



RÖRNÄTSUNDERSÖKNING I SAMBAND MED HÅRDHETSHÖJNING VID ARVIKA VATTENVERK

Torsten Hedberg Ulf Nilsson

i samarbete med Gatukontoret i Arvika



Institutionen för
vattenförsörjnings- och avloppsteknik

ISSN 0280-4026

Nyckelord: Hårdhetshöjning, rörnät, vattenkvalitet i rörnät, korrosion

RÖRNÄTSUNDERSÖKNING I SAMBAND MED HÅRDHETSHÖJNING VID ARVIKA VATTENVERK

Torsten Hedberg Ulf Nilsson
i samarbete med Gatukontoret i Arvika

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	<u>Sid</u>
INLEDNING	1
FÖRUTSÄTTNINGAR	2
Befintligt vattenverk och rörnät	2
HARDHETSHÖJNING - KORROSIONSKONTROLL	5
Allmänt	5
Ombyggnad för korrosionskontroll	7
Vattenanalyser	8
Driftserfarenheter	9
RÖRNÄTSUNDERSÖKNING	10
Uppläggning, omfattning	10
Vattenprovtagning	10
Resultat av rörnätsundersökningen	12
Rörmaterial, provbitar	19
Resultat av besiktning av provbitar	20
Klagomål på vattenkvalitet, spolningsfrekvens samt skador på servisledning	20
SLUTSATSER	23
BILAGOR	
Analysvärden, primärvärden	

RÖRNÄTSUNDERSÖKNING I SAMBAND MED HÅRDHETSHÖJNING VID ARVIKA VATTENVERK

INLEDNING

Arvika kommun har av Svenska Vatten- och avloppsverksföreningen erhållit bidrag att utföra en rörnätsundersökning i samband med att kommunen genomfört en hårdhetshöjning av vattnet vid Arvika vattenverk.

Hårdhetshöjning av mjuka vatten med avsikt att minska vattnets korrosiva egenskaper på olika rörmaterial har börjat tillämpas på flera vattenverk i landet.

Med mjuka vatten menas i detta fall vatten med en totalhårdhet på ca 1⁰d eller mindre. Hårdhetshöjning görs till en totalhårdhet på 3-5⁰d.

Att hårdhetshöjning ger ett stabilare och mindre korrosivt vatten är känt. Vid genomförandet av en hårdhetshöjning har man ofta nöjt sig med att konstatera att man uppnått förbättrande förhållanden.

Arvika Gatukontor har dock velat försöka att genom vattenanalyser och studium av rörnätet mer i detalj klarlägga hur hårdhetshöjningen påverkar ett rörnät med olika rörmaterial.

Uppläggnings- och genomförandet av rörnätsundersökningen har gjorts av Gatukontoret i samråd med Tekn.dr. Torsten Hedberg vid Institutionen för Vattenförsörjnings- och avloppsteknik vid Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg och Civilingenjör Ulf Nilsson vid Mark & Vattenkonsult AB, Karlstad.

FÖRUTSÄTTNINGAR

Befintligt vattenverk och rörnät

Arvika kommun utnyttjar sedan 1898 sjön Racken som ytvattentäkt för tätorten Arvikas vattenförsörjning.

Fram till år 1971 renades vattnet genom långsamfiltrering. Om- och tillbyggnad av verket gjordes 1970-71 och från och med december 1971 behandlas vattnet genom kemisk fällning med aluminiumsulfat som flockningskemikalie. pH-justering på råvattnet gjordes före hårdhetshöjningen med natriumhydroxid och pH-justeringen på renvattnet gjordes med aurosil. Aluminiumsulfat och natriumhydroxid tillsattes i en inblandningsränna före flockningsbassängerna. Aurosil och hypoklorit tillsattes utgående renvatten på sugsidan av renvattenpumparna.

Flockbildningen sker i flockningskammare med paddelomrörare och flockavskiljningen görs medelst flotation och filtrering i sammanbyggda sk floofilter. Anläggningen är uppbyggd med tre parallella enheter.

Från floofilterna rinner vattnet direkt till en renvattenreservoar, varifrån renvattnet pumpas ut på nätet och mot högre reservoaren i vattentornet.

Vattenproduktionen är för närvarande ca $6500 \text{ m}^3/\text{dygn}$ men verket är dimensionerat för $16000 \text{ m}^3/\text{dygn}$.

Ledningsnätet inom Arvika tätort har en total längd av ca 138 km. Huvudledningarna är utförda av asbestcimentrör ca 6 km, gjutjärns- och segjärnsrör, ca 80 km, samt plaströr (PVC och PFL) ca 52 km.

Servisledningarna är utförda av galvaniserade stålrör, kopparrör och polyetenrör.

Avståndet mellan vattenverket och de längst bort liggande förbrukningsområdena Jössefors och Ingesund är ca 12 resp 10 km. Vattentornet ligger i Styckåsen i tätortens östra del, ca 5 km från vattenverket.

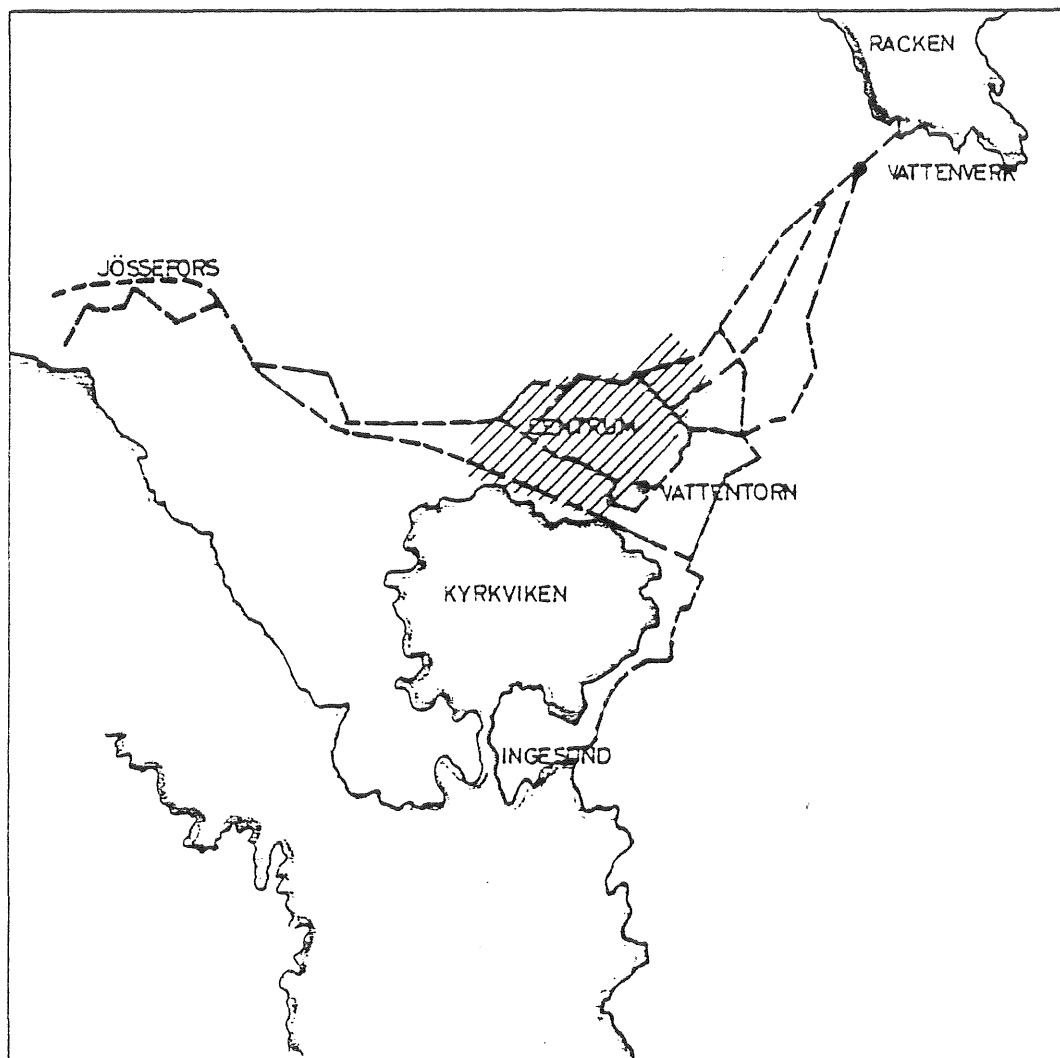


Fig 1. Karta över Arvika.

Vattenverket och vattenreningen har i stort fungerat tillfredsställande. Det har dock tidvis varit svårt att hålla ett stabilt pH-värde både vid fällningen och på utgående renvatten. Restaluminiumhalten har ibland varit hög.

De anmärkningar på vattenkvaliteten som förbrukarna haft har i huvudsak gällt missfärgat - rostbrunt - vatten.

I samband med att kommunen får sådana anmärkningar genomförs spolningar av vattenledningarna inom de områden varifrån anmärkningarna kommer. Spolningarna görs via brandposter. I vissa fall har brandposter ställts delvis öppna för att öka vattenomsättningen i ändledningarna och andra ledningar med dålig cirkulation.

Under en period åren 1977-78 erhöles ett ökat antal anmälningar om korrosionsskador på varmvattenberedare och varmvattenrör av koppar inne i fastigheter.

Från Jösseforsområdet, som ligger ca 6 km väster om centrala Arvika, erhöles under år 1978 och första hälften av 1979 upprepade klagomål på vattenkvaliteten. Klagomålen gällde missfärgat vatten och analyser av inlämnade vattenprov visade höga järnhalter.

Kommunen genomförde under hösten 1979 en komplett spolning och chockklorering av hela ledningsnätet i Jössefors och kompletterade vattenbehandlingen för Jösseforsområdet med tillsättning av natriumhexametafosfat. Klagomålen från Jösseforsområdet minskade därefter påtagligt.

HÅRDHETSHÖJNING - KORROSIONSKONTROLL

Allmänt

Med hårdhetshöjning förstår man en metod att genom förhöjning av vattnets kalcium- och vätekarbonathalt minska problem med korrosion på ledningsnätet. Benämningen "hårdhetshöjning" kan dock i ljuset av nya rön leda till fel slutsatser i och med hårdhet eller rättare: vattnets innehåll av kalcium har olika betydelse för olika material. Korrosionskontroll är en mer allmän benämning för metoder att minska korrosion.

I ett distributionsnät ingår olika material, rör av betong, asbestcement, järn, galvaniserat järn, koppar och plast samt ventiler, kranar och annan utrustning av mässing.

Alla material som ingår i ett distributionsnät korroderar och korroderar olika fort. Det gäller i ett befintligt system att ge vattnet sådana egenskaper att korrosionen minimeras samtidigt på samtliga material. I denna strävan att minska korrosionen genom tillsatser måste man beakta att inga andra problem - estetiska eller hälsomässiga - uppstår.

Det existerar olika uppgifter om vilken sammansättning ett vatten bör ha för att korrosionen ska vara liten. Vissa värden på vattensammansättning ges i det följande.

Asbestcimentrör, betongrör, cementinfodrade järnrör

För att minska utlösning från dessa rör bör vattnet ha en viss kalciumhårdhet och vara i s k kalk-kolsyrejämvikt. Olika index finns för att beräkna detta tillstånd. Langeliers index (LI) är mest använt i Sverige och bör vara ≥ 0 .

Aggressivitetsindex AI används speciellt för asbestcimentrör och bör vara >12 .

Ett vatten med en kalciumhalt av 20 mg Ca^{2+} /l och en vätekarbonathalt av 40 mg HCO_3^- /l och har ett jämviktspH-värde på ca 8,7. För att jämviktsvärdet ska ner under 8,5 kan kalciumdoseringen höjas med ex vis 5 mg Ca^{2+} /l vilket ger förhöjning av vätekarbonathalten av ca 15 mg HCO_3^- /l. Jämvikts-pH är då ca 8,45 enligt Langeliers ekvation. Aggressivitetsindex är i detta senare fall 11,9.

Järnrör

Det råder olika uppfattningar om vilken vattenbeskaffenhet som bör råda för att minska korrosion på järnrör. Numera anser man att vattnets buffertkapacitet har den största betydelse eller ju högre vätekarbonathalt ju lägre korrosion. Kalk-kolsyrejämvikt är således ej väsentlig liksom vattnets pH-värde. pH bör dock ej vara högt, ty då formas skyddsskikt som ej är motståndskraftigt. Skyddsskikt bestående av järnkarbonat anses täta och dessa bildas vid karbonatrika vatten.

Kopparrör

Allmän korrosion på kopparrör är låg. Det beror på att kopparytan efter en tids användning blir täckt med ett tätt passiverande skikt av kopparhydroxidkarbonat men detta skikt kan brytas ned och ge upphov till punktangrepp.

Många försök och erfarenheter visar att korrosion på koppar minskar då pH-värdet är högt. Sulfatjoner påskyndar korrosion i varmvattenberedare. Strävan är att förhållandet $\text{HCO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ uttryckt i mg/l ska vara >1 .

För att minsta korrosion på asbeströr, cementinfodrade järnrör, gjutjärnsrör och kopparrör måste vattnet ges en sådan sammansättning att korrosionen minskar på alla rörtyper. Om något problem upplevs starkare än andra kan sammansättningen förskjutas åt det håll som minskar det aktuella problemet, som t ex kan vara "rött vatten".

En dosering av kalk och koldioxid bidrager till att ge vattnet de egenskaper som minskar korrosion på samtliga nämnda material.

Ombyggnad för korrosionskontroll

Ombyggnad av vattenverket för korrosionskontroll gjordes under våren - hösten 1981 och anläggningarna togs i drift i november 1981.

Hårdhetshöjningen av vattnet erhålles genom dosering av kalk och koldioxid.

Eftersom verket tidigare var byggt för alkalisering med natronlut har ombyggnaden omfattat en komplett anläggning för kalkhantering bestående av en 50 m³ silo för lagring av kalciumhydroxid, kalkvattenberedare för beredning av klarnat kalkvatten samt utrustning för dosering av kalkvatten till råvattnet och renvattnet. All alkalisering sker numera med kalk och natronluten och aurosilen har slopats.

Även den extra hexametafosfatdosering som gjordes direkt på ledningsnätet i Jössefors har slopats.

Aktuella kemikaliedoseringar är:

Aluminiumsulfat	25 g/m ³	
Kalciumhydroxid	35 g/m ³	(totalt)
Koldioxid	32 g/m ³	
Hypoklorit	2 g/m ³	

Koldioxidanläggningen utgörs av en kallförgasaranläggning bestående av en vakuumisolerad lagringstank och förångare. Koldioxid i gasform blandas i en kolsyreapparat med drivvatten via en ejektor, och blandningen tillsättes råvattnet i inblandningsrännan före flockningskamrarna.

Koldioxiddoseringen mängdstyrs från råvattenpumparna, medan kalkdoseringen på råvatten- och renvattensidan styrs av pH.

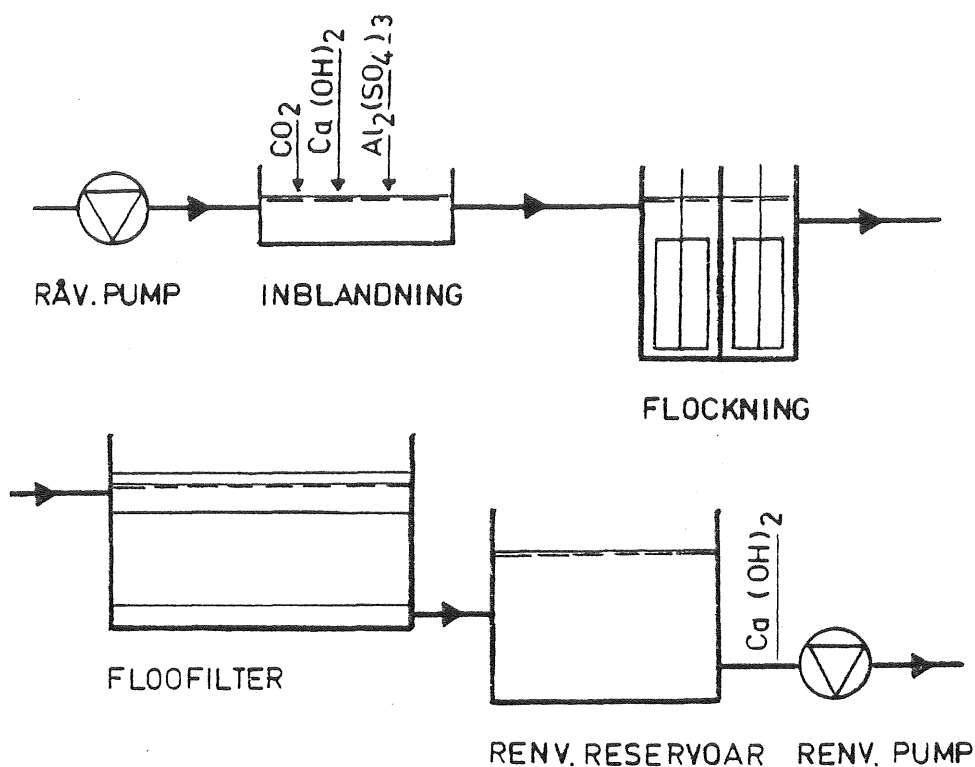


Fig 2. Flödesschema.

Vattenanalyser

Karakteristiska värden för rå- och renvattnet före och efter hårdhetshöjningen framgår nedan.

	<u>Råvatten</u>	<u>Renvatten (vid v-verk)</u>	
		Före hårdhets- höjning	Efter hårdhets- höjning
Färg mg Pt/l	20	<5	<5
pH	6,3 - 6,5	7,5 - 8,5	7,8 - 8,5
Hårdhet mg Ca ²⁺ /l	2 - 4	2 - 4	18 - 25
Vätekarbonat mg HCO ₃ ⁻ /l	4 - 6	4 - 6	34 - 46
Klorid mg Cl ⁻ /l	5	-	-
Sulfat mg SO ₄ ²⁻ /l	9	23	23

Beträffande övriga analyser hänvisas till bilagorna.

Driftserfarenheter

Under den tid, ca 1½ år, som hårdhetshöjningen tillämpats har kalk- och koldioxidanläggningarna fungerat tillfredsställande.

Kalkanläggningen har gått utan driftavbrott. Karbonatutfällningar förekommer dock i pumpar, röranslutningar och rörkrökar, och kalkdoseringsutrustningen kräver regelbunden tillsyn och rengöring.

Vid koldioxidanläggningen erhöles ett kortvarigt driftavbrott i december 1981 när temperaturen sjönk under -25°C . Efter komplettering med en elpatron i gasledningen har inga ytterligare driftavbrott inträffat.

De erfarenheter som gjorts beträffande vattenbehandlingen är att det blivit lättare att hålla ett stabilt pH-värde under fällningen.

Restaluminiumhalten är dock fortfarande för hög vid vissa tillfällen, vilket framgår av de bilagda analyserna.

Detta kan delvis förklaras av att den kalk som användes har en viss förorening av Al_2O_3 . Vid normal dosering har detta ingen nämnvärd betydelse men vid en ökad dosering av kalk på utgående vatten höjes samtidigt vattnets Al^{3+} -halt. Om kalken innehåller 1% Al_2O_3 innebär detta att en dosering av 20 g kalk/ m^3 höjer vattnets Al-halt med 0,1 mg Al^{3+} /l.

RÖRNÄTSUNDERSÖKNING

Uppläggning, omfattning

Den rörnätsundersökning som påbörjats är uppdelad i tre moment.

1. Vattenprovtagning med utökade fysikalisk-kemiska analyser.
2. Studium av rördetaljer, dels äldre rörbitar från ledningsnätsreparationer och dels nya provbitar som monterats in i vissa fastigheter.
3. Genomgång av "klagomål" på vattenkvalitet, spolningsfrekvens samt skador på servisleddningar.

Undersökningen har för 1 och 2 omfattat perioden april 1981 - april 1983 och täcker således in ca 8 månader före hårdhetshöjningen och ca 16 månader efter hårdhetshöjningen.

Vattenprovtagning

Vattenprover har uttagits på 8 ställen inom tätorten. Provtagningspunkternas lägen framgår av bifogade översiktsplan och redovisning nedan.

- | | |
|-------|----------------------------------|
| Pkt 1 | Utgående vatten vid vattenverket |
| Pkt 2 | Vattentornet Styckåsen |
| Pkt 3 | Avloppsreningsverket vid Vik |
| Pkt 4 | Ahlgrensens väg, Taserud |
| Pkt 5 | Gatukontoret, Ö. Esplanaden |
| Pkt 6 | L. Kvarngatan, Haga |
| Pkt 7 | Ingesund folkhögskola |
| Pkt 8 | Jössefors |

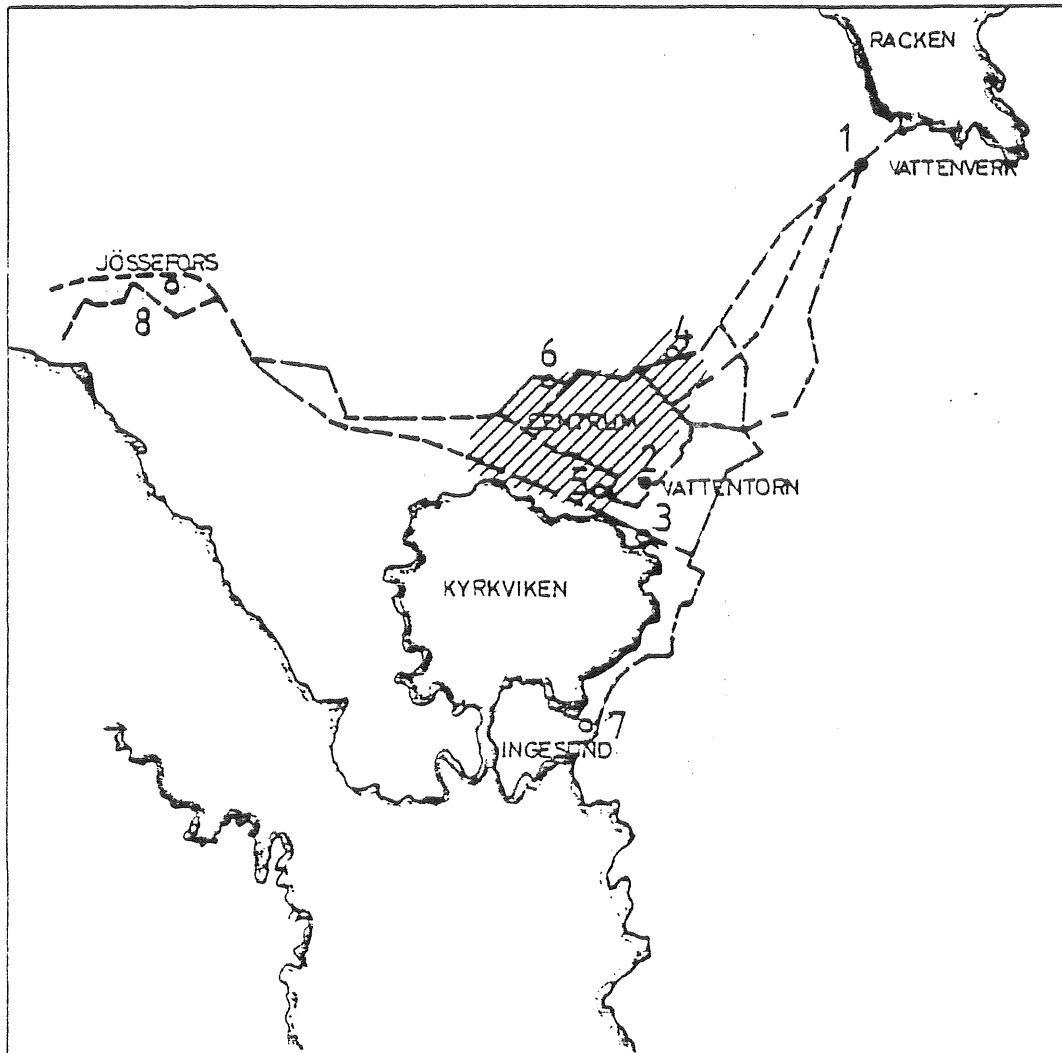


Fig 3. Karta över provtagningsplatser.

Vid punkt 1 och 2 uttogs prover efter normal tappning i provtagningskran. Vid punkterna 3 t o m 8 uttogs två prover, dels ett direkt ur kranarna utan föregående tappning (prover 3A t o m 8A) och dels ett sedan vattnet fått rinna ca 10-15 min (prover 3B t o m 8B).

Samtliga vattenprover har analyserats vid Chalmers Tekniska Högskola och analysomfattningen framgår av bilagda analysställningar.

Hittills har provtagning gjorts vid sju tillfällen - tre före hårdhetshöjningen och fyra efter. Provtagningsdatum är 810423, 810611 och 811020 före hårdhetshöjningen och 811208, 820420, 821027 och 830426 efter höjningen.

Resultat av rörnätsundersökningen

Målsättning för korrosionskontrollen har varit att höja vattnets kalciumhalt till ca 20 mg Ca^{2+} /l, vätekarbonathalten till ca 40 mg HCO_3^- /l samt hålla ett pH mellan 8-8,5.

Följande tre figurer visar hur denna målsättning lyckats genom de analyser som tagits på nätet.

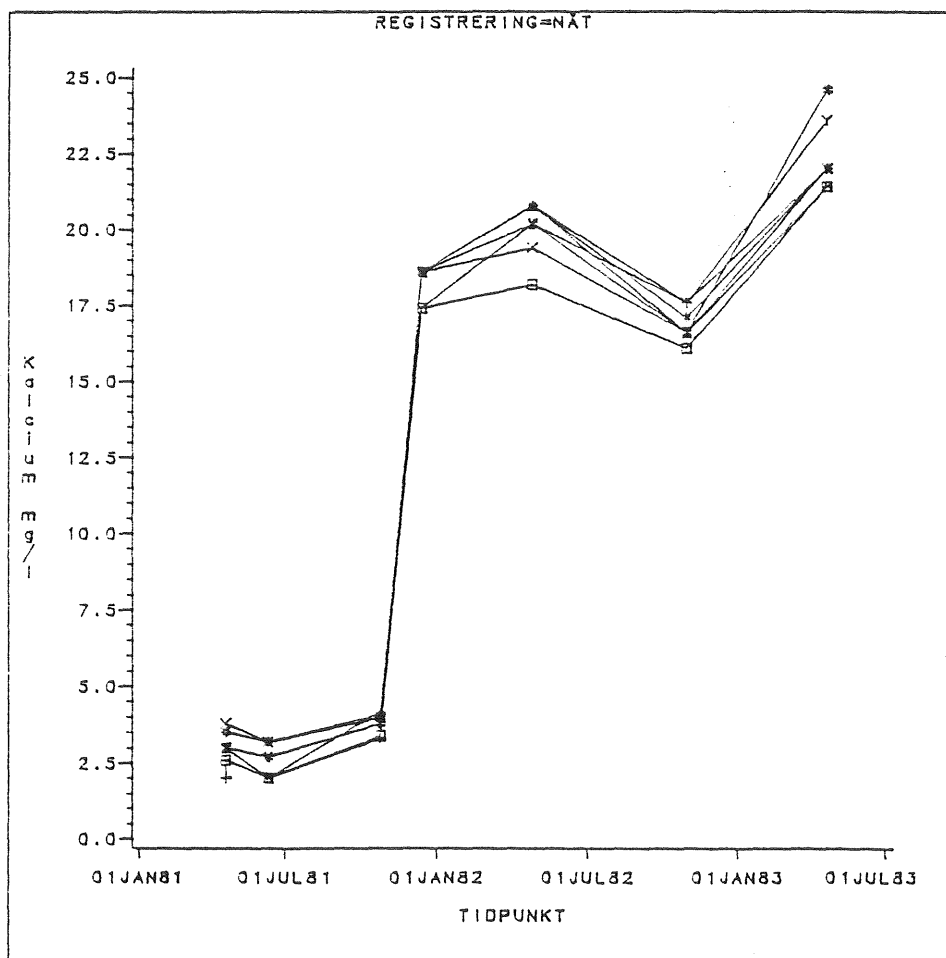


Fig 4. Kalciumhalt - datum.

Fig 4 visar att kalciumhalten på nät inte varit helt stabil. Värdena och således även doseringen har varierat mellan 16-23 mg Ca^{2+} /l. Det är dock liten spridning i kalciumhalt vid varje provtagningstillfälle mellan de olika provtagningsplatserna.

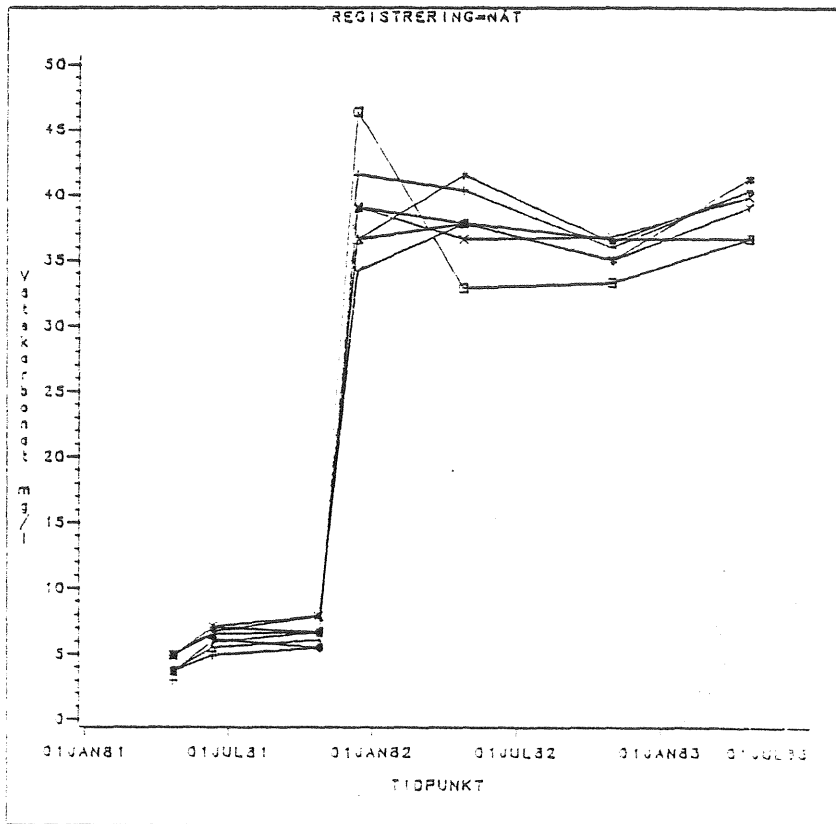


Fig 5. Vätekarbonathalt - datum.

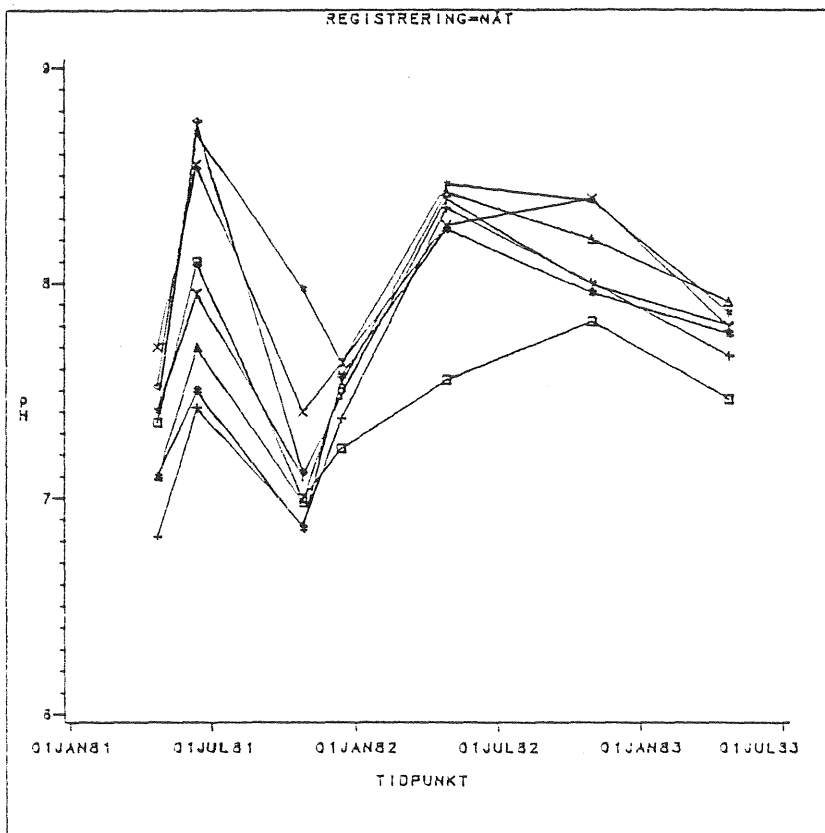


Fig 6. pH-värde - datum.

Fig 5 visar att även vätekarbonathalterna ligger väl samlade vid varje provtagningstillfälle på nivån strax under 40 mg HCO_3^-/l .

Stora variationer finner man i pH-värde, fig 6, mellan de olika tillfällena. Här föreligger skillnad i en hel pH-enhet. Under testperioden har pH-värden på nät minst varierat mellan 7,3-8,5. Denna stora variation tillsammans med den stickprovsmässiga undersökningen gör det svårt att tolka övriga resultat som framkommit. Dock kan man tydligt se att pH stabiliserats avsevärt efter det att hårdhetshöjningen startade. Men det är väsentligt att hålla ett jämt pH från verket.

Vid provtagningarna i april och oktober 1982 låg pH inom det önskade intervallet medan pH vid den sista provtagningen var en halv enhet för lågt. Det är mot denna bakgrund övriga resultat måste värderas. Följande figurer visar metallhalter i kranvatten (A-prover) och vatten efter spolning (B-prover).

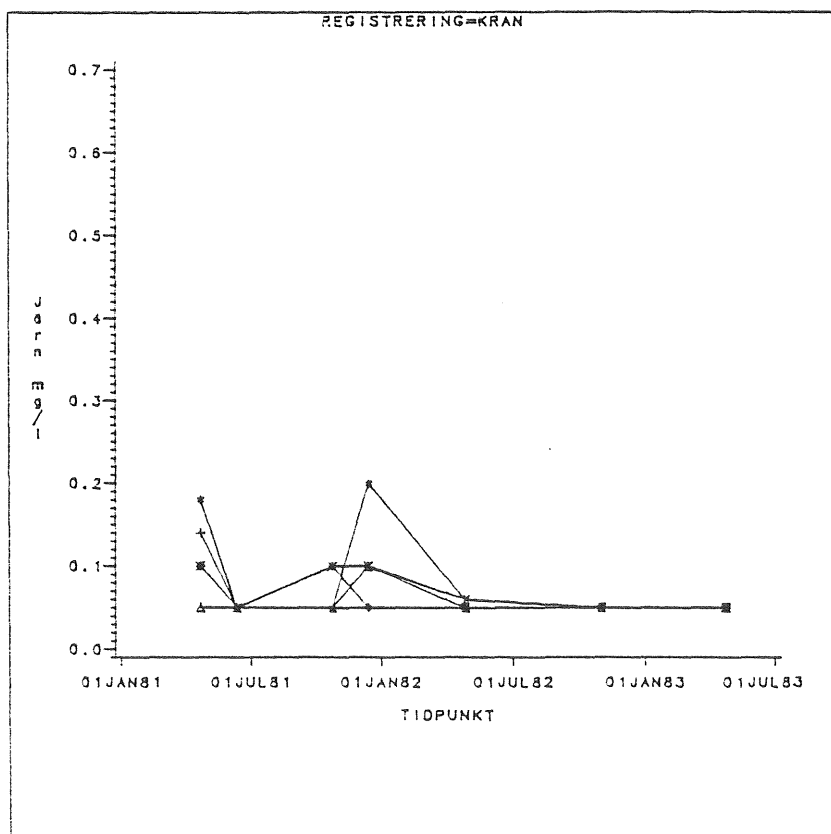


Fig 7. Järnhalt - datum (A-prov).

Järnhalten, fig 7, i kranvatten är under hela perioden lågt eller <0,2 mg Fe/l, vilket är gränsvärdet för järn.

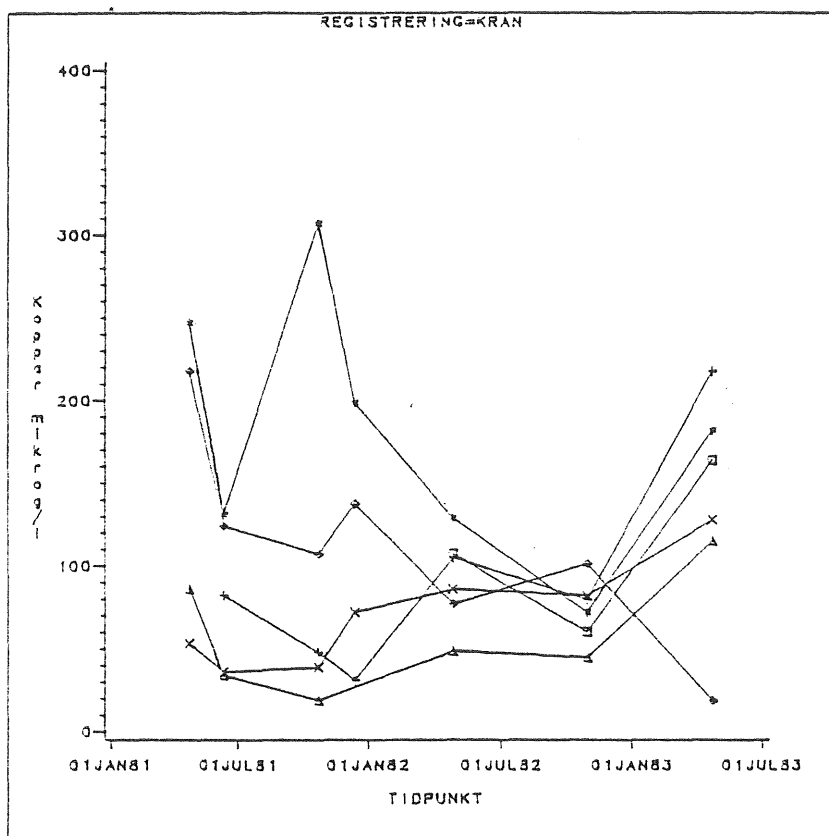


Fig 8. Kopparhalt - datum (A-prov).

Kopparhalten, fig 8, däremot har nästan alltid varit över det "tekniska" gränsvärdet 50 $\mu\text{g Cu}^{2+}/\text{l}$. Tendensen är dock att kopparhalten minskat sedan hårdhetshöjningen inleddes. Den senaste provtagningen visade högre halter. Detta kan förklaras med att pH-värdet på nätet under våren 83 varit relativt lågt.

Genom att sammanställa kopparhalt mot pH-värde kan man även om spridningen är stor, visa att man får en minskad kopparhalt med ökat pH-värde.

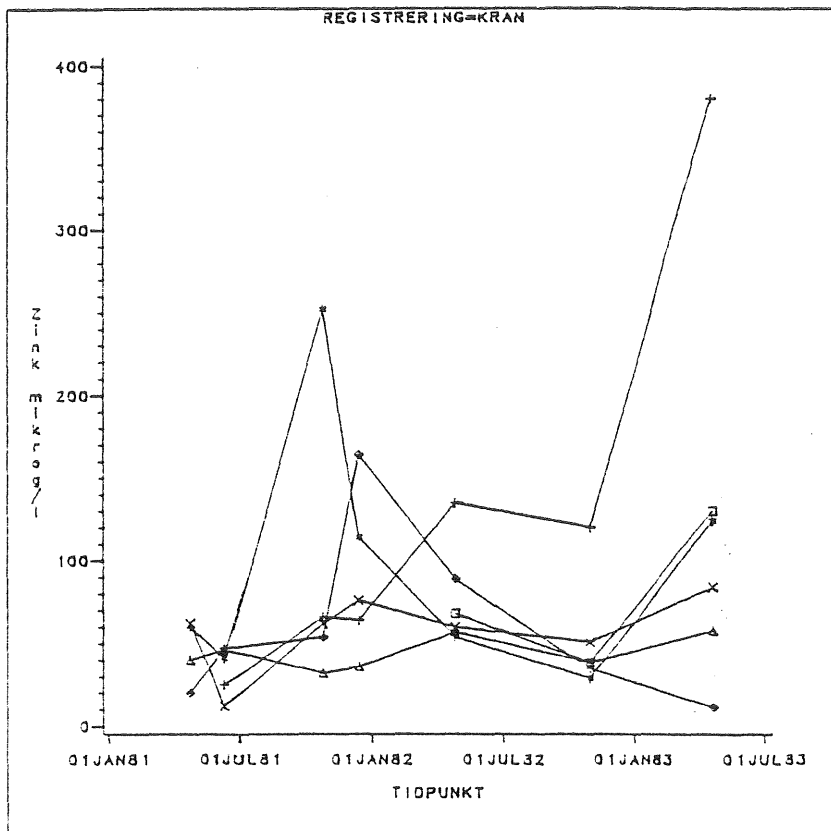


Fig 9. Zinkhalt - datum (A-prov).

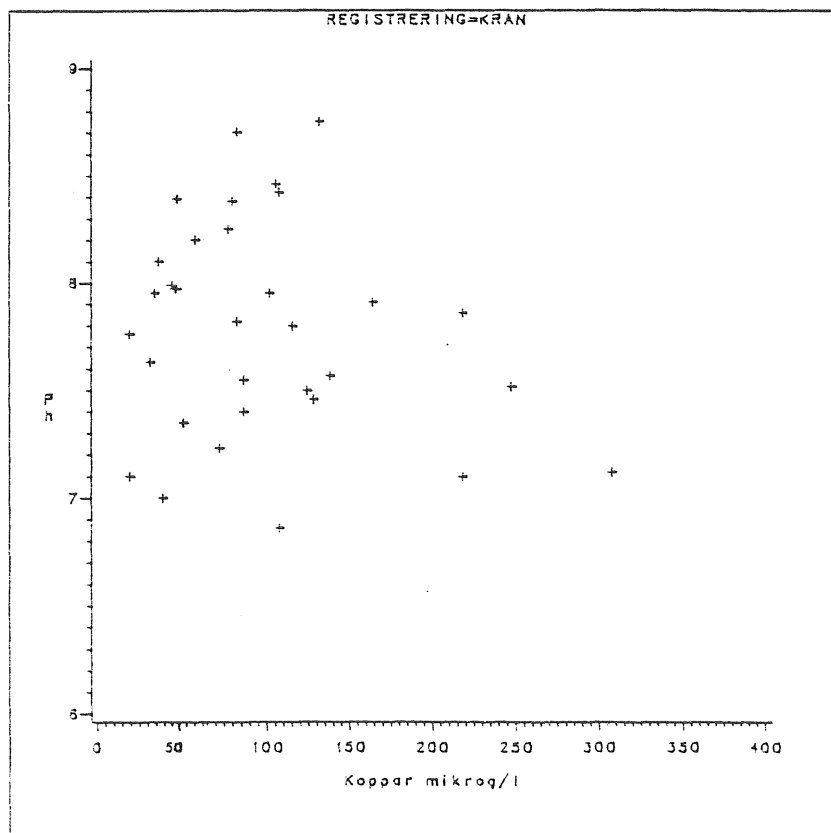


Fig 10. Kopparhalt - pH-värde.

Zinkhalt, fig 9, i kranvatten har samma värde under hela undersökningsperioden.

Följande figurer visar metallhalt i ledningsnätet (B-prover).

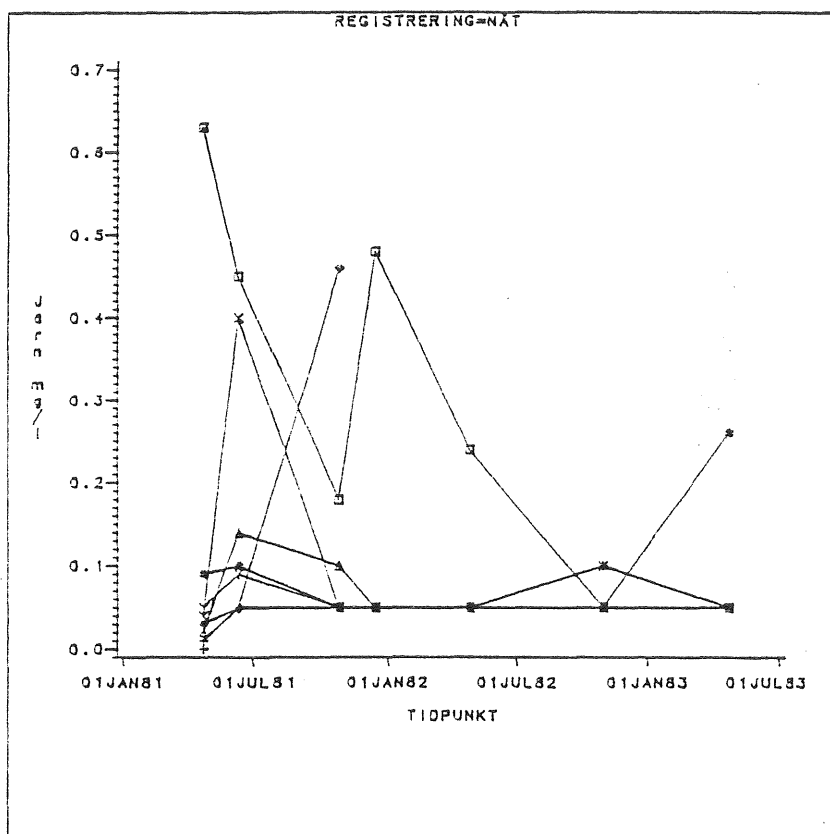


Fig 11. Järnhalt - datum (B-prov).

Järnhalten visar på en tydlig minskning i nätprover sedan hårdhetshöjningen startade. Analysvärdena är utom i något enstaka prov $< 0,1$ mg Fe/l. Detta stämmer också väl med uppfattningen om mindre rött vatten som konsumenter uppgivit.

Kopparhalten i nätprover var under hela perioden låg ≤ 50 $\mu\text{g Cu}^{2+}/\text{l}$ och bör så vara. Den senaste provtagningen visade ett högt värde i det vatten som lämnade vattenverket.

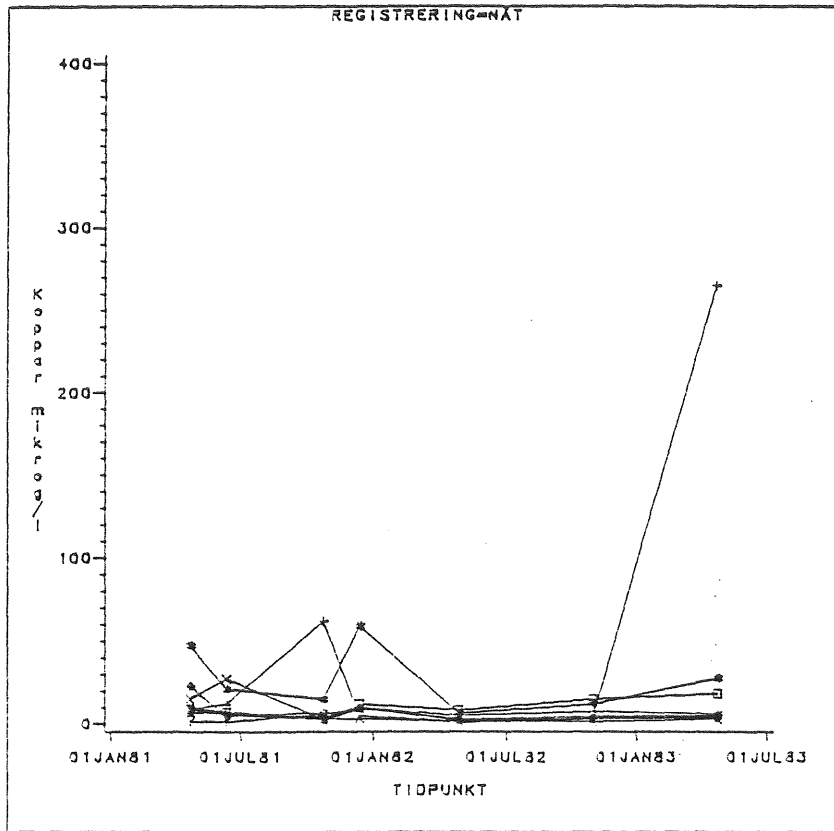


Fig 12. Kopparhalt - datum (B-prov).

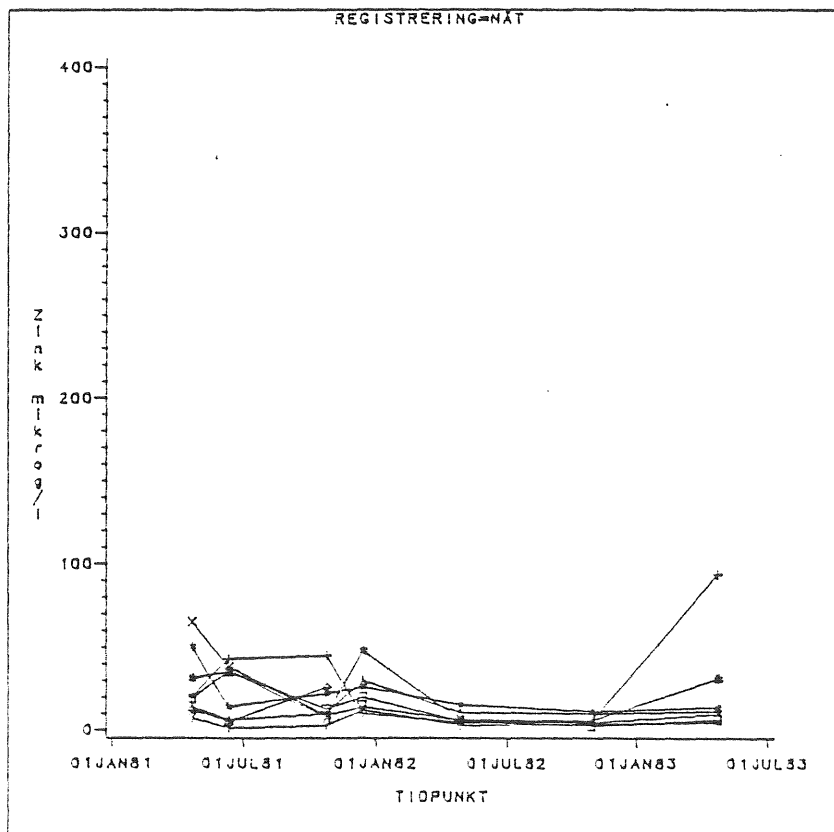


Fig 13. Zinkhalt - datum (B-prov).

Zinkhalten i nätet är låg. Man kan klart konstatera att zinkhalten och dess spridning tydligt minskat efter hårdhetshöjningen. Vid senaste provtagningen var zinkhalten hög i vattnet från verket vilket är egendomligt.

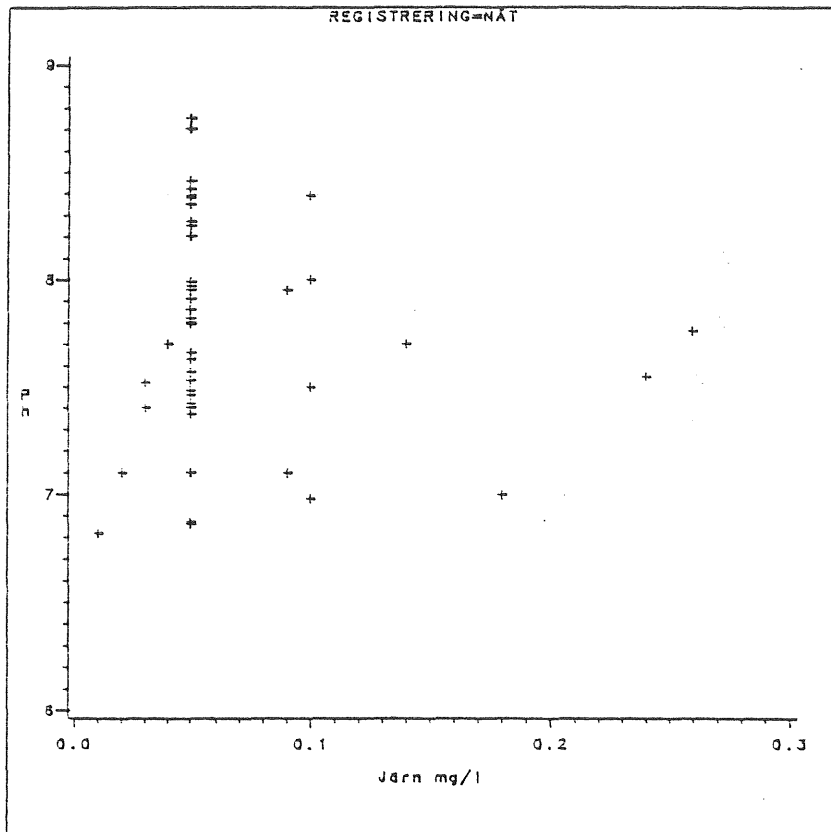


Fig 13. Järnhalt - pH-värde.

Från fig 13 framgår att järnhalten är mindre beroende av vattnets pH-värde än vad kopparhalten är (jfr fig 10).

Rörmaterial, provbitar

Rörprover har uttagits från 7 st fastigheter. Proverna utgöres av:

- a. Bef rör från resp fastighets invändiga servisledning.
- b. Provbitar som varit inmonterade från april 1981 fram till november 1981.

- c. Provbitar som varit inmonterade från november 1981 fram till mars 1983.

Resultat av besiktning av provbitar

Den okulära besiktningen av järnrör visade inga tydliga skillnader i avlagringar i rör som varit i drift 1 år före resp efter hårdhetshöjningen.

Analyser av avlagringarna visade dock tydliga skillnader i avlagringarnas sammansättning. Det krävs dock fler analyser och fler provbitar innan några säkra slutsatser kan dras på grundval av avlagringsanalyser.

Klagomål på vattenkvalitet, spolningsfrekvens samt skador på servisledning

De flesta anmärkningar mot vattenkvaliteten har gällt missfärgat - "rostigt" - vatten. Gatukontoret i Arvika har från och med april 1979 antecknat alla klagomål som inkommit och noterat utförda ledningsspolningar. Klagomålen har i huvudsak varit koncentrerade till fem områden i Arvika tätort - Haga, Taserud, Högåsen, Solvik och Dottevik -.

Haga är ett äldre bostadsområde och vattenledningarna är utförda i början av 50-talet med huvudledningar av gjutjärn och servisledning av galvaniserade stålrör.

Taserudsområdet är byggt på 70-talet och ledningarna är utförda i PVC och segjärn resp PEL och kopparrör.

De flesta klagomålen från Högåsen kommer från fastigheter vid Christian Erikssons väg, och ledningarna där är byggda på 50-talet med huvudledning av gjutjärn och serviser av galvaniserade stålrör.

Inom den del av Solvik varifrån klagomål kommit är ledningarna från 70-talet och de är utförda av segjärn resp PEL och kopparrör.

Dottevik (Åsvägen m fl) har ledningar från början av 50-talet med huvudledningar av gjutjärn och servisleddningar av galvaniserade stålrör.

De spolningar som gjorts med anledning av klagomål på vattenkvaliteten fördelar sig enligt nedan:

År	1979 (från april)	1980	1981	1982
Område				
Haga	4 ggr	3	4	3
Taserud	1	1	9	7
Högåsen	1	1	4	-
Solvik	1	1	2	-
Dottevik	3	-	1	3
Ingesund	1	-	1	-
Styckåsen	-	-	1	-
Summa	11	6	22	13

Antalet spolningar under 1982 har minskat jämfört med 1981, men jämfört med 1979 och 1980 har det skett en viss ökning.

Taserudsområdet är det område där de flesta anmärkningarna erhållits under 1981 och 1982. Orsaken härtill är ej klarlagd men Gatukontoret kommer att detaljstudera strömningsförhållanden m m i de tre gator i Taserud varifrån huvudparten av klagomålen kommer.

Renvattendistributionen från vattenverket sjönk under år 1982 med ca 113.000 m³ jämfört med år 1981. Minskningen beror på minskad spolfrekvens och att flertalet av de tidigare "öppna" brandposterna stängdes i april 1982.

Gatukontoret har även fört statistik över kommunala servisledning-
ningar som reparerats eller bytts ut under åren 1979, 1980, 1981
och 1982.

Orsaken till reparationer och utbyten har varit läckage till
följd av korrosionsskador på galvaniserade stålrör.

De åtgärdade servisledningarna är jämnt fördelade inom hela
tätorten och antalet är:

År 1979	13 st
1980	9 st
1981	9 st
1982	6 st

Uppföljningen av klagomål, spolningar och korrosionsskador har
hittills ej gett något entydigt svar på att hårdhetshöjningen
minskat ledningskorrosionen. Klagomål på missfärgat vatten har
erhållits även efter det att hårdhetshöjningen införts. Uppfölj-
ningen kommer dock att fortsätta under 1983 och 1984.

Rörrättspersonalen anger rent subjektivt att det blivit en
förbättring och att antalet "problemedningar" i Arvika minskat.

SLUTSATSER

Under testperioden med korrosionskontroll medelst dosering av kalk-koldioxid har förbättrade förhållanden dokumenterats i följande avseenden.

- Stabilare och jämnare pH-värde i rörnätets olika delar.
- Lägre järnhalter i rörnät.
- Lägre zinkhalt i rörnät.
- Lägre kopparhalt i rörnät.

I detta sammanhang måste dock påpekas att halter av ovanstående metaller före hårdhetshöjningen var relativt låga även då med några undantag.

I tappkransprover utan någon urspolning av vatten har

- järnhalten varit låg, i regel $<0,05$ mg Fe/l
- kopparhaltens och i viss mån även zinkhaltens spridning och absolutvärde minskat. För speciellt koppar synes pH-värdet ha stor betydelse och bör vara $>8,0$.

Avlagringsanalyser har visat att det råder en annan sammansättning i beläggningarna på rörväggen efter hårdhetshöjningen jämfört med före.

Man kan vidare notera att allmänhet och yrkesfolk märkt en förbättring av vattenkvaliteten och att renspolning via brandposter är mindre behövlig numera.

För den framtida driften vid vattenverket är det väsentligt att pH-värdet på rörnätet hålles konstant på ett värde över 8,0, förslagsvis 8,3.

Man kan överväga att höja doseringen av kalk och koldioxid något och följa upp resultaten på de mest bekymmersamma delarna av nätet.

BILAGOR

Analysvärden, primärvärden

Provtagningspunkt 1

PARAMETER	810423	810611	811020	811208	820420	821027	830426
pH	6,82	7,42	6,87	7,37	8,35	8,00	7,66
$\rho_{\text{us/cm}}$	70	70	63	95	105	114	120
Grumme1 NTU	0,24	0,3	0,1		0,2	0,11	0,33
KMnO ₄ mg/l	6,0	6,4	5,2		5,5	5,8	8,7
Alk. mg HCO ₃ /l	3,7	4,9	5,49	41,5	40,3	36,0	40,3
NO ³ -N mg /l	0,34	0,33	0,47		0,32	0,30	<0,1
NO ² -N mg /l	<0,02	-	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01
Al mg/l	0,22	0,3	0,06	0,5	0,19	0,05	0,33
SO ₄ mg/l	23	17	20		24	20	15,9
Ca mg/l	2,6	2,0	3,3	18,6	20,8	17,6	22,0
Mg mg/l	0,94	1,0	0,9	1,2	1,04	0,93	0,94
Na mg/l	10,3	8,5	7,8		2,64	0,44	1,74
K mg/l	1,38	0,7	0,5		0,81	0,5	0,6
Mn mg/l	<0,1	<0,1	<0,1		<0,05	<0,05	<0,05
Cu µg/l	9	12	62	ko11! <5	0,7	3,1	265
Zn µg/l	<20 =20	43	45	10	4,8	5,2	94
Fe mg/l	0,01	<0,05	<0,1 x)	<0,1 ^{x)}	<0,1 ^{x)}	0,1 ^{x)}	<0,1
UV ext./ m	2,8	3,8	3,0	5,1	3,3	3,1	4,9
Färg mgPt/l	5	<5	<5	5			
436 nm	<5	6	(3)<5	15	<5	<5	15,6
457 nm	<5	3	(1)<5	6	<2	2	9,6
Anmärkning			x) Analys med A.A.				

Provtagningspunkt 2

PARAMETER	810423	810611	811020	811208	820420	821027	830426
pH	7,70	8,55	7,40	7,63	8,27	8,39	7,79
κ $\mu\text{s/cm}$	63	70	65	97	103	115	120
Grumme1 NTU	0,53	0,8	0,1		0,10	0,10	0,19
KMnO ₄ mg/l	6,0	5,4	6,0		6,8	6,9	6,8
Alk. mg HCO ₃ /l	4,9	7,1	7,93	39,0	36,6	36,8	39,8
NO ³ -N mg /l	0,24	0,40	0,47		0,37	0,33	< 0,1
NO ² -N mg /l	<0,02	-	<0,01		< 0,01	< 0,01	< 0,01
Al mg/l	0,04	0,3	0,08	0,22	0,26	0,08	0,26
SO ₄ mg/l	22	19	21		23	19	13,6
Ca mg/l	3,8	3,2	4,0	18,6	19,4	16,6	22,0
Mg mg/l	0,89	0,9	0,8	1,2	1,00	0,86	0,94
Na mg/l	8,3	8,5	7,6		2,40	0,42	1,64
K mg/l	0,65	0,7	0,7		0,81	0,8	0,66
Mn mg/l	<0,1	<0,1	<0,1		< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cu $\mu\text{g/l}$	15	27 ^x) (234)	3 < 5	< 5 (3)	1,5	1,6	3,0 < 3,5
Zn $\mu\text{g/l}$	65	38	9	14	6,0	4,7	9,6
Fe mg/l	0,04	0,40	<0,1 ^x)	< 0,1 ^x)	< 0,1 ^x)	0,1 ^x)	< 0,1
UV ext./ m	2,0	5,9	3,5	3,8	4,2	3,5	4,4
Färg mgPt/l	5	<5	5	5			
436 nm	<5	27 ^{xx})	6	6	< 5	< 5	10,0
457 nm	<5	16	(2)<5	1	< 2	4	5,6

Anmärkning

x) Analys från annan provfl.
xx) Grummehalten kan störa.

x) A.A. flamma

Provtagningspunkt 3A

PARAMETER	810423	810611	811020	811208	820420	821027	830426
pH							
σ $\mu\text{s/cm}$							
Grumme1 NTU							
KMnO_4 mg/l							
Alk. mg HCO_3 /l							
$\text{NO}_3\text{-N}$ mg /l							
$\text{NO}_2\text{-N}$ mg /l							
Al mg/l							
SO_4 mg/l							
Ca mg/l							
Mg mg/l							
Na mg/l							
K mg/l							
Mn mg/l							
Cu $\mu\text{g/l}$	2860	82	48	31	105	79,5	218
Zn $\mu\text{g/l}$	3600	25	66	64	135	120	380
Fe mg/l	140	<0,1	<0,1 ^{x)}	0,1 ^{x)}	< 0,1 ^{x)}	< 0,1 ^{x)}	< 0,1
UV ext./ m							
Färg mgPt/l 436 nm 457 nm							
Anmärkning			x)Analys med A.A.				

Provtagningspunkt 3B

PARAMETER	810423	810611	811020	811208	820420	821027	830426
pH	7,40	8,70	7,97	7,63	8,46	8,38	7,86
κ_{us}/cm	62	70	65	98	108	112	170
Grumme1 NTU	0,27	0,1	0,2		0,1	0,11	0,26
KMnO ₄ mg/l	5,85	5,7	5,4		5,8	5,8	6,84
Alk. mg HCO ₃ /l	4,9	6,7	7,93	36,6	41,5	36,4	40,3
NO ³ -N mg /l	<0,5	0,28	0,48		0,30	0,38	0,1
NO ² -N mg /l	<0,02		<0,01		<0,01	<0,01	<0,01
Al mg/l	0,2	0,1	0,10	0,31	0,27	0,07	0,26
SO ₄ mg/l	23	18	19		25	19	14,4
Ca mg/l	3,5	3,2	4,1	18,6	20,8	17,1	22,0
Mg mg/l	0,84	0,9	0,8	1,2	1,02	0,88	0,94
Na mg/l	8,1	8,5	7,4		2,82	0,37	1,64
K mg/l	0,73	0,7	0,4		0,66	0,5	0,65
Mn mg/l	<0,1	<0,1	<0,1		<0,05	<0,05	<0,05
Cu μ g/l	10	6	2	9,8	2,3	3,2	3,8
Zn μ g/l	50	14	22	26	15,4	11,5	14,0
Fe mg/l	0,03	<0,05	$\leq 0,1^x)$	$<0,1^x)$	$<0,1^x)$	<0,1	<0,1
UV ext./ m	2,8	3,1	3,4	4,2	3,7	3,2	4,5
Färg mgPt/l	5	<5	5	5			
436 nm	<5	4	7	10	<5	<5	10,0
457 nm	<5	2	(4)<5	5	<2	3	6,4
Anmärkning			x) AA-f1amma				

Provtagningspunkt 4A

PARAMETER	810423	810611	811020	811208	820420	821027	830426
pH							
$\mu\text{s/cm}$							
Grumme1 NTU							
KMnO_4 mg/l							
Alk. mg HCO_3 /l							
$\text{NO}^3\text{-N}$ mg /l							
$\text{NO}^2\text{-N}$ mg /l							
Al mg/l							
SO_4 mg/l							
Ca mg/l							
Mg mg/l							
Na mg/l							
K mg/l							
Mn mg/l							
Cu $\mu\text{g/l}$	53	36	39	72	86	82	128
Zn $\mu\text{g/l}$	62	12	62	76	60	51,2	84
Fe mg/l	0,10	<0,1	0,1	0,1	<0,1 0,06 0,1	<0,1	<0,1
UV ext./ m							
Färg mgPt/l 436 nm 457 nm							
Anmärkning			x) BOD enl annan me-				

Provtagningspunkt 4B

PARAMETER	810423	810611	811020	811208	820420	821027	830426
pH	7,35	8,10	7,00	7,23	7,55	7,82	7,46
$\mu\text{s/cm}$	58	65	60	90	98	110	113
Grumme1 NTU	0,82	0,8	0,6		1,3	0,13	
KMnO_4 mg/l	5,21	4,8	5,0		5,4	5,4	7,0
Alk. mg HCO_3 /l	4,9	6,5	6,71	46,4	32,9	33,3	36,6
$\text{NO}^3\text{-N}$ mg /l	<0,5	0,17	0,35		0,27	0,34	0,1
$\text{NO}^2\text{-N}$ mg /l	<0,02		<0,01		<0,01	<0,01	<0,01
Al mg/l	0,3	0,1	0,08	0,16	0,18	0,07	0,19
SO_4 mg/l	23	16	17		25	19	14,8
Ca mg/l	2,6	2,0	3,4	17,4	18,2	16,1	21,4
Mg mg/l	0,89	0,9	0,8	1,1	1,00	0,89	0,9
Na mg/l	8,0	8,0	7,2		2,36	0,36	1,58
K mg/l	0,63	0,7	0,5		0,74	0,5	0,56
Mn mg/l	<0,1	<0,1	<0,1		<0,05	<0,05	<0,05
Cu $\mu\text{g/l}$	9	7	3	12,2	8,5	15,4	18,4
Zn $\mu\text{g/l}$	19	35	13	20	5,4	2,4	6,4
Fe mg/l	0,63	0,45	0,18	0,48	0,24	<0,1	<0,1
UV ext./ m	7,4	5,0	4,4	6,9	6,1	3,2	4,4
Färg mgPt/l	10	7	5	10			
436 nm	26	18X)	14	40	4 < 5	< 5	12,4
457 nm	15	10	9	24	3	4	7,4
Anmärkning							

Provtagningspunkt 5A

PARAMETER	810423	810611	811020	811208	820420	821027	830426
pH							
$\sigma_{t,20}$ $\mu\text{s}/\text{cm}$							
Grumme1 NTU							
KMnO_4 mg/l							
Alk. mg HCO_3^- /l							
NO_3^- mg /l							
NO_2^- mg /l							
Al mg/l							
SO_4 mg/l							
Ca mg/l							
Mg mg/l							
Na mg/l							
K mg/l							
Mn mg/l							
Cu $\mu\text{g}/\text{l}$	247	131	307	199	129	72	182
Zn $\mu\text{g}/\text{l}$	60	41	252	114	54	28.8	124
Fe mg/l	180	<0,1	<0,1	0,2	<0,1 0,06	<0,1	<0,1
UV ext./ m							
Färg mgPt/l 436 nm 457 nm							
Anmärkning							

Provtagningspunkt 5B

PARAMETER	810423	810611	811020 ¹⁾	811020 ²⁾	811208	820420	821027
pH	7,52	8,75	7,12		7,73	8,53	8,46
ρ μ s/cm	62	69	65		98	106	115
Grumme1 NTU	0,16	0,2	4,0	1,2		0,2	0,10
KMnO ₄ mg/l	6,00	5,6		5,6		5,0	5,8
Alk. mg HCO ₃ /l	4,9	7,0	6,71		29,3	39,0	36,9
NO ³ -N mg /l	<0,5	0,17	0,34			0,25	0,37
NO ² -N mg /l	<0,02		<0,01			<0,01	<0,01
Al mg/l	0,3	0,1	0,11		0,43	0,22	0,07
SO ₄ mg/l	25	16	19			20	17
Ca mg/l	3,5	3,2	4,1	4,1	19,0	20,2	17,6
Mg mg/l	0,84	0,9	0,8		1,2	1,01	0,88
Na mg/l	8,3	8,4	7,3			2,40	0,34
K mg/l	0,63	0,8	0,5			0,75	0,6
Mn mg/l	<0,1	<0,1	<0,1			<0,05	<0,05
Cu μ g/l	23	5	7	<10 ^{x)}	7,7	44	16,7
Zn μ g/l	12	5	26		16	11,3	6,5
Fe mg/l	0,03	<0,05	0,46	0,18	0,1	<0,1	<0,1
UV ext./m	2,9	3,1	4,7	3,5	4,4	3,9	3,3
Färg mgPt/l	5	5	10	5	5 10		
436 nm	5	4	60	18	12	<5	<5
457 nm	<5	2	51	11	7	<2	3

Anmärkning

 x) Provtagn felaktig.
 Stor skilln på många parametrar

Provtagningspunkt 5 B forts

PARAMETER	830426						
pH	7,96						
σ_t $\mu\text{s}/\text{cm}$	113						
Grumme1 NTU	0,34						
KMnO_4 mg/l	7,0						
Alk. mg HCO_3^- /l	39,0						
NO_3^- -N mg/l	<0,1						
NO_2^- -N mg/l	<0,01						
Al mg/l	0,39						
SO_4 mg/l	13,8						
Ca mg/l	21,0						
Mg mg/l	0,9						
Na mg/l	1,58						
K mg/l	0,6						
Mn mg/l	<0,05						
Cu $\mu\text{g}/\text{l}$	89						
Zn $\mu\text{g}/\text{l}$	15,2						
Fe mg/l	<0,1						
UV ext./m	5,0						
Färg mgPt/l 436 nm 457 nm	12,4 7,8						
Anmärkning							

Provtagningspunkt 6A

PARAMETER	810423	810611	811020	811208	820420	821027	830426
pH							
κ μ S/cm							
Grumme1 NTU							
KMnO ₄ mg/l							
Alk. mg HCO ₃ /l							
NO ₃ ⁻ N mg /l							
NO ₂ ⁻ N mg /l							
Al mg/l							
SO ₄ mg/l							
Ca mg/l							
Mg mg/l							
Na mg/l							
K mg/l							
Mn mg/l							
Cu μ g/l	120	93	60	130	107	60,5	164
Zn μ g/l	95	35	44	128	68	38,4	130
Fe mg/l	20 Δ	<0,1 ^{x)}	<0,1 ^{x)}	<0,1 ^{x)}	<0,1 ^{x)}	<0,1 ^{x)}	<0,1
UV ext./m							
Färg mgPt/l 436 nm 457 nm							
Anmärkning	Δ Spektro- fotomet	^{x)} A.A:s	flamma				

Provtagningspunkt 6B

PARAMETER	810423	810611	811020	811208	820420	821027	830426
pH	7,10	7,70	6,98	7,53	8,42	8,20	7,91
ρ μ s/cm	61	65	62	97	108	112	113
Grumme1 NTU	0,12	0,4	0,3		0,2	0,18	0,23
KMnO ₄ mg/l	5,09	5,1	5,6		5,5	5,9	6,06
Alk. mg HCO ₃ /l	3,7	5,5	6,10	36,6	37,8	36,6	36,6
NO ⁻³ -N mg /l	<0,5	0,22	0,33		0,36	0,55	<0,1
NO ⁻² -N mg /l	<0,02		<0,01		<0,01	<0,01	<0,01
Al mg/l	0,13	0,1	0,10	0,19	0,27	0,06	0,29
SO ₄ mg/l	24	18	16		21	18	15,8
Ca mg/l	3,0	2,0	4,2	18,6	20,8	16,6	21,4
Mg mg/l	0,92	0,9	0,8	1,0	1,00	0,86	0,9
Na mg/l	8,4	8,4	7,3		2,52	0,30	1,58
K mg/l	0,74	0,7	0,5		0,75	0,6	0,55
Mn mg/l	<0,1	<0,1	<0,1		<0,05	<0,05	<0,05
Cu μ g/l	7	6	4	9,8	5,3	8,0	6,0
Zn μ g/l	14	6	10	30	10,8	10,0	11,6
Fe mg/l	0,02	0,14	0,10	<0,1 ^{x)}	<0,1	<0,1	<0,1
UV ext./m	2,4	3,7	3,9	3,9	3,8	3,1	4,5
Färg mgPt/l	5	5	<5	5			
436 nm	<5	9	9	5	<5	<5	10,0
457 nm	<5	5	5	3	<2	3	6,4
Anmärkning				x) A.A. flamma			

Provtagningspunkt 7A

PARAMETER	810423	810611	811020	811208	820420	821027	830426
pH							
$\rho_{\text{us/cm}}$							
Grumme1 NTU							
KMnO ₄ mg/l							
Alk. mg HCO ₃ /l							
NO ³ -N mg /l							
NO ² -N mg /l							
Al mg/l							
SO ₄ mg/l							
Ca mg/l							
Mg mg/l							
Na mg/l							
K mg/l							
Mn mg/l							
Cu $\mu\text{g/l}$	218	124	107	138	77	101,5	19
Zn $\mu\text{g/l}$	20	47	54	164	89	34,8	11,6
Fe mg/l	100	<0,1 x)	0,10 x)	<0,1 x)	<0,1 x)	<0,1 x)	<0,1
UV ext./ m							
Färg mgPt/l 436 nm 457 nm							
Anmärkning				x) Δ Δ -flamma			

Provtagningspunkt 7B

PARAMETER	810423	810611	811020	811208	820420	821027	830426
pH	7,10	7,50	6,86	7,57	8,25	7,95	7,76
ρ μ S/cm	60	68	62	96	106	113	125
Grumme1 NTU	0,31	0,3	0,2		0,2	0,26	1,62
KMnO ₄ mg/l	5,21	4,9	5,1		5,3	5,5	7,55
Alk. mg HCO ₃ /l	3,7	6,1	5,49	39,0	37,8	35,0	41,97
NO ³ N mg /l	<0,5 =0,29	0,16	0,32		0,38	0,40	<0,1
NO ² N mg /l	<0,02		<0,01		<0,01	<0,01	<0,01
Al mg/l	0,2	0,1	0,08	0,14	0,21	0,07	0,54
SO ₄ mg/l	24	17	18		19	19	13,8
Ca mg/l	3,0	2,7	3,8	18,6	20,2	16,6	24,6
Mg mg/l	0,94	1,0	0,8	1,0	1,00	0,89	0,94
Na mg/l	7,8	8,5	7,2		2,60	0,18	1,58
K mg/l	0,63	0,7	0,5		0,79	0,45	0,58
Mn mg/l	<0,1	<0,1	<0,1		<0,05	<0,05	<0,05
Cu μ g/l	47	21	15	59	6,7	12,5	28,0
Zn μ g/l	31	35	8	48	6,6	5,6	31,2 (65,2)
Fe mg/l	0,09	0,1	<0,1 ^{x)}	<0,1 ^{x)}	<0,1	<0,1 ^{x)}	0,26
UV ext./ m	2,6	3,2	3,5	3,9	3,3	3,2	8,9
Färg mgPt/l	5	5	<5	5			
436 nm	5	5	11	6	<5	<5	50,8
457 nm	<5	3	5	2	<2	4	37,6
Anmärkning				x) A.A-flamma			Gult vat-

Provtagningspunkt 8A

PARAMETER	810423	810611	811020	811208	820420	821027	830426
pH							
$\mu\text{s/cm}$							
Grumme1 NTU							
KMnO_4 mg/l							
Alk. mg HCO_3 /l							
$\text{NO}^3\text{-N}$ mg /l							
$\text{NO}^2\text{-N}$ mg /l							
Al mg/l							
SO_4 mg/l							
Ca mg/l							
Mg mg/l							
Na mg/l							
K mg/l							
Mn mg/l							
Cu $\mu\text{g/l}$	86	34	19	1040 840 Δ	49	45,0	115
Zn $\mu\text{g/l}$	40	46	32	36	57	38,4	58
Fe mg/l		<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1
UV ext./ m							
Färg mgPt/l 436 nm 457 nm							
Anmärkning				Δ Analys ur 2 flaskor			

Provtagningspunkt 8B

PARAMETER	810423	810611	811020	811208	820420	821027	830426
pH	7,40	7,95	7,10	7,48	8,39	7,94	7,80
ρ $\mu\text{s}/\text{cm}$	60	70	63	93	105	112	113
Grumme1 NTU	0,24	0,3	0,3		0,4	0,19	0,28
KMnO_4 mg/l	4,89	4,9	4,7		5,8	5,5	7,15
Alk. mg HCO_3 /l	3,7	5,9	6,71	34,2	37,8	35,0	39,0
$\text{NO}^3\text{-N}$ mg /l	<0,5	0,14	0,34		0,27	0,43	-
$\text{NO}^2\text{-N}$ mg /l	<0,02		<0,01		<0,01	<0,01	<0,01
Al mg/l	0,3	0,1	0,07	0,11	0,23	0,07	0,21
SO_4 mg/l	25	20	19		20	17	14,8
Ca mg/l	3,0	2,7	3,8	17,4	20,2	17,6	23,6
Mg mg/l	0,94	1,0	0,8	1,1	1,02	0,90	0,94
Na mg/l	7,8	8,5	7,2		2,40	0,26	1,64
K mg/l	0,56	0,8	0,5		0,77	0,5	0,60
Mn mg/l	<0,1	<0,1	<0,1		<0,05	<0,05	-
Cu $\mu\text{g}/\text{l}$	<5	<5	6	9,8	2,7	4,6	5,0
Zn $\mu\text{g}/\text{l}$	7	<5	3	12	2,8	3,7	4,6
Fe mg/l	0,05 Δ	0,09	<0,1 ^{x)}	<0,1 ^{x)}	<0,1 ^{x)}	<0,1 ^{x)}	<0,1
UV ext./m	2,4	3,1	3,2	3,9	3,8	3,0	4,5
Färg mgPt/l	5	5	5	5			
436 nm	<5	7	8	7	<5	<5	10,8
457 nm	<5	4	5	3	<2	4	6,4
Anmärkning	Δ Spektro-	fotometed		^{x)} A.A-flamma			

