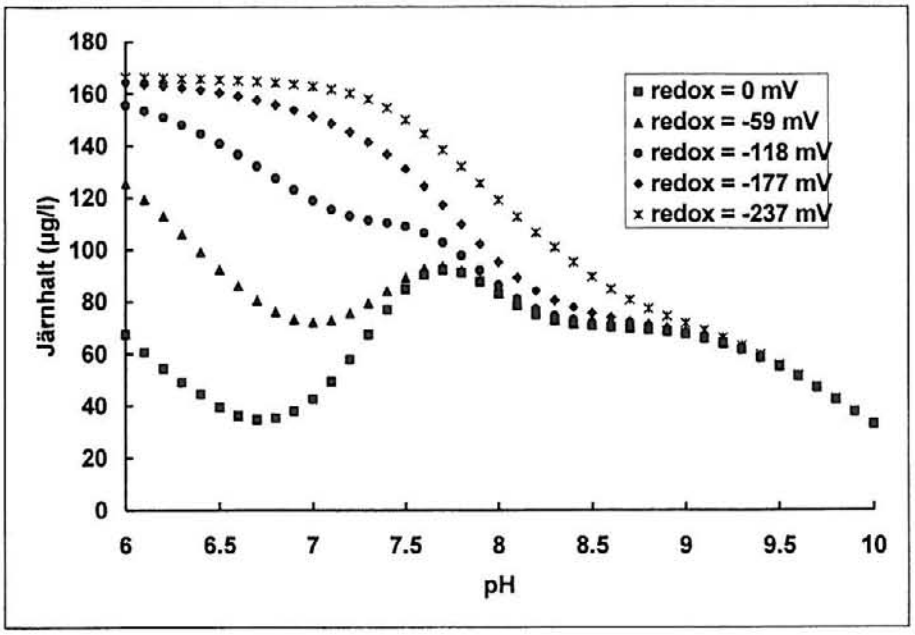
2.10 Korrosionsberäkningar

I Tabell 2.2 visas de kvalitetsparametrar som använts för korrosionberäkningen.

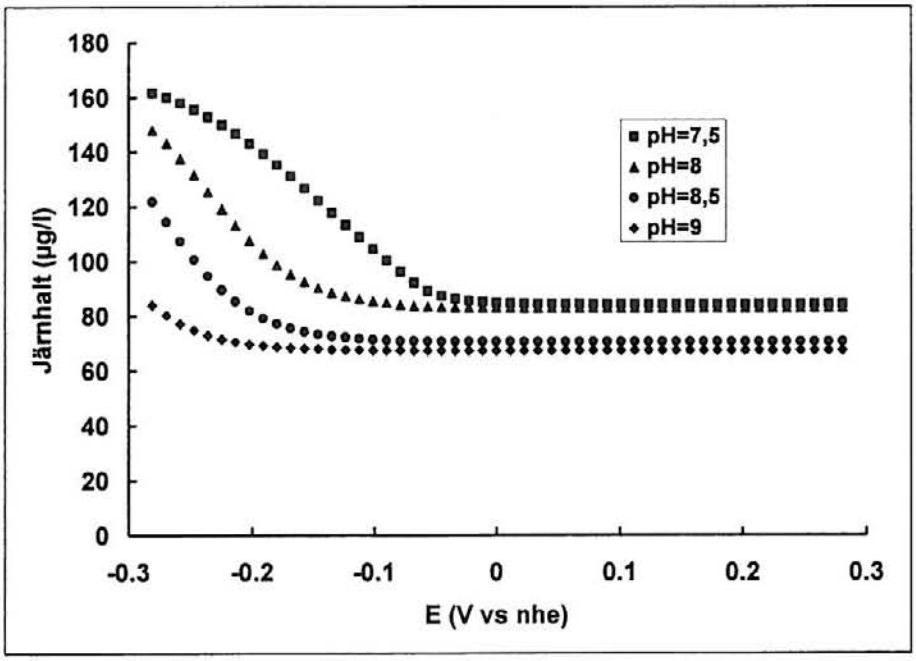
Parameter	Värde
Alkalinitet (mg/l)	60
pH	7.5-9
Kalcium (mg/l)	19
Klorid (mg/l)	14
Sulfat (mg/l)	27
TOC (mg /l)	2.4
Redoxpotential	-300 – 300

Tabell 2.2. Vattenkvalitetsparametrar för beräkningar av järnhalten i distributionsnätet i Göteborg enligt ytkomplexmodellen.

Resultatet av beräkningarna visas i diagramform i Figur 2. 7 och Figur 2. 8. Som framgår av figurerna skulle teoretisk järnhalt uppgå till 0.07-0.09 mg/l även vid normalt förekommande värden på redox. Inom aktuellt intervall ger det högsta pH-värdet bäst motståndskraft mot förhöjd järnhalt till följd av fallande redox. Vid pH 8.0 ökar järnhalten snabbt när redoxpotentialen sjunker under – 100 mV. Ju högre pH-värdet är, desto lägre blir också den teoretiska järnhalten. Aktuella analysresultat visar att järnhalten är mindre än 0.05 mg/l. Detta visar att beräkningsmodellen överskattar normalt förekommande järnhalt och att provtagning utförts på sådana platser där redoxpotentialen inte sjunkit till kritiska nivåer.



Figur 2. 7. Beräknad järnhalt vid jämn spolning i brandposter som funktion av redoxpotential vid olika pH-värden för ett dricksvatten från Göteborg.



Figur 2. 8. Beräknad järnhalt vid jämn spolning i brandposter som funktion av pH vid olika redoxpotentialer för ett dricksvatten från Göteborg.

2.11 Sammanfattning och diskussion av mätningarna i Göteborg

Mätpunkten vid Gråberget valdes för att om möjligt sprida lite ljus över de problem som förekommit där. Mätpunkten vid Kabelgatan ligger mycket nära, ca 100 m från Gråbergets reservoar på huvudledningen. Både mätningar och beräkningar visar att hydrauliken runt reservoaren inte är entydig. Alltså kan vattnet förmodligen gå in på ena sidan och ut på andra sidan helt beroende på nivån i reservoaren och tryckförhållanden runtom. Vidare är det exakta utseendet med skiljeväggar och rördragningar inte helt känt i reservoaren. Allt detta innebär att mätresultaten vid reservoaren och vid Kabelgatan inte är helt enkla att tolka. Vad som är mera betydande är kanske att detta också medför att man har dålig kon-

troll på hur vattnet rör sig och hur stor den verkliga uppehållstiden blir. Ett observandum är också att turbiditetsmätaren blev fylld med luft vid Gråberget, orsaken till detta har dock ej kunnat klarläggas. Ovanstående förhållanden kan vara bidragande till att problem med bakterier förekommit vid reservoaren. All provtagning, vid och i reservoaren, har visat på mycket låga bakterietal. Vi kan bara konstatera att förhållandena med låg halt organiskt material och kallt vatten motverkade bakteriell tillväxt.

Mätningarna vid Gråberget har också visat på en mycket tydlig reaktion på händelser vid vattenverket, t ex variation i pH och klor. Detta ger mycket gott underlag för kalibrering av beräkningsmodellen. En förnyad mätning med samtidig kontroll av nyckelparametrar även vid Alelyckan skulle ge en ännu bättre bild av vattnets ursprung vid Gråberget. Man kan konstatera att något främmande spårämne inte behövs. Naturliga, eller eventuellt framkallde, variationer i t ex pH är tillräckliga.

Mätningarna vid verket är naturligtvis bra referenspunkter för mätningar på nätet. Dock finns vid Lackarebäck, liksom de flesta andra vattenverk, en god uppföljning av utgående vattenkvalitet både on-line och genom provtagning. Det som tillförs av värde med den mobila utrustningen är främst kontinuerlig mätning av UVabsorbans, och i det här fallet redoxpotential eftersom klormedel byttes under perioden.

UV-värdet var stabilt och lågt under mätningarna vid vattenverket, det finns exempel på större variationer från andra ställen vilket är att hänföra till variationer i vattentäkten. Man kan konstatera att UV-värdet uppvisar en småskalig dygnsvariation vid vattenverket. Förmodligen beror detta på uppehållstiden i lågreservoaren. Det är tydligt att även klorhalten uppvisar en variation med liknande mönster, också beroende på uppehållstiden i reservoaren. Eftersom båda dessa parametrar uppvisar liknande variationer har VA-verket gjort en undersökning av klorhaltens inverkan på UV-värdet, se bilaga 7. Dock utan att hitta några samband. De båda parametrarnas variation får därför betraktas som oberoende av varann men ändå beroende av någon gemensam faktor. Den observerade dygnsvariationen för UV har även iakttagits vid reservoarer på nätet, dock utan att någon förklaring funnits tillhands.

Mätningarna har visat på tydliga samband mellan variationer i utgående vattenkvalitet från Lackarebäcks vattenverk och förekommande variationer vid Gråbergets reservoar. Vidare har mätningarna i kombination med beräkningarna visat att förhållandena i och vid reservoaren inte är entydiga. Samtliga iakttagelser rör förhållandena på huvuddistributionssystemet. För att studera mer påtagliga förändringar måste man flytta längre ut i det finmaskigare distributionssystemet.

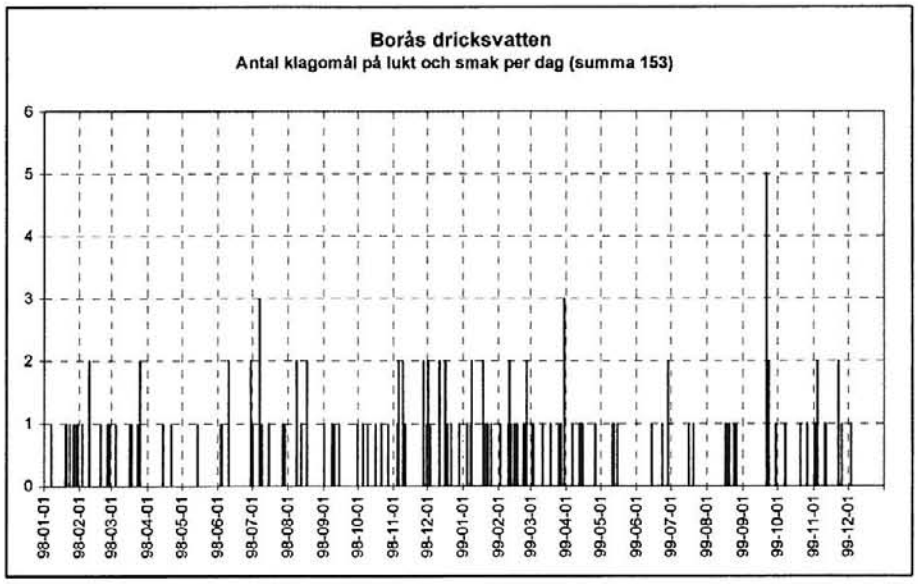
3. Mätningar i Borås

3.1 Allmänt

Under ett antal år har problem förekommit med lukt- och smak samt heterotrofa bakterier i Borås. Vattenbehandlingen vid Sjöbo vattenverk utgörs av förklorering, kemisk fällning, snabbfilter med aktivt kol och efterklorering. Utan att gå in på någon detaljerad beskrivning av vattenbehandlingen eller dess resultat har tidigare mätningar visat att bl.a halten av organiskt material ut från verket kan variera i betydande grad. Resultatet i detta avseende följs upp med ett prov per vecka där halten organiskt material bestäms genom analys av COD_{Mn} .

Inkomna klagomål registreras, för hela distributionsområdet har 153 klagomål på dålig lukt och smak rapporterats för åren 1998-1999. Under samma period har inom ett utvalt område (östra 2H och östra 3H) 28 av totalt 100 analyser fått anmärkning.

I Figur 3. 1 visas hur klagomålen fördelade sig över tiden för hela distributionsområdet.



Figur 3. 1. Antal klagomål per dag på lukt och smak i Borås under 1998-1999.

Som framgår av Figur 3. 1 fördelar sig klagomålen relativt jämnt över tiden, för den begränsade perioden förefaller det dock som att frekvensen ökar under vintertid. Sammantaget är det mycket ovanligt att fler än två klagomål registreras per dag.

En bearbetning av statistiken för klagomål och analyser med anmärkningar för en längre tidsperiod skulle kunna ge mera information. Därvid skulle det vara intressant att se om det finns något samband med de kvalitetsparametrar som mäts och analyseras för utgående vatten vid Sjöbo.

I tidigare projekt har mätningar utförts vid vattenverket och i distributionssystemets västra delar. Mätningarna utfördes på huvudledningsnätet där ålderstillväxten huvudsakligen skapats av reservoarvistelse och inte påverkats av lång uppehållstid i lokalt distributionssystem. Typiskt från mätresultaten var att tydliga dygnsmönster kunde iakttas, förmodligen skapade av uppehåll i reservoarer. Mätningen av UV-absorbans visade också på stora variationer av organiskt material, variationer som ej kunnat uppfattas genom veckoprovtagning vid verket.

I ett annat projekt där leveransen av Boråsvatten till den angränsande kommunen Bollebygd och samhället Hultafors studerades, kunde konstateras att vattnet vid förbindelsepunkten (en ventilkammare med kontionuerligt flöde) vid ett antal tillfällen uppvisat höga tal av 7-dygns heterotrofa bakterier. På båda sidor om kommungränsen var det också vanligt med höga tal av 2- och 7- dygns heterotrofa bakterier samt aktinomyceter, jäst och mögel i reservoarer.

Det finns två centrala frågeställningar som påverkar utformningen och innehållet av mätningarna och provtagningarna:

1. Vilka ämnen är det som ger lukt och smakproblemen ?
2. Hur alstras eller växer dessa ämnen till ?

Utan att kunna svara i detalj på dessa frågor kan man vara säker på att resultatet av beredningen och händelser på ledningsnätet avgör utvecklingen. Antingen slipper tillräckliga mängder av lukt- och smakämnen igenom vattenverket eller gynnas tillväxten av ämnena på ledningsnätet beroende på gynnsamma förhållanden. Förmodligen är de viktigaste faktorerna för mikrobiologisk tillväxt på ledningsnätet innehållet av organiskt material, temperatur, halt av desinfektionsmedel och tiden som förflyter med gynnsamma förhållanden.

Om problemen uppträder lokalt och sporadiskt på ledningsnätet kan detta också förklaras med att biofilmen under lång tid växer till och därefter under vissa förhållanden lossnar och ger kvalitetsstörningar.

För de nu aktuella mätningarna har zonerna som kallas "Östra 2 H" och "Östra 3 H" valts ut. Detta beroende på att mycket klagomål registrerats för dessa områden.

3.2 Beskrivning av distributionssystemet

Från lågzonen där vattenverket är beläget delar sig distributionsområdet i en östlig och en västlig gren. Åt vardera hållet tryckstegras vattnet i ett flertal omgångar mot högre belägna zoner. För vissa zoner som ligger lågt i förhållande till sin omgivning reduceras trycket.

Till den nu aktuella zonen Ö2H kommer vattnet från zonen Ö1H. Zonen Ö1H matas från lågzonen via tryckstegringsstationen Kristineberg, som är nivåstyrd mot reservoaren Hultaberg, och direkt från vattenverket via en separat högtryckspump. Zonen Ö2H matas därefter via tryckstegringsstationen Hässleholmen som är nivåstyrd mot reservoaren Önparken. Zonen Ö3H är en stum zon utan reservoarer som matas av två st tryckstegringsstationer med varvtalsreglerade pumpar, Tyllgatan och Mårdgatan.

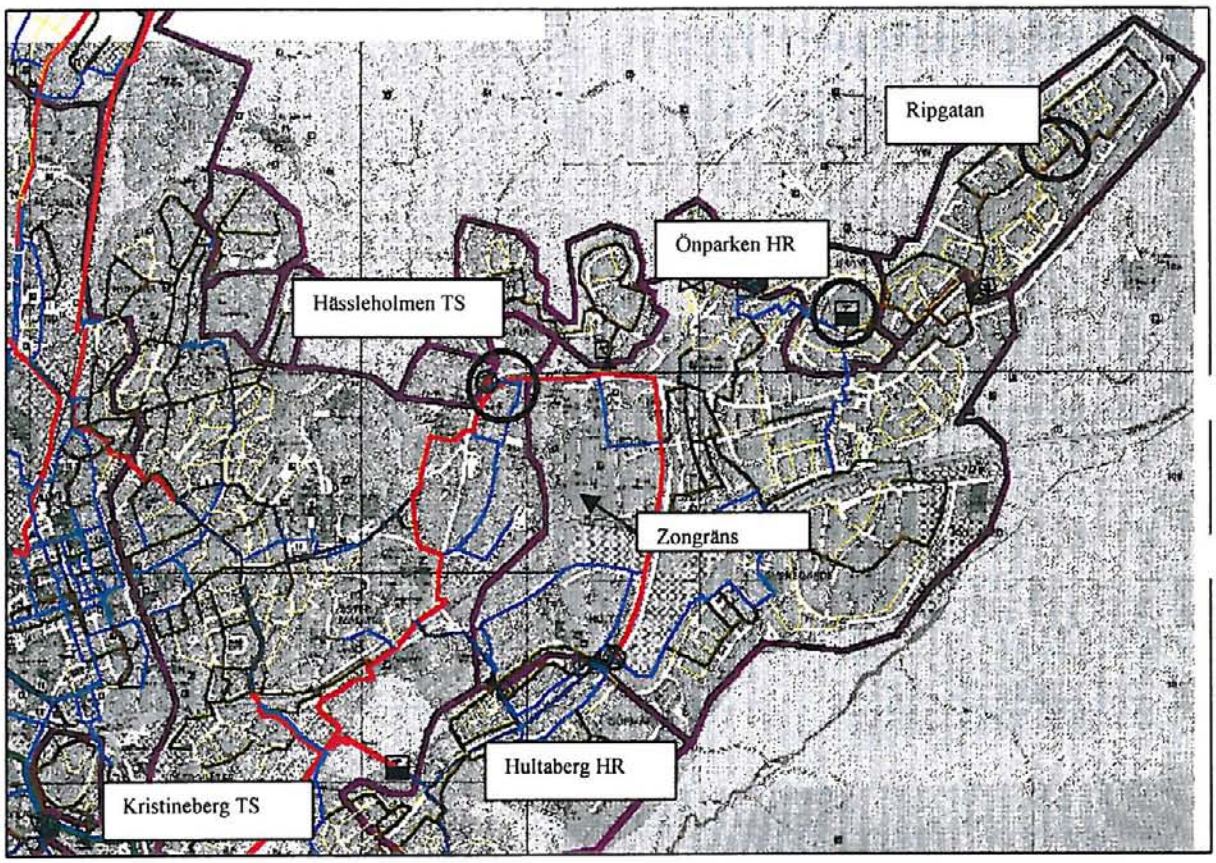
3.3 Mätpunkter

Följande mätpunkter har valts ut:

1. Vid inmatningspunkten till Ö2H, dvs tryckstegringsstationen Hässleholmen (på tryckssidan om pumparna).
2. Vid reservoaren Önparken. En anslutning ordnas där vattnet passerar på sin väg såväl in till reservoaren som ut från densamma.

3. En punkt på ledningsnätet där ett större antal av klagomål och/eller analysresultat med anmärkning förekommit. Här väljs Ripgatan 12 i zonen Ö3H.

I Figur 3. 2 visas distributionssystemets utseende och mätpunkternas belägenhet.



Figur 3. 2 Distributionssystemets utseende och mätpunkter i Borås.

3.4 Kompletterande mätning och provtagning

Den kontinuerliga övervakningen av utgående vatten vid vattenverket sker genom mätning av temperatur, turbiditet, kloröverskott, pH och restaluminiumhalt. Under mätprojektet kompletteras den ordinarie mätningen vid vattenverket med kontinuerlig mätning av UV-absorbans som ett mått på halten av organiskt material.

Vid mätningarna på ledningsnätet är det utöver de ordinarie 8 parametrarna främst provtagning för bakteriologisk analys som är intressant. Med tanke på den stora variationen i vattnets möjliga historia planerades att ett antal prov skulle tas under en dag för att se om det blir någon skillnad beroende på varifrån vattnet kommer vid olika tidpunkter. Beräkningar och mätningar skulle anvisa vilka tider som var lämpliga. Analyserna skulle omfatta heterotrofa 2- och 7-dygnsbakterier, koliforma bakterier samt aktinomyceter, jäst och mögel. Proven skulle tas ut manuellt i provtagningskran i mätvagnen av Gatukontorets personal. Som ett annat mått på potentialen för mikrobiologisk aktivitet togs prov för analys av TOC.

Även om studien i Borås primärt har mikrobiologiska förtecken tas även vissa analyser för jämförelse med de studier som huvudsakligen inriktas på korrosionsproblem. Därför analyseras även järn, total hårdhet och alkalinitet i punkterna ute på nätet vid minst tre tillfällen per punkt.

För mätningarna i Borås har beslutats att även mätning av UVabsorbans ska ske vid verket under hela tiden som mätningarna pågår ute på nätet. Denna mätare är försedd med en provväxlare som gör att vatten kan tas från fyra olika punkter i processen. Primärt ansluts råvatten och dricksvatten till instrumentet.

Det beslutades att även reservoarmätningar skulle göras i Önparken och Hultabergs reservoar. Detta innebär att en sond sänks ner i reservoaren och vatten pumpas från olika nivåer genom mätutrustningen. Härvid kan även provtagning utföras i mätvagnen.

3.5 Hydrauliska observationer och beräkningar

Vid inmatningspunkten till zonen Ö2H, dvs tryckstegringsstationen Hässleholmen, kan vattnet komma antingen direkt från vattenverket, utan att passerat genom lågzonen, eller genom Kristinebergs tryckstegringsstation efter att ha passerat lågzonen och eventuell reservoaren där. I båda fallen kan vattnet även ha varit i Hultabergs reservoar i zonen Ö1H. Det är tydligt att man inte med enbart observation av flöden och nivåer kan fastställa vattnets väg till Hässleholmen. Därför ska en beräkningsmodell användas för att under mätperioden studera vilken väg vattnet kommer till mätpunkten.

I mätpunkten vid reservoaren Önparken ger ordinarie nivåmätning i reservoaren besked om vattnet är på väg till eller från reservoaren. När vattnet är på väg mot reservoaren kvarstår dock frågan varifrån vattnet kommer till inmatningspunkten Hässleholmen. Därför föreslås att samma modellbetraktelse som vid första mätpunkten används.

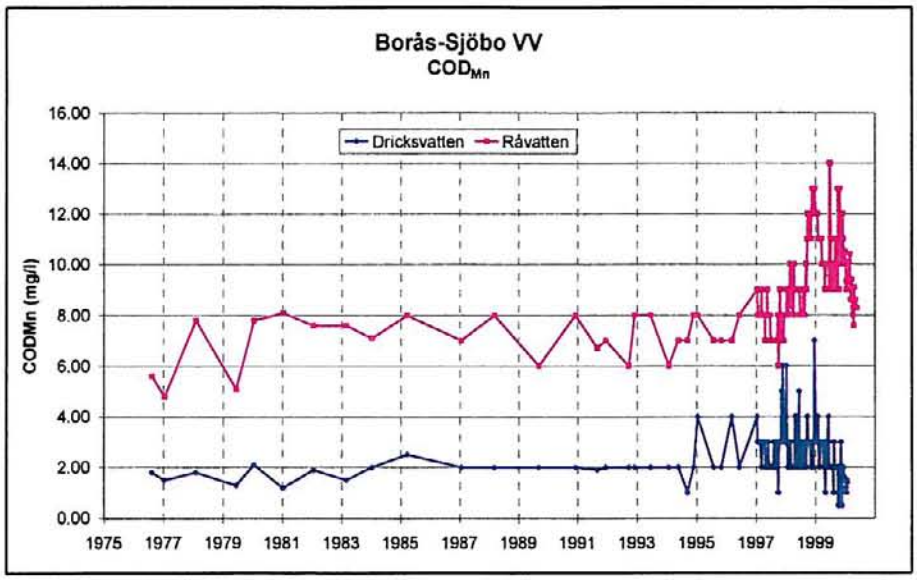
I mätpunkten ute i distributionssystemet i Ö3H kan vattnet komma antingen från reservoaren Önparken eller direkt från inmatningspunkten Hässleholmen och vidare genom tryckstegringsstationen Tyllgatan eller Mårdgatan. I denna mätpunkt behöver därför modellbetraktelsen inkludera även zonen Ö2H.

Det är ett stort antal hydrauliska observationer som behövs för att de föreslagna modellstudierna ska kunna efterlikna verkliga förhållanden under mätperion. Ihop med den heltäckande befintliga modellen finns dock definierat en uppsättning av mätvärden som kan inhämtas från övervakningssystemet på känt manér.

3.6 Mätresultat punktvis

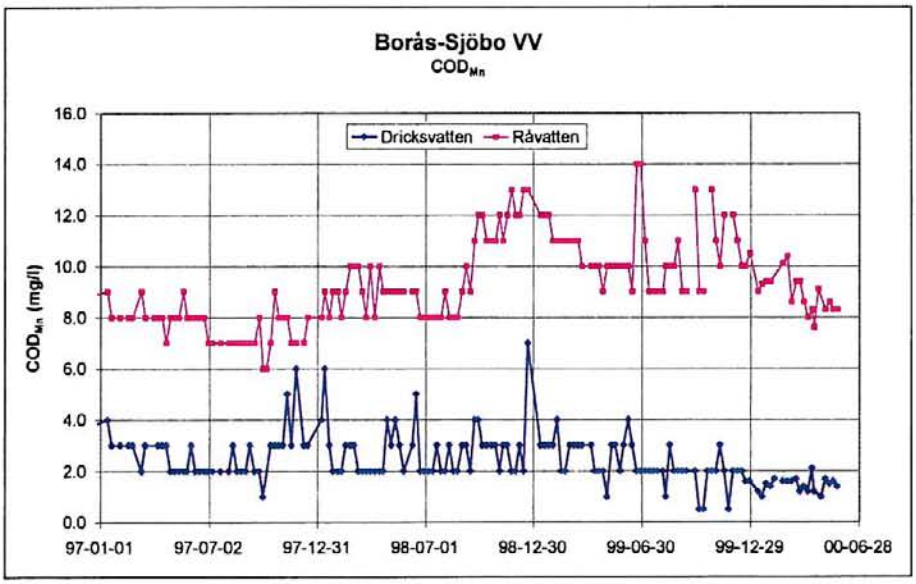
3.6.1 Historik

Eftersom mikrobiologiska problem har förekommit till och från kan det vara intressant att studera hur styrande i faktorer i detta avseende har varierat över tiden. I Figur 3. 3 visas hur halten organiskt material, mätt som COD_{Mn} , har förändrats sedan 1979 i råvatten och dricksvatten. Provtagningsfrekvensen var ju betydligt lägre tidigare, men som helhet förefaller perioden från 1979 till 1994 erbjudit stabila förhållanden för både rå- och dricksvatten.



Figur 3. 3 Halten organiskt material mätt som CODMn vid Sjöbo 1975-1999.

Under åren 1995-1997 inleddes ett oroligare mönster för råvattnet vilket också resulterat variationer på renvattensidan. Under hösten 1998, som var mycket nederbördsrik, kulminerade halten organiskt material. För närvarande tenderar nivån att återgå till vad som var mer normalt fram till år 1996. Analysresultaten avseende COD_{Mn} för de tre senaste åren visas i Figur 3. 4.



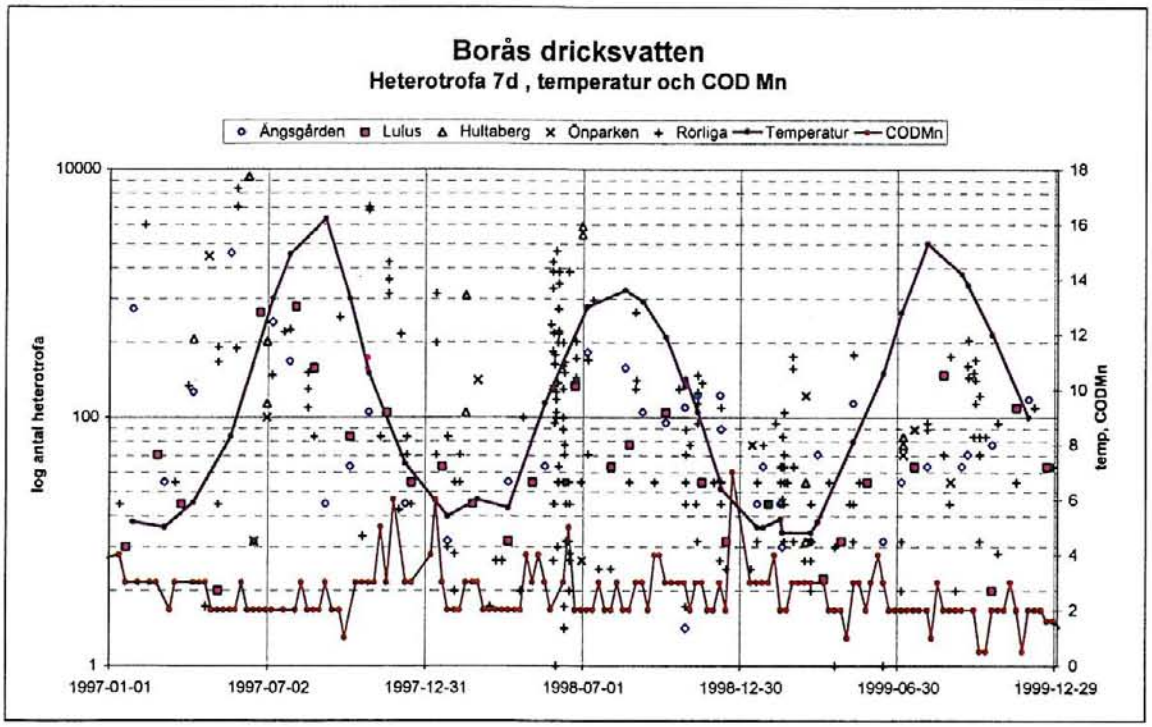
Figur 3. 4 Halten organiskt material mätt som CODMn vid Sjöbo 1997-2000.

Under förutsättning att temperaturen och halten organiskt material är avgörande för mikrobilogisk återväxt borde detta samband kunna visas med hjälp av tidsserier för respektive parameter. I Figur 3. 5 visas hur antalet heterotrofa 7-dygnsbakterier förekommit i olika provtagningspunkter inom det aktuella området tillsammans med vattnets temperatur och utgående halt av organiskt material.

Sommaren 1997 var temperaturen relativt hög, som mest 16 grader. Trots att halten organiskt material var låg resulterade detta i många analyser med höga tal. Under hösten 1997 inträffade förhöjda halter av organiskt material, detta resulterade i ett antal höga tal trots att

temperaturen var låg. Under sommaren 1998 inträffar en period med viss förhöjning av organiskt material samtidigt som temperaturen är på väg upp, detta resulterar i ett antal analyser med höga tal. Senhösten 1998 inträffar ånyo en period med högre halt organiskt material, men temperaturen är låg och bakterietalen relativt låga. Under 1999 har trenden med organiskt material varit avtagande och inga höga tal har påträffats trots att temperaturen varit hög.

Sambanden är inte helt tydliga vilket vi med säkerhet, åtminstone delvis, kan förklara med att vattnets ursprung och ålder i provtagningspunkterna är helt okända. Dessutom ger veckoprov med COD_{Mn}-analys utrymme för variationer som inte upptäcks. Dock förefaller analyser med besvärande höga tal av heterotrofa 7-dygnsbakterier vara betydligt mer ovanliga under det senaste året.



Figur 3. 5 Antal heterotrofa 7-dygns bakterier (punkter i logaritmisk skala) samt temperatur och COD_{Mn} i olika provtagningspunkter i Borås 1997-1999.

3.6.2 Tider och urval

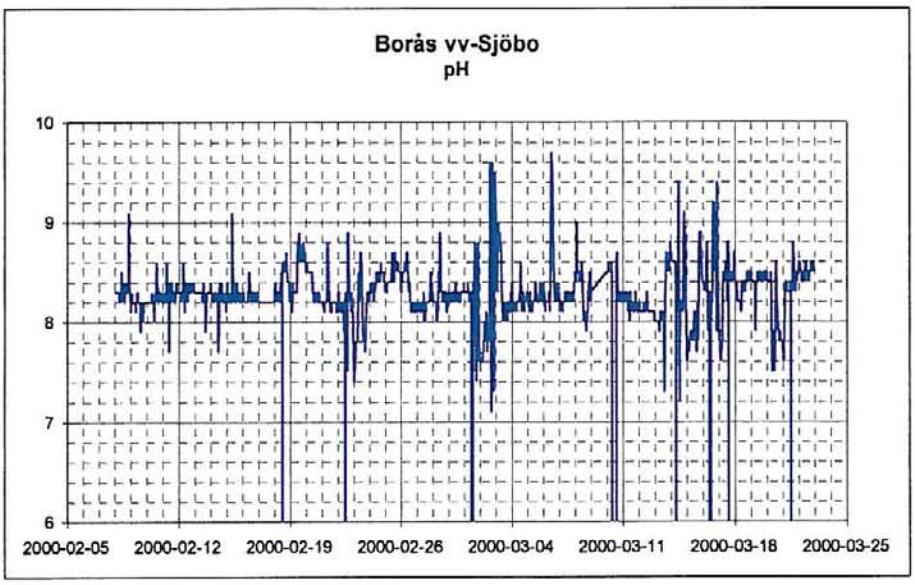
Mätresultaten visas grafiskt i sin helhet i bilaga 2. I den löpande texten visas utvalda perioder för vissa parametrar som är särskilt intressanta. I nedanstående kalender visas en sammanställning av när mätning och provtagning skett i de olika punkterna.

Vecka	V 7							V 8							V 9							V 10							V 11							V 12		
Plats																																						
Hässleholmen ts																																						
provtagning																																						
Önparken																																						
provtagning																																						
Ripgatan																																						
provtagning																																						
Hultaberg hr																																						
Önparken hr																																						
Datum	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Veckodag	M	Ti	O	To	F	L	S	M	Ti	O	T	F	L	S	M	Ti	O	T	F	L	S	M	Ti	O	T	F	L	S	M	Ti	O	T	F	L	S	M	Ti	O

3.6.3 Sjöbo vattenverk

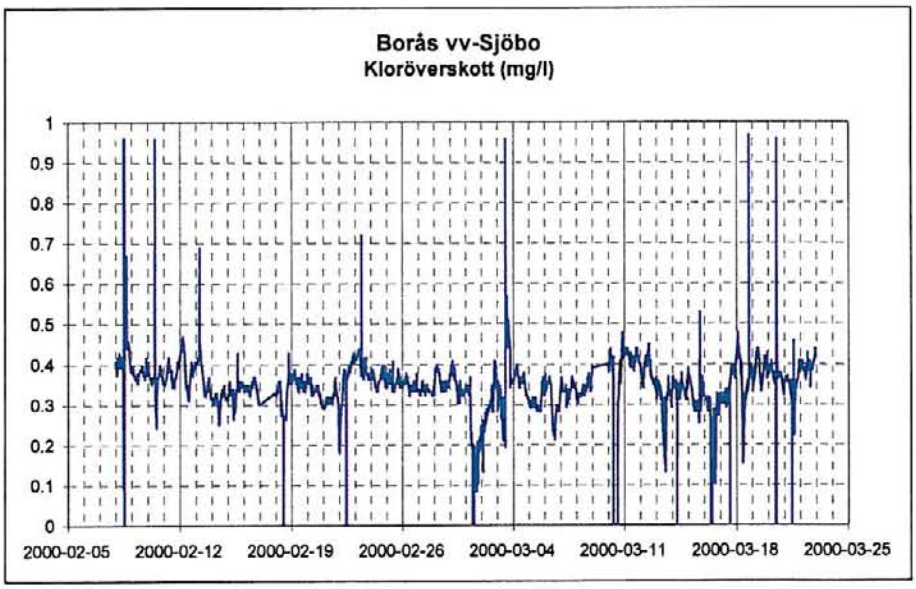
Från mätpunkten vid vattenverket fanns även resultaten från de permanenta mätarna tillgängliga. Dessa är pH, turbiditet, kloröverskott och restaluminiumhalt, samtliga med 6 minuters upplösning. Dessutom fanns under hela mätperioden en kontinuerlig mätning av UV-absorbans på vattenverket.

I Figur 3. 6 visas utgående pH-värde med ett medelvärde på 8.2 men som lägst 7.1 och som högst 9.7.



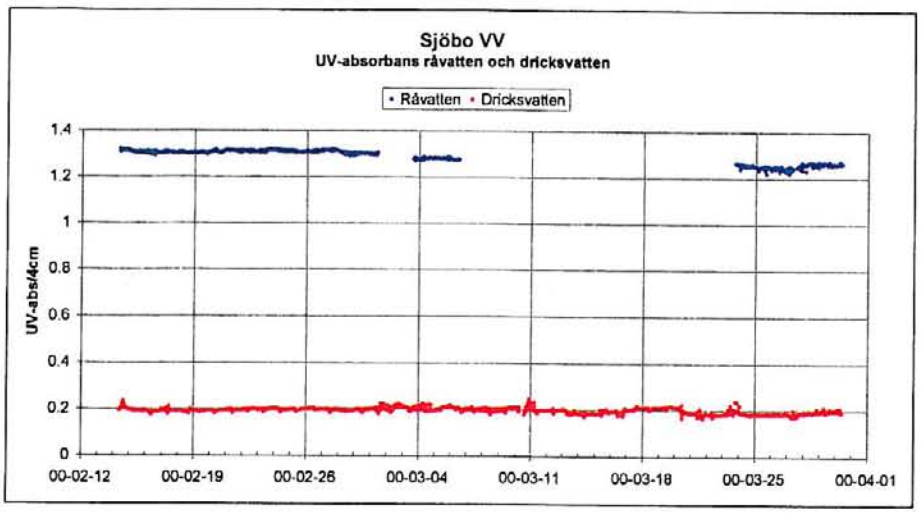
Figur 3. 6 pH på utgående dricksvatten från Borås vv under mätperioden.

I Figur 3. 7 visas utgående kloröverskott med ett medelvärde på 0.34 mg/l men enstaka tillfällen ner till 0.1 mg/l och upp till 0.5 mg/l, om man tar bort extremvärden som mindre trovärdiga mätresultat.



Figur 3. 7 pH på utgående dricksvatten från Borås vv under mätperioden.

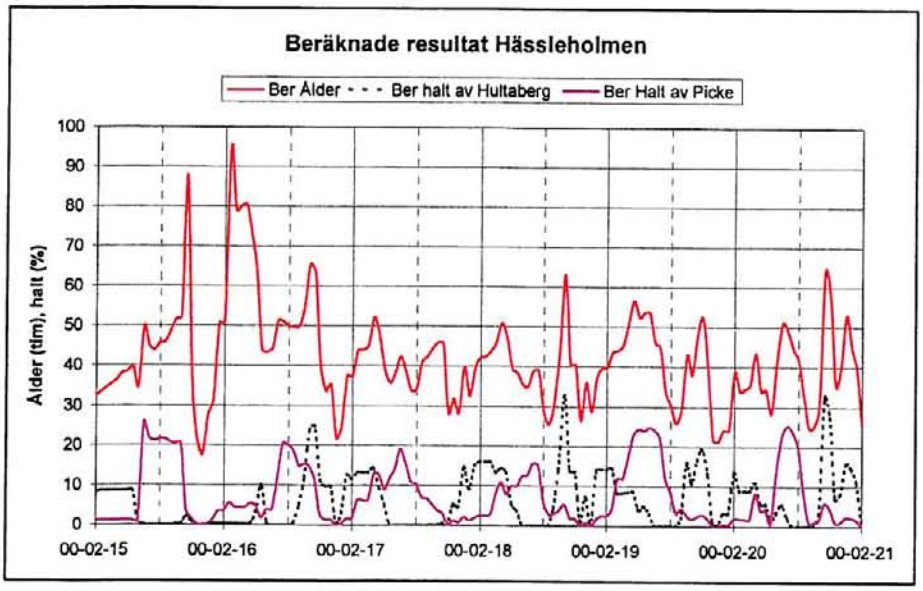
I Figur 3. 8 visas UV-absorbansen för rå- och dricksvattnet under mätperioden. Mätvärdet ligger mycket stabilt, för råvattnet på ca 1.3 / 4cm (med vissa mätavbrott) och på 0.2 / 4 cm för dricksvattnet. Enligt ett gammalt samband (se kapitel 1.2) skulle detta motsvara COD_{Mn}-värden på ca 8.8 mg/l för råvattnet och 2.2 mg/l för dricksvattnet. Detta stämmer ganska väl med de värden som visas i Figur 3. 3.



Figur 3. 8 UV-absorbans för råvatten och dricksvatten vid Borås vv under mätperioden.

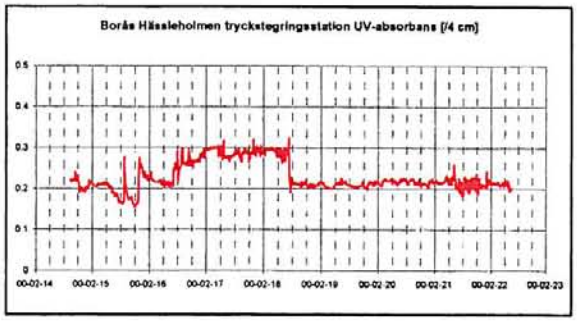
3.6.4 Hässleholmens tryckstegringsstation

Vid Hässleholmen passerar vatten som antingen kommer från Kristinebergs tryckstegringsstation eller från Hultabergs reservoar. Dessförinnan har vattnet transporterats genom lågzonen och antingen varit i Pickes reservoar eller kommit direkt från vattenverket. Detta medför att ålder och ursprung kan variera betydligt i denna punkt. I Figur 3. 9 visas beräkningsresultat för ursprung och ålder i punkten. I princip ökar åldern vid två tillfällen varje dag till följd av avsänkning i Pickes eller Hultabergs reservoarer, i övrigt kommer vattnet mer direkt från vattenverket med lägre ålder som följd. Den 15:e och -16:e störs mönstret av direkt inmatning från vattenverket mot högzonen. Sammantaget varierar åldern normalt mellan 20 och 65 timmar.

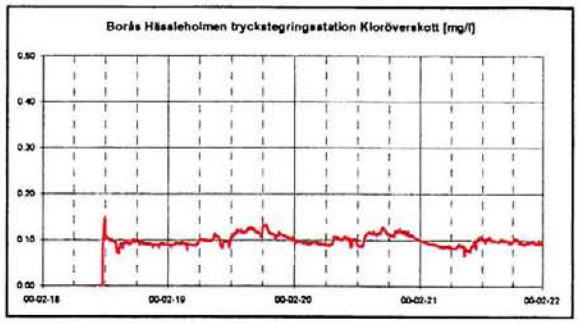


Figur 3. 9 Beräknad vattenålder samt andelen vatten som varit i Picke och/eller Hultaberg vid Hässleholmen.

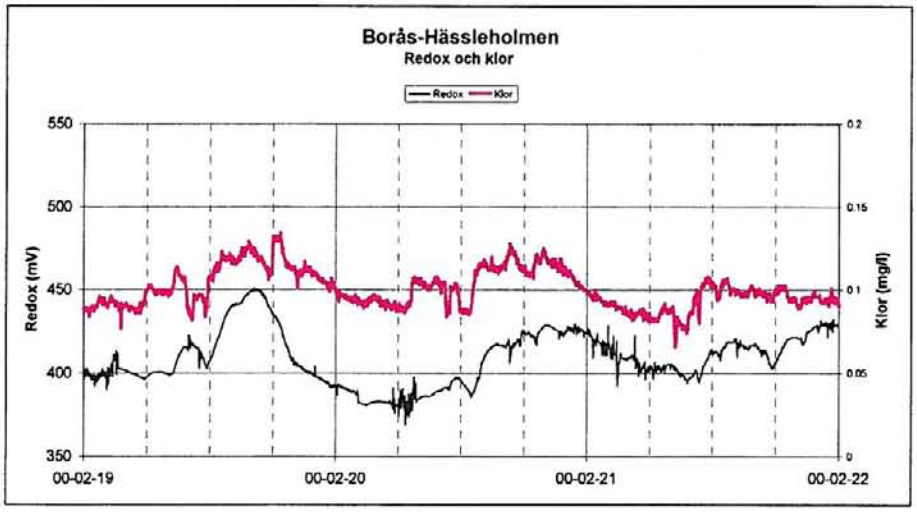
- UV-absorbansen ligger relativt konstant på 0.2-0.25 / 4 cm, se vidstående figur. Den 15:e syns två mindre toppar som sammanfaller med turbiditetstoppar orsakade av högzons-pumpning vid vattenverket. Sambandet visar att UV-mätningen påverkas av riktigt hög turbiditet. Den 16:e till 18:e noteras en höjning upp till 0.3. Detta kan inte förklaras med någon förhöjd halt ut från verket.



- Kloröverskottet visas i vidstående figur för en begränsad del av mätperioden. Värdet ligger runt 0.1 mg/l med ganska måttliga variationer.

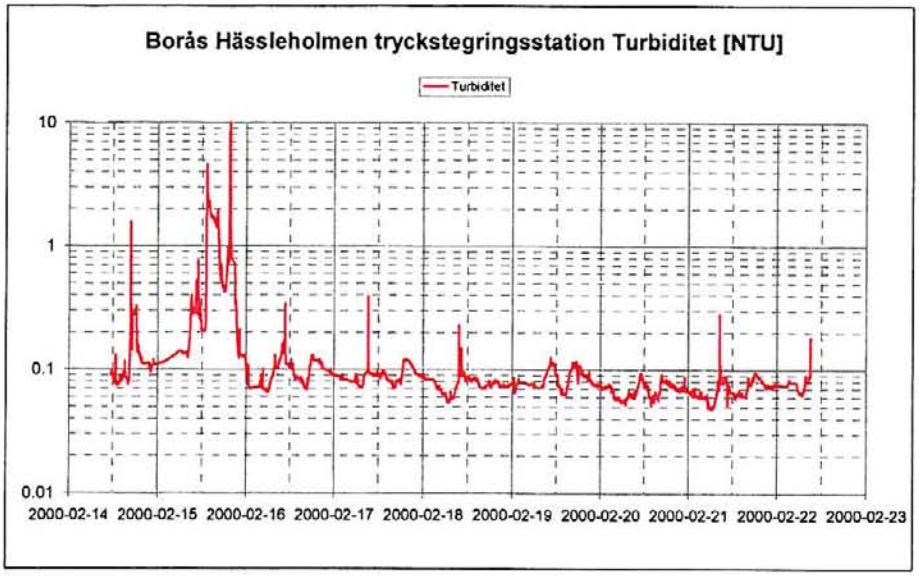


- Redoxpotentialen varierar runt 400 mV. I Figur 3. 10 visas resultatet för samma period som för kloröverskottet ovan vilket tyder på en tydlig samvariation.

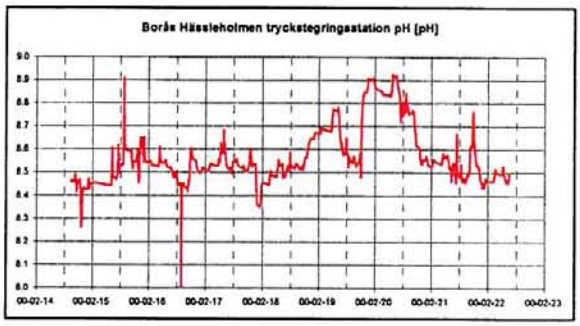


Figur 3. 10 Redoxpotential och kloröverskott vid Hässleholmen.

- Turbiditeten som visas i Figur 3. 11 ligger runt 0.1 utan några variationer beroende på pumpflödet genom stationen. Den 15:e februari uppvisas en kraftig förhöjning av turbiditeten, detta kan kopplas mot att högzonspumparna vid vattenverket varit i drift och givit en helt annan flödesriktning genom zonen.



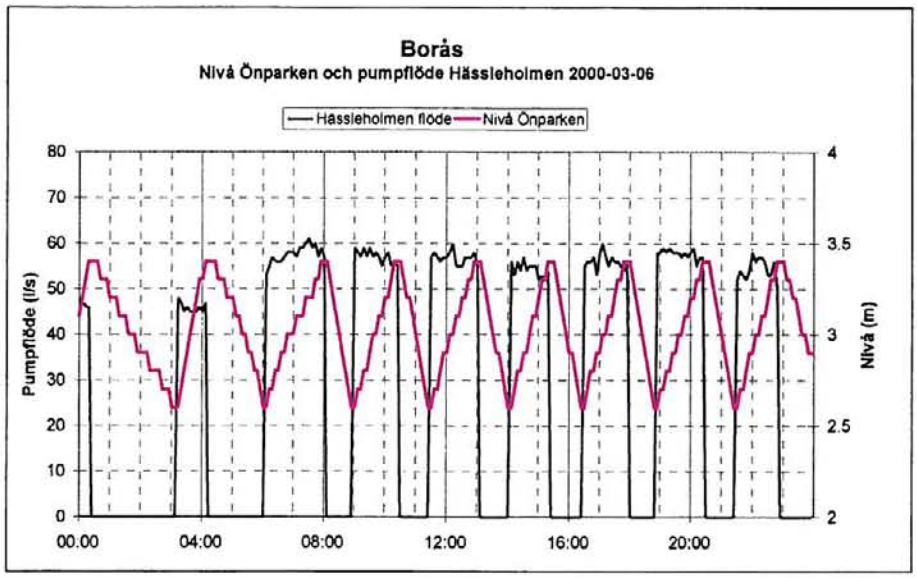
Figur 3. 11 Turbiditet vid Hässleholmen.



- pH-värdet har småskaliga variationer på någon tiondel, se vidstående figur. Mönstret liknar variationen ut från verket.
- Temperaturen ligger mellan 3-4 grader med en svag dygnsvariation.
- Syrehalten ligger över 100 % mättnadsgrad vilket naturligtvis är ett tveksamt mätresultat även om måttlig övermättnad är möjlig med hänsyn till variationer i vattentäkten.
- Konduktiviteten ligger på ca 160 uS/cm, den 15:e och 16:e sker en rejäl sänkning som liknar turbiditetstoppen med omvänt tecken och en viss tidsfördröjning. Sambandet är svårt att förklara.

3.6.5 Vid Önparkens reservoar

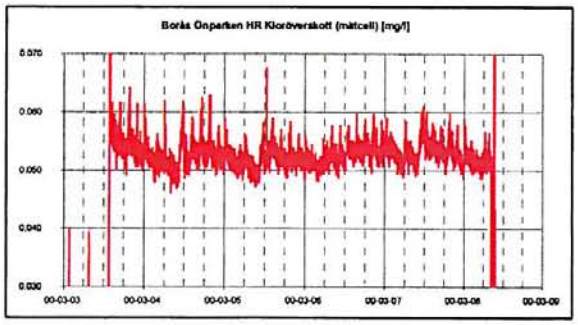
Nivåmätningen i reservoaren är ett tydligt mått på när vattnet är på väg in till reservoaren och ut från densamma. Eftersom reservoaren är relativt liten och pumparna i Hässleholmen är nivåstyrda blir det ganska korta sekvenser med uppfyllnad respektive avsänkning. Pumning sker 6-8 gånger per dygn någon timma åt gången. Resultatet visas i Figur 3. 12.



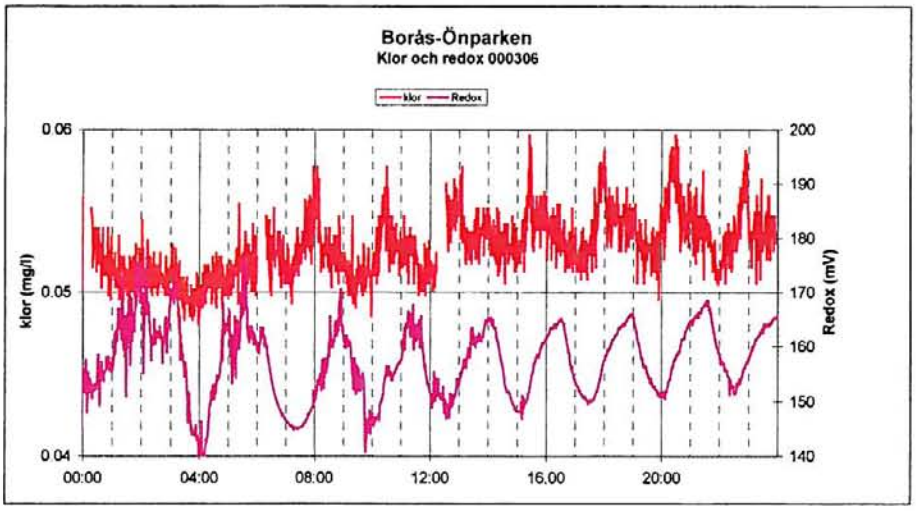
Figur 3. 12 Nivå i Önparkens reservoar och pumpflöde vid Hässleholmens tryckstegringsstation.

- UV-absorbansen ligger relativt konstant runt 0.20-0.25 / 4cm. En liten puckel den 4:e till 6:e kan inte heller här spåras till vattenverket.

- Kloröverskottet ligger mycket lågt, se vidstående figur, med en svag men tydlig variation kopplad mot nivå-förändringen i reservoaren. Värdet ligger runt 0.05-0.06 mg/l. Det lägre värdet sammanfaller med att vattnet är på väg ut från reservoaren och det högre värdet med att vattnet är på väg in mot reservoaren.

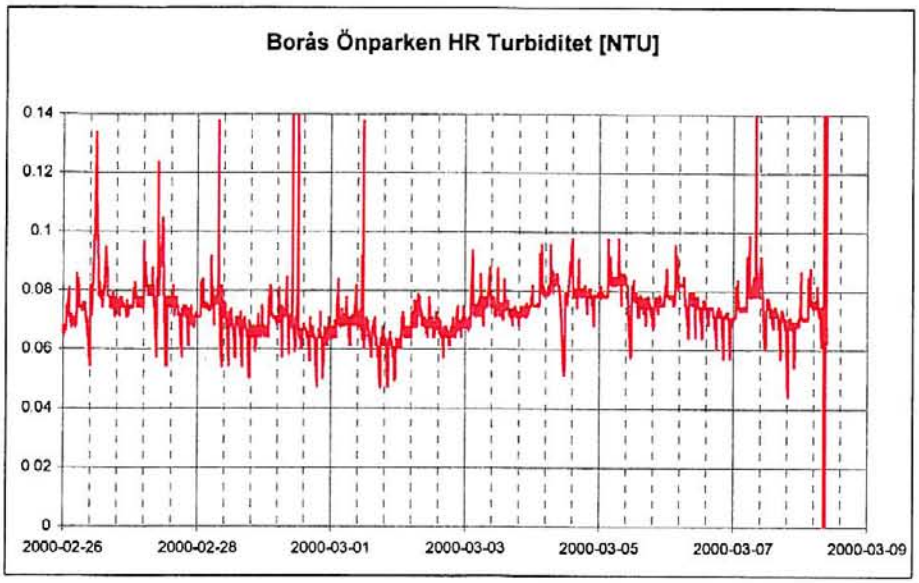


- Redoxpotentialen varierar med samma mönster som kloröverskottet men med en viss fasförskjutning. Redox visas tillsammans med klor i Figur 3. 13.



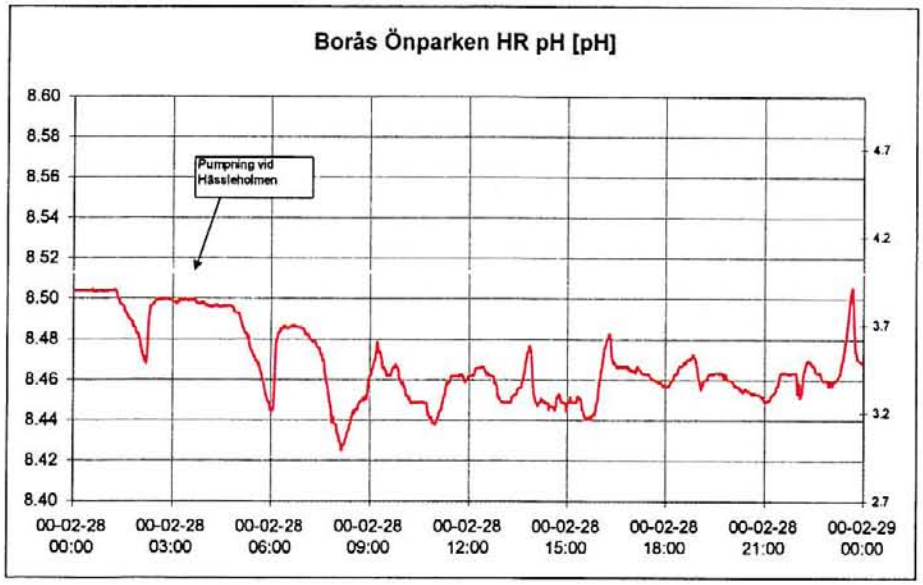
Figur 3. 13 Klor och redox vid Önparkens reservoar.

- Turbiditeten som visas i Figur 3. 14 är mycket låg men uppvisar trots detta ett mönster som påminner om resultatet av åldersberäkningen snarare än nivåvariationen i reservoaren



Figur 3. 14 Turbiditet vid Önparken.

- pH-värdet uppvisar en småskalig variation med ett mönster som påverkas av nivåvariationen, se Figur 3. 15. Figuren visar att pH-värdet sjunker under vattnets vistelse i reservoaren.



Figur 3. 15 pH vid Önparkens reservoar och pumptid vid Hässleholmen.

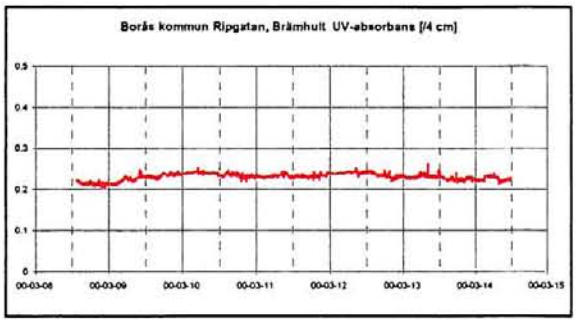
- Temperaturen ligger på ca 5 gr C med ett svagt dygnsmönster utan koppling till nivåvariationen i reservoaren.

- Syremättnaden är mellan 94 och 99 %, med en svacka mitt i perioden.

- Konduktiviteten ligger på ca 160 uS/cm med ett variationsmönster som efterliknar nivåvariationen.

3.6.6 Ripgatan

- UV-absorbansen ligger stabilt runt 0.23 / 4 cm, se vidstående figur.

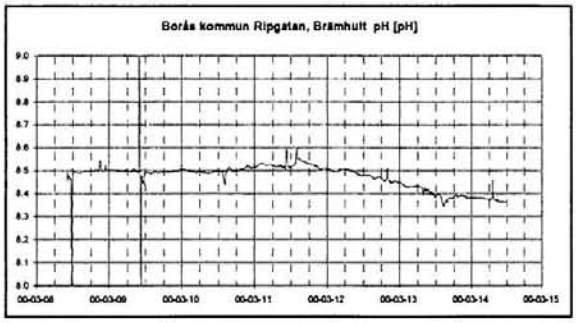


- Kloröverskottet är mycket lågt, mellan 0.04-0.06 mg/l med vissa oregelbundna variationer.

- Redoxpotentialen intar efter en stabiliseringsfas ett värde på ca 300 mV.

- Turbiditeten ligger mycket lågt, på ca 0.06 NTU med enstaka toppar normalt upp till 0.2 och maximalt 0.7 NTU.

- pH-värdet ligger i början av perioden stabilt på ca pH 8.5, se vidstående figur. Mot slutet av perioden sjunker värdet med någon tiondel.



- Temperaturmätaren som var kombinerad med syrehaltsmätaren, gick sönder den 10/3. Innan dess uppvisades en temperatur på ca 5.5 grader.

- Syrehaltsmätaren, som alltså gick sönder den 10/3, visar innan dess ett värde på syremättnaden på ca 92 %.

- Konduktiviteten uppvisar för en begränsad del av tiden ett stabilt värde på ca 155 uS/cm.

3.6.7 Mätning i Hultabergs reservoar

Mätning av kvalitetsparametrarna gjordes genom att en slang sänktes ner från en lucka i taket och vatten pumpades genom mätutrustning. Mätningen pågick under en halv timme på varje hel meter från botten räknat och upp till 4 m under luckan i reservoarens tak. Resultaten visas grafiskt i bilaga 2. Nedan kommenteras mätresultaten.

- UV-absorbansen ligger relativt stabilt runt 0.35 / 4 cm. Detta värde är högre än vad som mättes vid Hässleholmen och även utgående från verket under motsvarande tid. Någon påverkan av den höga turbiditeten på botten märks inte.

- Kloröverskottet varierar mellan 0.06 mg/l och 0.10 mg/l.

- Instrumentet för redoxpotential förefaller i detta fall behöva 3 timmars anpassning till omgivningen innan ett riktigt mätvärde erhålls, därefter stiger värdet från 305 till 320 mV när sonden gradvis höjs från 6 m djup till 4 m djup.

- Turbiditeten är mycket låg men i ett läge på botten fås en tydlig påverkan av bottenslam.

- pH-värdet sjunker från maxvärdet 8.50 på botten till minvärdet 8.44 när slangen lyfts 4 m.

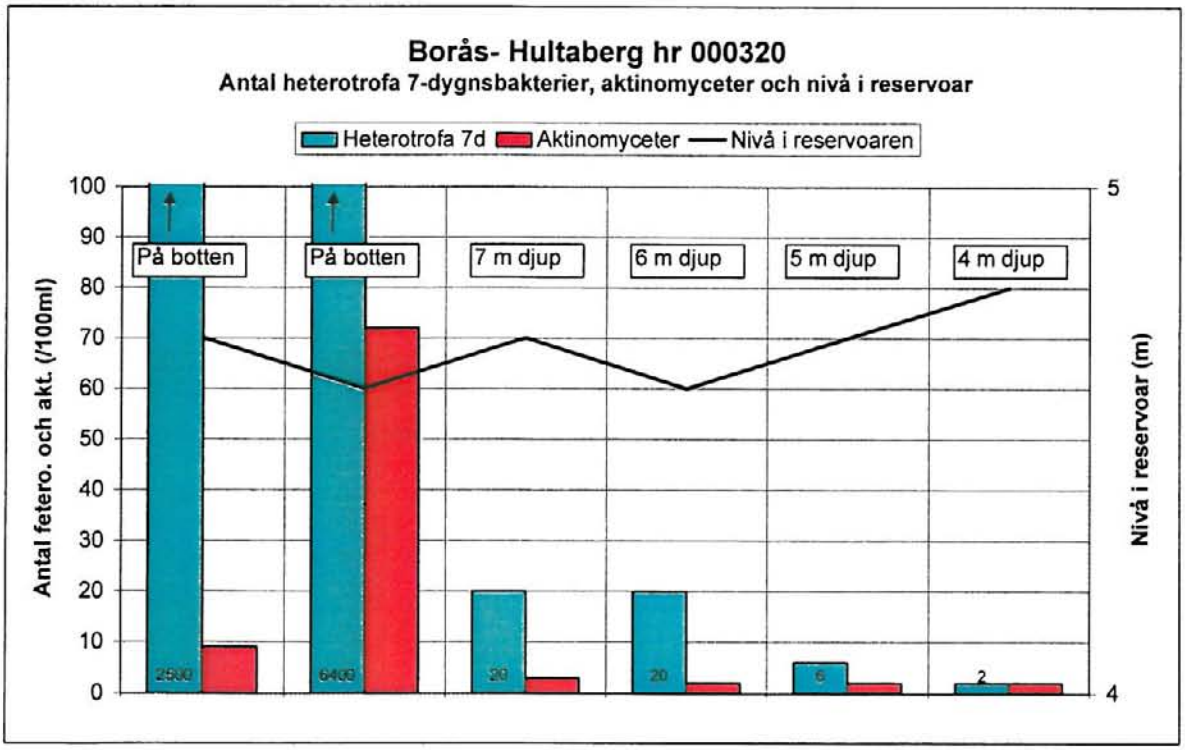
- Temperaturen stiger från 6 grader vid botten till 7 grader någon m högre upp vilket sedan gäller upp till 4 m.

- Syrehaltsmätaren fungerade inte under denna mätning.

- Konduktiviteten ligger på ca 155 uS/cm men uppvisar vid 5 m en dipp ner till 152 uS/cm.

Förutom en svag temperaturgradient och förhöjd turbiditet på botten visar inte mätningarna på några stora variationer som skulle tyda på en skiktning i vattnet.

På varje nivå togs även ut prov för mikrobiologisk analys. Här, liksom i mätpunkterna på nätet, var det 7-dygns heterotrofa bakterier och aktinomyceter som uppvisade signifikanta tal. I Figur 3. 16 visas hur resultatet varierade över höjdprofilen. Vid botten förekom mycket höga tal av heterotrofa bakterier. I det ena bottenprovet förekom också ett högt antal aktinomyceter. Här är naturligtvis reservoarens konstruktion intressant att titta vidare på. Även om bottenvattnet normalt sett inte kommer ut från reservoaren måste det ändå vara en riskfaktor.



Figur 3. 16 Antal heterotrofa 7-dygns bakterier och aktinomyceter vid olika provtagningsdjup i Hultabergs reservoar.

3.6.8 Mätning i Önparkens reservoar

Mätning av kvalitetsparametrarna gjordes genom att en slang sänktes ner från en lucka i taket och vatten pumpades genom mätutrustning. Mätningen pågick under en halv timme på varje halv meter från botten räknat och upp till 3 m under luckan i reservoarens tak. Resultaten visas grafiskt i bilaga 2. Nedan kommenteras mätresultaten.

- UV-absorbansen ligger även i denna reservoar lite högre än vid vattenverket och i mätpunkterna på nätet, värdet ligger runt 0.38 / 4 cm med en topp på 0.41 / 4 cm vid botten och strax där ovanför. Värdet är också lite högre än i Önparkens reservoar. Någon hög turbiditet som skulle kunna störa UV-värdet förekommer inte.

- Kloröverskottet ligger konstant på 0.05 mg/l utan något tecken på dålig omblandning. Värdet stämmer dessutom väl överens med det värde som mättes upp utanför reservoaren där skillnaden på inkommande och utgående vatten var mycket liten.

- Redoxpotentialen faller från 320 till 300 mV när sonden gradvis höjs från 5.5 m djup till 3 m djup.

- Turbiditeten är mycket låg utan ens någon förhöjning vid botten.

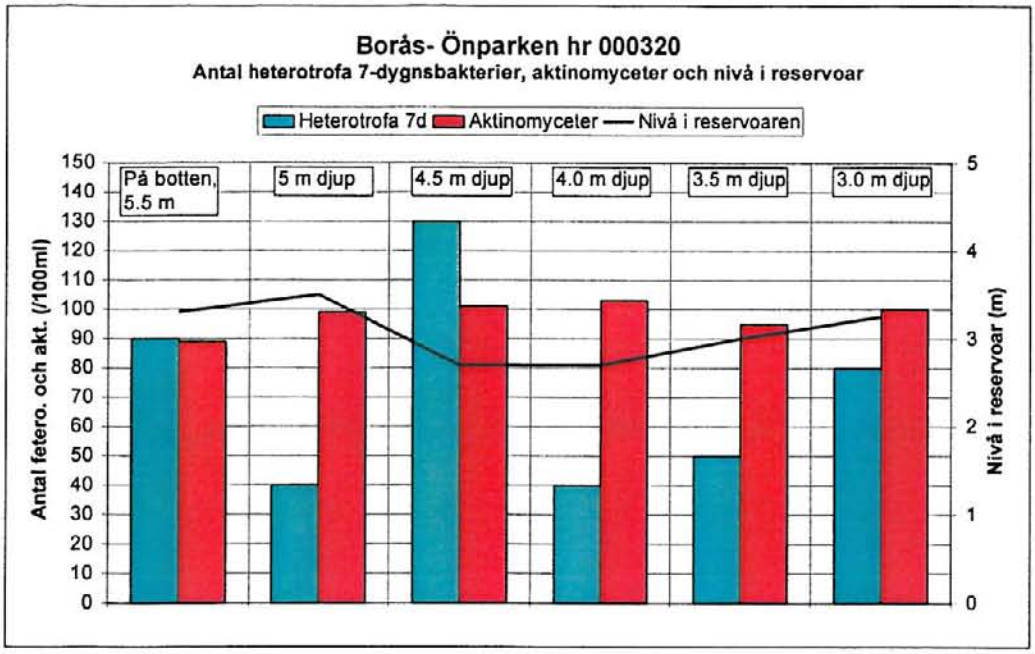
- pH-värdet sjunker svagt från 8.43 på botten till minvärdet 8.39 vid 3 m djup.

- Temperaturen stiger från 5.5 grader vid botten till 8.2 grader vid 3 m djup.

- Syrehaltsmätaren fungerade inte under denna mätning.

- Konduktiviteten stiger svagt från 154 till 156 uS/cm när sonden höjs från botten till 3 m djup.

Förutom en svag temperaturgradient visar inte mätningarna på några stora variationer som skulle tyda på en skiktning i vattnet. På varje nivå togs även ut prov för mikrobiologisk analys. Här, liksom i Hultabergs reservoar och mätpunkterna på nätet, var det 7-dygns heterotrofa bakterier och aktinomyceter som uppvisade signifikanta tal. I Figur 3. 17 visas hur resultatet varierade över höjdprofilen. Antalet aktinomyceter är så gott som konstant mellan 90 och 100 st. Antalet heterotrofa bakterier är som lägst 40 och uppgår till 130 på 4.5 m djup. När mätningen skedde på 4.5 m djup var enda tillfället som nivån sjunker i reservoaren, dvs vattnet strömmar ut.



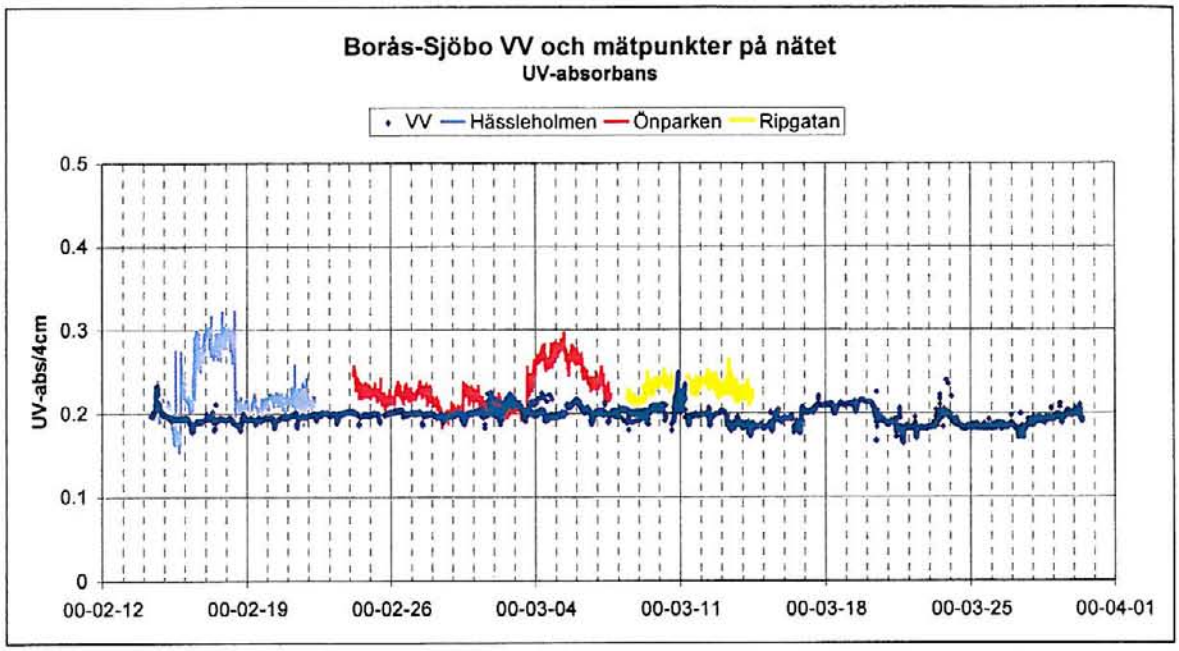
Figur 3. 17. Antal heterotrofa 7-dygns bakterier och aktinomyceter vid olika provtagningsdjup i Önparkens reservoar.

3.7 Mätresultat parametervis

UV-absorbans

Sett över en längre tidsperiod kan naturligtvis inte halten organiskt material öka ute i nätet utan att halten ökar ut från vattenverket. Däremot är det möjligt att organiskt material lagras upp genom mikrobiell tillväxt och senare frigörs vid avdödning och tex avstötning av biofilm. Det finns olika tänkbara förklaringar till hur mätning med UV-absorbans kan påverkas genom mikrobiologisk aktivitet och till exempel användning av klor, dock ingen känd vederlagd teori.

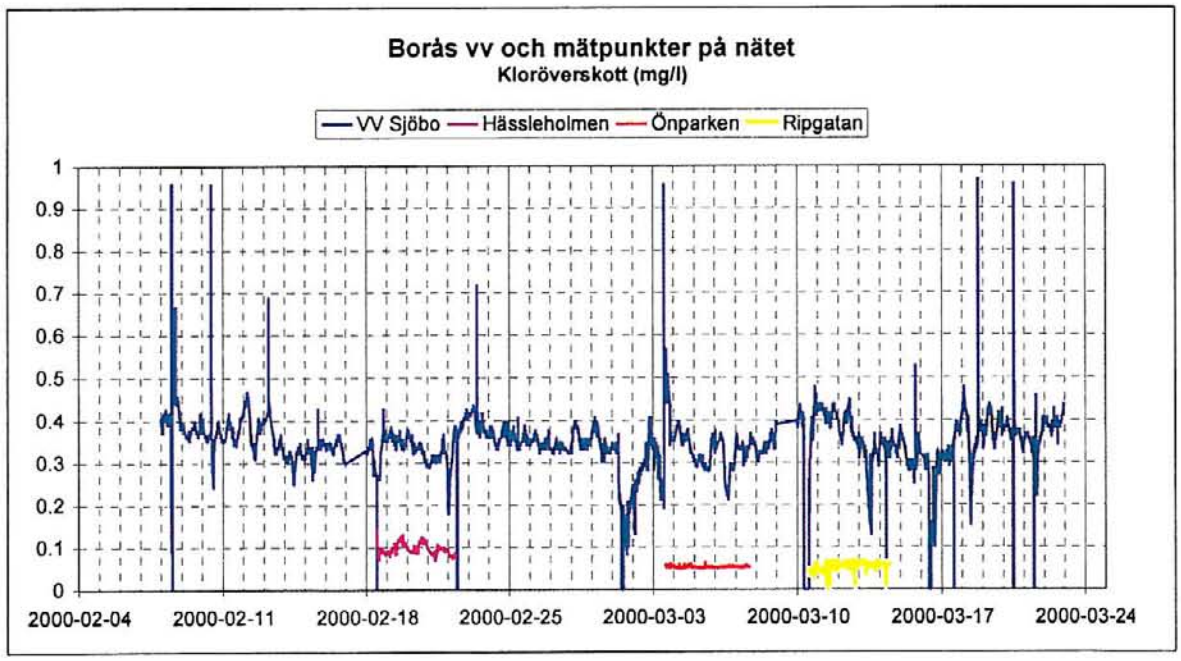
Ut från verket är värdet mycket stabilt under hela mätperioden på ca 0.2 / 4 cm. I mätpunkterna är värdena sedan från 0.2 / 4 cm med vissa variationer upp till 0.3 / 4 cm. se Figur 3. 18. Variationerna motsvaras inte av förhöjda värden på turbiditet, vilket man kan befara i vissa fall. Variationerna är mycket måttliga och mätningarna ligger trots allt på rätt nivå. Det är också intressant att notera att alla avvikelser sker mot ökad UV-absorbans på nätet jämfört med den som mäts vid verket. Även vid reservoarmätningen i Önparken uppvisar UV-absorbansen högre värden nära botten utan att turbiditeten är högre.



Figur 3. 18 UV-absorbans vid vattenverket i och mätpunkterna på nätet.

Kloröverskott

Medelvärdet ut från verket var 0.34 mg/l som medelvärde med normala variationer mellan 0.35-0.40 mg/l under hela mätperioden, se Figur 3. 19. Vid Hässleholmen hade klorhalten sjunkit till ca 0.1 mg/l med normal variation mellan 0.08-0.12 mg/l. Vid Hässleholmen varierar beräknad ålder mellan 20-60 timmar, utan någon synbar koppling till klorhalten. Vid Önparken ligger halten på 0.05-0.06 mg/l med en tydlig koppling till nivåvariationen i reservoaren. Här varierar beräknad ålder mellan 60-200 timmar. Vid Ripgatan varierar klorhalten mellan 0.04-0.06 mg/l och beräknad ålder mellan 80-160 timmar. Slutsatsen är att klorhalten mycket snabbt klingar av till ett värde runt 0.06-0.08 mg/l och att värdet sedan inte sjunker under 0.04 mg/l ens efter 200 timmar.



Figur 3. 19 Kloröverskott vid vattenverket och vid mätpunkterna på nätet.

Redoxpotential

Redoxmätaren har ibland en tendens att kräva flera dygns stabiliseringsfas, därför ser mätvärdet från Ripgatan mycket tveksamt ut. När mätaren fungerar på ett förtroendeingivande sätt är alltid variationen ihop med klorhalten uppenbar. Vid Hässleholmen ligger värdet runt 400 mV med en variation som tydligt efterliknar klorhalten runt 0.1 mg/l. Vid Önparken ligger värdet runt 170 mV, också med en tydlig koppling mot klorhalten på ca 0.05 mg/l. Slutsatsen blir att redoxvärdet entydigt avtar med vattnets ålder med en tydlig koppling mot kloröverskottet.

Även syrehalten påverkar redoxpotentialen såtillvida att lägre syrehalt ger lägre redoxpotential. Syrehalten i sig minskar dels beroende på korrosion och dels beroende på mikrobilogisk aktivitet.

Turbiditet

Ut från vattenverket ligger turbiditeten under mätperioden normalt på ca 0.35 NTU. Vissa variationer går upp till 0.6 och ett antal toppar går upp till 1.0, vilket verkar vara mätarens maxvärde. Tidigare mätningar vid vattenverket har visat på ett samband mellan filterspolning och utgående turbiditet. Vid Hässleholmen är värdet både lägre och stabilare, runt 0.08 NTU, än vid verket vilket tyder på att vissa partiklar sedimenterat på vägen, och kanske att även kalkpartiklar vid verket lösts upp. Den tillfälliga användningen av högzonspumparna vid verket syns tydligt vid Hässleholmen liksom den något förhöjda halten när vattnet kommer från någon av reservoarerna Picke eller Hultaberg. Vid Önparken ligger värdet också runt 0.08 NTU med en svag variation som påminner om in- och utströmning i reservoaren. Vid Ripgatan ligger värdet runt 0.06 NTU med en mycket svag variation.

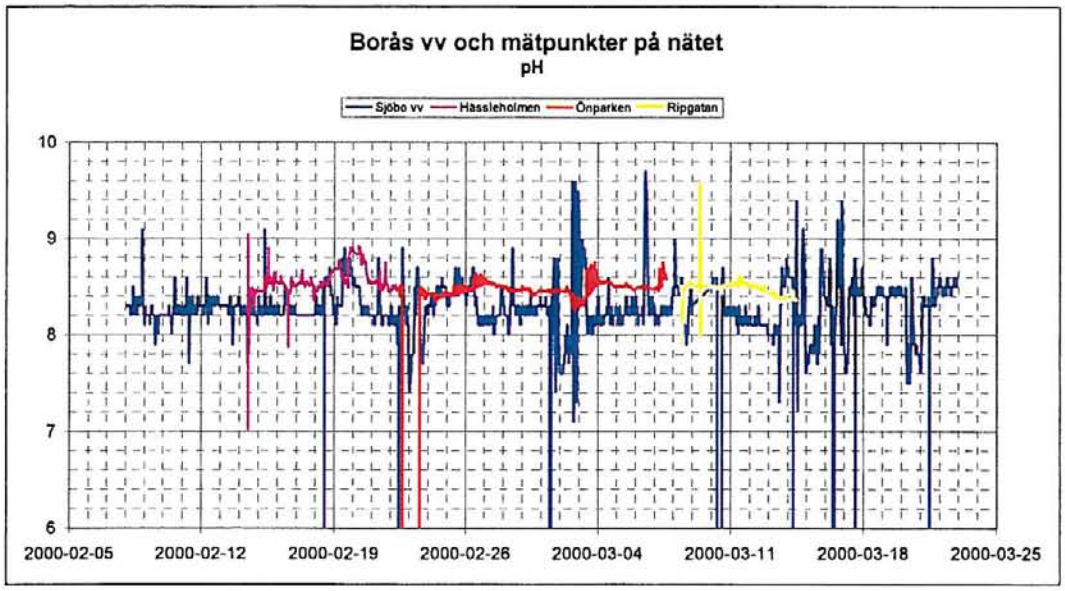
Slutsatsen blir att turbiditeten minskar med tiden som vattnet transporteras i systemet. Det försiggår alltså en upplagring av partikulärt material, förmodligen huvudsakligen i ledningarna direkt efter verket och i reservoarer, möjligtvis också i andra ledningar där hastigheten är låg.

pH

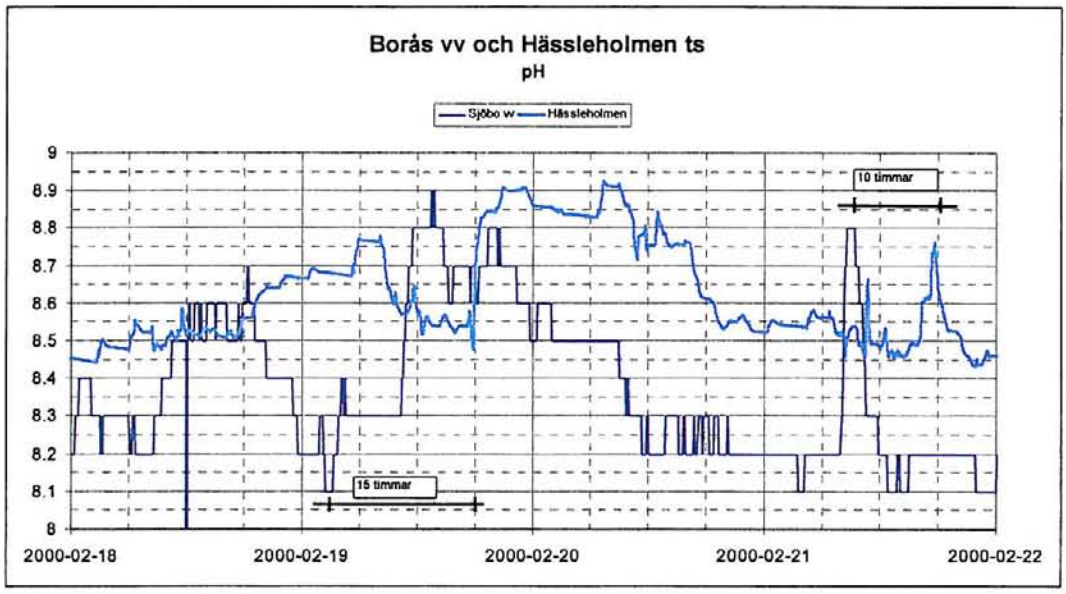
Utgående pH från verket har ett medelvärde på pH 8.2 med normala variationer mellan pH 7.8-8.6. Vid Hässleholmen ligger pH-värdet på ca 8.5 med variationer mellan 8.3-8.9. Alltså en signifikant höjning. Vid Önparken ligger också värdet runt 8.5 men med mindre variationer än i Hässleholmen. Vid Ripgatan ligger värdet ännu mer stabilt runt pH 8.5, även om en sjunkande trend kan skönjas mot slutet av mätningen, se Figur 3. 20.

Slutsatsen blir att pH-värdet stiger med några tiondelar direkt efter verket och stabiliseras på denna nivå med avtagande variationer ut i systemet.

I Figur 3. 21 visas pH-värdet vid verket och vid Hässleholmen. Vid signifikanta förändringar i utgående pH från verket visas två exempel på hur dessa kan registreras med ca 15 och 10 timmars tidsfördröjning vid Hässleholmen. Detta är lite kortare tid än vad genomförda åldersberäkningar visar.



Figur 3. 20 pH vid vattenverket och i mätpunkterna på nätet..



Figur 3. 21 pH vid vattenverket och vid Hässleholmens ts.

Temperatur

Temperaturen mäts inte kontinuerligt vid verket. Vid Hässleholmen sjunker temperaturen sakta från 4 till 3 grader under mätveckan med en svag dygnsvariation. Vid Önparken är temperaturen ett par grader högre, ca 5.4 grader som medelvärde med ett visst mönster som efterliknar nivåvariationen. Vid Ripgatan visar samma temperaturmätare sedan ca 5.5 grader. Slutsatsen blir att det vid rådande råvattentemperatur sker en uppvärmning vid transport i ledningsnätet. Under reservoarvistelsen är påverkan osäker eftersom lufttemperaturen är i närhet av vattentemperaturen.

Syre

Man kan anta att syremättnaden vid verket ska vara 100 %. Ett ytvatten med intag på måttligt djup utan långvarig isläggning bör ge detta resultat, även om vissa variationer både neråt och uppåt är fullt möjliga. Vid tryckhöjning skulle en viss övermättnad kunna vara

tänkbar. När det kalla vattnet värms upp på vägen till Hässleholmen minskar förmågan att hålla syret löst, men om inte syret har någonstans att ta vägen blir resultatet ett övermättat vatten, därför kan mätvärdet på 115 % vara rimligt. Värdet vid Önparken som faller från 99 % vid periodens start till ca 95 % vid periodens slut och en viss skillnad mellan inkommande och utgående vatten ser trovärdigt ut. Vid Ripgatan visar mätaren strax före sin kollaps ett värde på ca 92 %, vilket också verkar trovärdigt.

Slutsatsen blir att syrehalten entydigt minskar i ledningssystemet med tilltagande ålder och att man ska vara vaksam på temperaturförändringens betydelse. Främst är det biologisk syreförbrukning till följd av mikrobiologisk tillväxt samt kemisk syreförbrukning till följd av järnkorrosion som påverkar syrehalten. I de aktuella mätpunkterna i Borås visar analyserade järnhalter inget tecken på järnkorrosion.

Konduktivitet

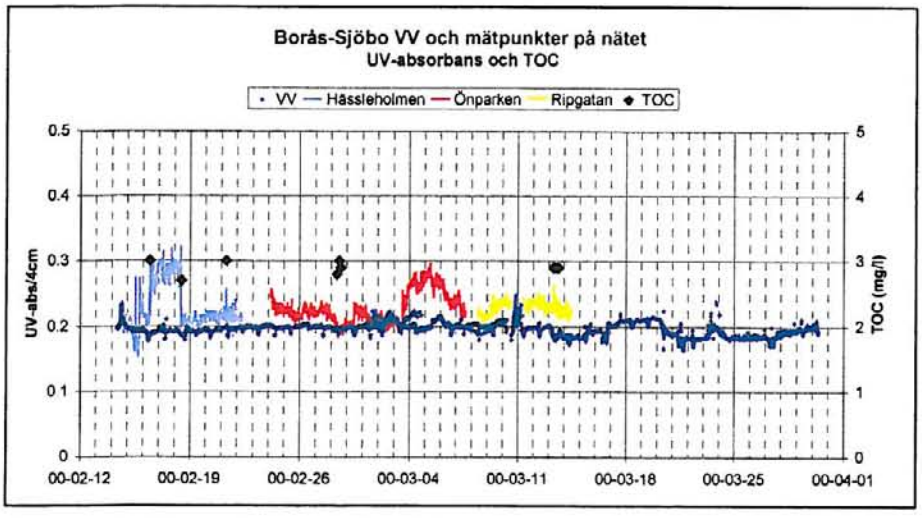
Värdet ligger på 155-160 uS/cm i samtliga mätpunkter och förändras inte under transport i ledningsnätet.

3.8 Analysresultat

3.8.1 Mikrobiologiska parametrar

Vid de tre provtagningstillfällena togs 11 prov vid varje mätpunkt. Dessa analyserades med avseende på heterotrofa 2- och 7-dygnsbakterier, koliforma bakterier, samt aktinomyceter, jäst och mögel. Alla resultat finns i bilaga 2. Det är entydigt så att heterotrofa 7-dygnsbakterier och aktinomyceter uppträder i signifikanta mängder medan övriga bakteriologiska analyser visar på mycket låga tal. I bilaga 2 visas hur heterotrofa 7-dygnsbakterier och aktinomyceter varierade under respektive provtagningsdygn.

Halten organiskt material uttryckt som TOC hade ett medelvärde på 2.9 mg/l baserat på nio st prov, högsta värde var 3.0 mg/l och lägsta värde var 2.7 mg/l. Värdena var alltså låga och stabila, helt i överensstämmelse med UV-absorbansen. I Figur 3. 22 visas UV och TOC i samma diagram.



Figur 3. 22 UV-absorbans och TOC i de olika mätpunkterna.

3.8.2 Korrosionsrelaterade parametrar

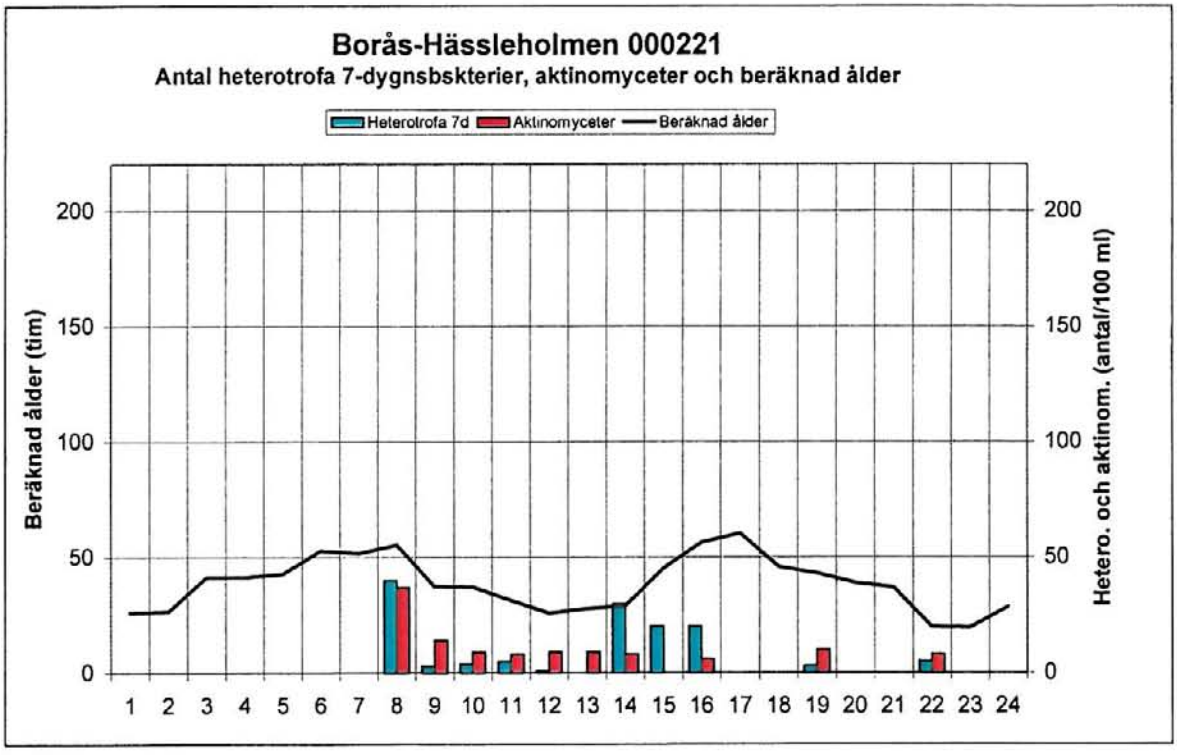
Vid de tre provtagningstillfällena togs sammanlagt 9 prov som analyserades med avseende på järnhalt, alkalinitet och totalhårdhet. Alla resultat finns i bilaga 2. Alkaliniteten varierade mellan 29 och 31 HCO_3 mg/l med ett medelvärde på 30.3. Totalhårdheten varierade mellan 20 och 21 mg Ca/l med ett medelvärde på 20.9. Järnhalten var i samtliga fall < 0.05 Fe mg/l med ett undantag på 0.052 mg/l.

I kapitel 3.10 visas en sammanställning av vilka parametrar som använts för korrosionberäkningar samt resultatet av dessa.

3.9 Samband mellan hydraulik och kvalitet

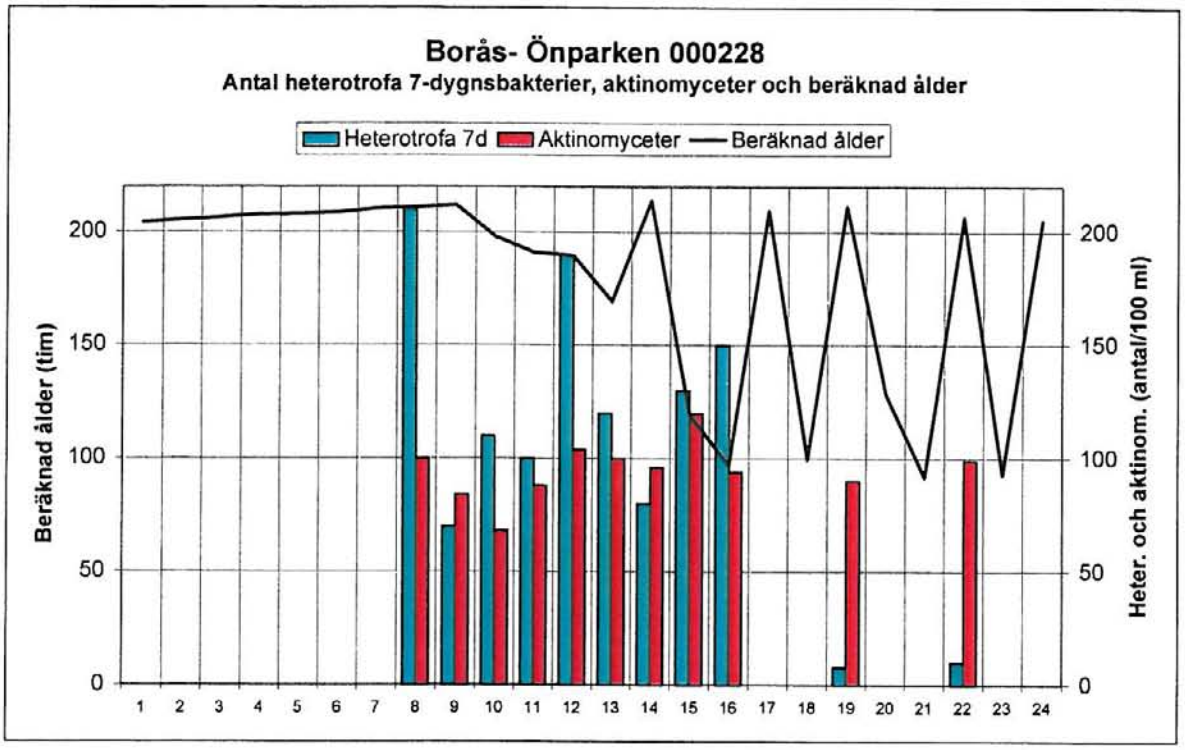
Flera av de mätbara parametrarna uppvisar vid Önparken en viss variation beroende på om vattnet är på väg till eller ifrån reservoaren. Variationerna är dock inte av någon betydelsefull storleksordning.

Vid Hässleholmen uppvisar turbiditeten en variation som sammanfaller med att Picke eller Hultaberg sänks av. Variationen är inte av någon betydelsefull storleksordning, men visar på att de olika förhållandena ändå märks i punkten. I Figur 3. 23 visas hur den beräknade åldern varierar under provtagningsdygnet i denna punkt. I samma figur visas antalet heterotrofa bakterier och antalet aktinomyceter. Talen är låga men uppvisar ett tydligt variationsmönster som efterliknar åldersvariationen.



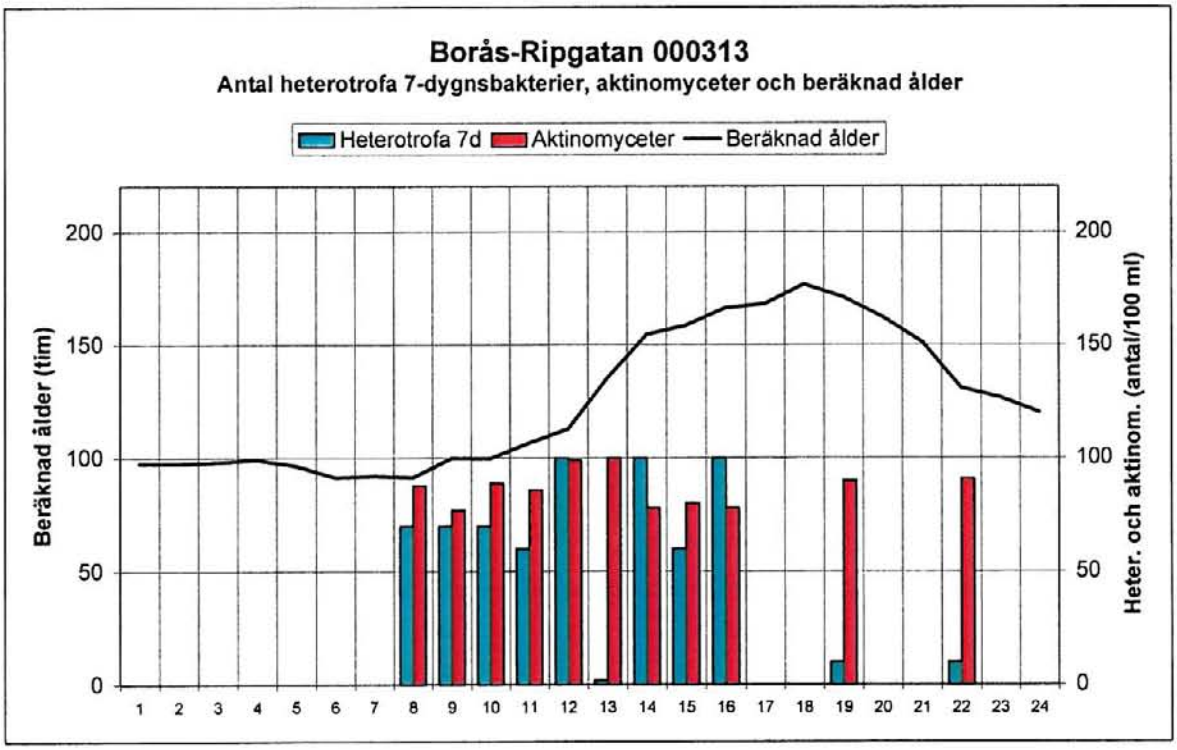
Figur 3. 23 Antal heterotrofa 7-dygnsbakterier, aktinomyceter och beräknad ålder vid Hässleholmen.

Vid Önparken är beräknad ålder avsevärt högre än vid Hässleholmen och med stora variationer när vattnet ömsom kommer från inmatningspunkten och ömsom från reservoaren. Som visas i Figur 3. 24 är också antalet heterotrofa 7-dygnsbakterier och aktinomyceter 5 till 10 gånger större vid Önparken än vid Hässleholmen.



Figur 3. 24 Antal heterotrofa 7-dygnsbakterier, aktinomyceter och beräknad ålder vid Önparken.

Vid Ripgatan är åldern lägre och jämnare än vid Önparken, så också antalet heterotrofa 7-dygnsbakterier. Resultatet av provtagningarna för Ripgatan visas ihop med beräknad ålder i Figur 3. 25. Den beräknade ålderspuckeln som kommer på eftermiddagen härstammar från en mer omfattande avsänkning av Önparkens reservoar föregående dag. Det låga antalet heterotrofa bakterier kl 13, 19 och 22 stämmer inte överens med resultatet av åldersberäkningen. En tänkbar förklaring är att den intermittenta pumpningen vid Hässleholmen i verkligheten gör att paket med färskt vatten emellanåt passerar in i zonen Ö3H men att det beräkningsmässiga antagandet om fullständig omblandning inom en given ledningslängd inte ger samma resultat.

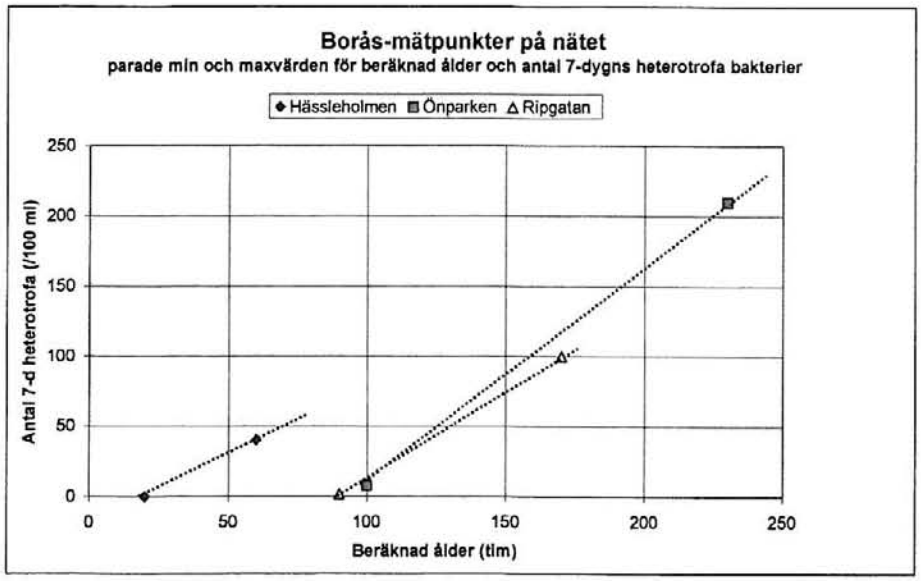


Figur 3. 25 Antal heterotrofa 7-dygnsbakterier, aktinomyceter och beräknad ålder vid Ripgatan.

En jämförelse mellan de tre provtagningspunkterna visar på ett tydligt åldersberoende framförallt för tillväxten av heterotrofa 7-dygnsbakterier medan förekomsten av aktinomyceter uppvisar en annan bild.

En vanlig uppfattning är att aktinomyceter växer till på speciellt gynsamma platser, t ex i anslutning till gummipackningar eller andra material som gynnar tillväxten. Analysresultaten med en närmast konstant halt av aktinomyceter vid Önparken och Ripgatan, utan någon variation med koppling till ålder eller annan kvalitetsparameter, skulle kunna tyda på att vatten som passerat en viss sträcka innehåller en viss halt av aktinomyceter. En begränsning av fortsatt tillväxt skulle då kunna bero på t.ex den låga vattentemperaturen. Ytterligare provtagning skulle kunna ge en bättre bild av förekomsten.

I Figur 3. 26 visas resultatet av att man plottar min- och max- värdena för beräknad ålder mot antalet heterotrofa 7-dygns bakterier utan hänsyn till när på dagen som respektive min och max inträffar. Med det lilla urvalet (3 mätpunkter) ska man inte dra för långt gående slutsatser, dock är sambandet intressant.



Figur 3. 26 Parade min-och maxvärden för beräknad ålder mot antal heterotrofa 7-dygnsbakterier.

Ett försök att hitta representativa värden för klor och pH vid denna tid blir enligt följande:

Plats/Parameter	pH	Klor (mg/l)
Ut från vv, åldern=0	8.2	0.34
Hässleholmen, ålder = 25 tim	8.5	0.12
Hässleholmen, ålder =50 tim	8.7	0.08
Önparken mot reservoar, ålder= 100 tim	8.5	0.06
Önparken från reservoar, ålder= 200 tim	8.4	0.05
Ripgatan, ålder=100-170 tim	8.5	0.05

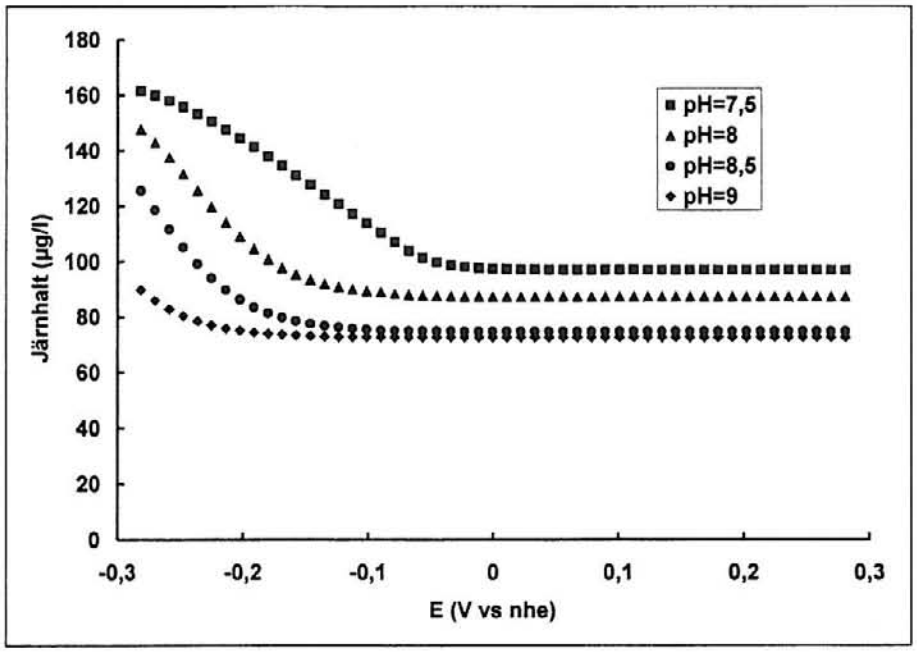
3.10 Korrosionsberäkningar

I *Tabell 3.1* visas de kvalitetsparametrar som använts för korrosionberäkningen.

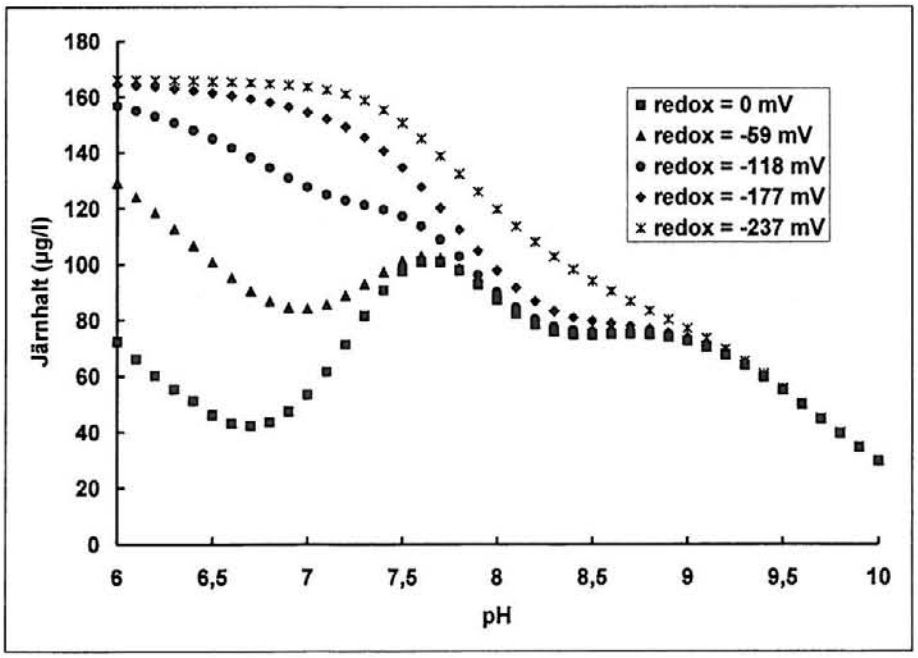
Parameter	Värde
Alkalinitet (mg/l)	30
PH	7.5-9
Kalcium (mg/l)	18
Klorid (mg/l)	25
Sulfat (mg/l)	7
TOC (mg C/l)	3
Redoxpotential	-300 – 300

Tabell 3.1. Vattenkvalitetsparametrar för beräkningar av järnhalten i distributionsnätet i Borås enligt yt-komplexmodellen.

Resultatet av beräkningarna visas i diagramform i Figur 3. 27 och Figur 3. 28. Som framgår av figurerna skulle teoretisk järnhalt uppgå till 0.08-0.10 mg/l även vid normalt förekommande värden på redox. Inom aktuellt intervall ger det högsta pH-värdet bäst motståndskraft mot förhöjd järnhalt till följd av fallande redox. Vid pH 8.5 ökar järnhalten snabbt när redoxpotentialen sjunker under – 150 mV. Ju högre pH-värdet är, desto lägre blir också den teoretiska järnhalten. Aktuella analysresultat visar att järnhalten är mindre än 0.05 mg/l med ett undantag på 0.052 mg/l. Detta visar att beräkningsmodellen överskattar normalt förekommande järnhalt och att provtagning utförts på sådana platser där redoxpotentialen inte sjunkit till kritiska nivåer.



Figur 3. 27 Beräknad järnhalt vid jämn spolning i brandposter som funktion av redoxpotential vid olika pH-värden för ett dricksvatten från Borås.



Figur 3. 28 Beräknad järnhalt vid jämn spolning i brandposter som funktion av pH vid olika redoxpotentialer för ett dricksvatten från Borås.

3.11 Sammanfattning och diskussion av mätningarna i Borås

On-line-mätningarna visar framför allt att förhållandena under mätperioden varit mycket gynnsamma för att en bra vattenkvalitet ut från verket ska bevaras på nätet. Halten organiskt material, mätt som UVabsorbans och bekräftat med COD_{Mn} och TOC, var låg och stabil. Temperaturen var också låg och stabil. Trots gynnsamma förhållanden visar mätningarna också att klorhalten efter 20 timmar är under 0.1 mg/l och att den fortsatta avklingningen ner till 0.05 mg/l går mycket långsamt, vilket visar att den verksamma delen

av kloret är mycket liten vid denna nivå. Även efter mer än 200 timmar hålls denna klorhalt.

Trots de, för mikrobiologisk återväxt mycket ogynnsamma förhållandena, uppvisar tillväxten av heterotrofa bakterier ett mycket tydligt åldersberoende. Det absoluta antalet är under 230 st / ml, undantaget bottenvattnet i Hultabergs reservoar med upp till 6400, den stora frågan är hur mycket mer gynnsamma förhållandena behöver vara innan gränsvärdena på 500 (vid problem) respektive 5000 överskrids.

Antalet aktinomyceter uppvisar inte samma åldersberoende som 7-dygns heterotrofa bakterier. Dock är de absoluta talen runt 100 CFU /100 ml i nivå med gränsvärdet för anmärkning. Förekomsten av aktinomyceter verkar vara mera platsberoende än åldersberoende. I det aktuella området har man också haft mycket problem med lukt och smak. I Hultabergs reservoar påträffades på en nivå ett betydande antal aktinomyceter, annars är det lågt antal vid Hässleholmen, för att uppvisa stadigt högt antal när man kommer till Önparken och Ripgatan.

Det är tydligt att det finns en mycket stor potential för mikrobilogisk tillväxt i den undersökta delen av systemet liksom förekomst av aktinomyceter. Trots låg temperatur och förhållandevis låg halt organiskt material är förekomsten av aktinomyceter tydlig liksom tillväxten av heterotrofa bakterier. Återstående faktorer som kan förklara detta är den relativt höga åldern och lokala förhållanden i reservoarer och ledningsnät.

I det aktuella området är det delvis åldern på vattnet som kommer till Hässleholmen som är hög när det varit i Picke eller Hultabergs reservoarer. Detta kan påverkas genom förändrad drift. Transporttiden mellan Hässleholmen och Önparken är svår att påverka medan dock uppehållstiden i Önparken på 4-5 dagar borde kunna sänkas. Den stora ålderstillväxten i Önparken, som sker under mycket låg klorhalt, påverkar förhållandena även i nästa högre zon, östra 3H, där Ripgatans mätpunkt är belägen.

Om det finns en källa till aktinomyceterna måste denna hittas. Bortsett från ett enstaka prov vid Hultaberg är det först vid Önparken som förekomsten blir tydlig. En genomgång av de båda reservoarernas utformning och status kan vara en bra start. Därefter kan en genomgång av tryckstegringsstationen vid Hässleholmen och en inventering av aktuella delar av ledningsnätet vara befogad. Det är naturligtvis mycket intressant att göra en förnyad provtagningsserie under mer ogynnsamma förhållanden. Av de styrande faktorerna är det enklast att pricka in en period med avsevärt varmare vatten.

Mätningarna av UV-absorbans vid verket visade på låg och konstant nivå av organiskt material. Mätningarna visar också på en enkel metod att kontinuerligt ha kontroll på denna betydelsefulla parameter.

Enligt järnanalyser och beräkningar utgör korrosionen inget stort problem. Om man verkligen ska undersöka dessa förhållanden bör dock punkter i det finmaskiga distributionssystemet med förmodat dålig omsättning väljas.