



Rapport 2004:26



LÄNSSTYRELSEN
I STOCKHOLMS LÄN

Salt grundvatten

i Stockholms läns kust- och skärgårdsområden

Författare:

Daniel Boman
Göran Hanson

Metodik för miljöövervakning
och undersökningsresultat 2003

Rapport 2004:26



LÄNSSTYRELSEN
I STOCKHOLMS LÄN

Salt grundvatten

i Stockholms läns kust- och skärgårdsområden

Foto omslag: Christina Fagergren

Utgivningsår: 2004

Tryckeri: Intellecta DocuSys AB

ISBN: 91-7281-156-0

Ytterligare exemplar av denna rapport kan beställas hos
Miljöinformationsenheten, Länsstyrelsen i Stockholms län, tel 08-785 52 94

Rapporten finns också på vår hemsida **www.ab.lst.se**

Förord

Länsstyrelsen i Stockholms län har under 2003 utvecklat en metodik för övervakning av salt grundvatten i bergboreade brunnar i länets kust- och skärgårdsområden och genomfört en första provtagningsomgång inom åtta utvalda övervakningsområden. Arbetet ingår som en del i det regionala miljöövervakningsprogrammet som Länsstyrelsen bedriver med stöd från Naturvårdsverket.

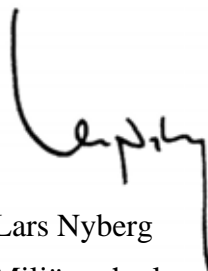
Arbetet har utförts av Daniel Boman och Göran Hanson på Länsstyrelsens miljöskydds-enhet. Daniel Boman har svarat för datainsamling, analyser och utvärdering samt huvuddelen av rapportsammanställningen.

Grundvattnets beskaffenhet, främst salthalten, är av avgörande betydelse för den fortsatta samhällsutvecklingen inom stora delar av länets kust- och skärgårdsområden, vilket gör att hållbar vattenförsörjning och implementeringen av miljömålet ”Grundvatten av god kvalitet” bör sättas högt på agendan i länets kustkommuner.

Vi hoppas att rapporten kan bidra till ökad förståelse för problemet med salt grundvatten i länets kust- och skärgårdsområden och att den kan vara ett stöd för olika aktörer att vidta åtgärder för att begränsa saltvattenpåverkan i brunnar och på sikt återställa försaltade grundvattenområden.

Vi vill tacka Tekn Dr Bo Olofsson, Institutionen för Mark- och vattenteknik, KTH, samt Karin Ek och Joakim Pansar, Länsstyrelsens miljöinformations-enhet som alla granskat manuskriptet och bidragit med många värdefulla synpunkter. Vi vill också tacka kommunernas miljökontor för deras medverkan liksom Katherine Lindqvist, Ramsö miljögrupp och Bo Sjöberg, Fiversätra intresseförening samt alla brunnsägare som medverkat i undersökningarna.

Stockholm i december 2004



Lars Nyberg

Miljö- och planeringsdirektör

Innehållsförteckning

Förord	3
Sammanfattning	7
English summary	10
Bakgrund	13
Salt grundvatten	13
Åtgärder	19
Tidigare undersökningar	21
Översiktlig inventering i Stockholms län	22
Metodik för övervakning av salt grundvatten	23
Syfte och målsättning.....	23
Variabler.....	23
Samplingsstrategi	25
Pilotförsök	27
Pilotundersökning	32
Undersökningsområden.....	32
Provtagning.....	32
Analysarbete	34
Beskrivning av undersökta områden samt analysresultat	34
<i>Haninge kommun</i>	34
<i>Norrtälje kommun</i>	36
<i>Nynäshamns kommun</i>	37
<i>Vaxholms kommun</i>	38
<i>Värmdö kommun</i>	39
<i>Österåkers kommun</i>	40
Resultat och diskussion	41
Slutsatser och rekommendationer	45
Referenser	47
Bilaga 1 Undersökningsresultat 2003	49
Bilaga 2 Frågeformulär	57

Sammanfattning

Försaltning av grundvattnet är inget nytt problem i Stockholms läns kust- och skärgårdsområden. Det har tidigare mest setts som ett problem för enskilda fastighetsägare som inte kan använda sina brunnar men ses numera i ökande grad som ett miljö- och samhällsproblem genom att tillgången på sött grundvatten blivit en begränsande faktor för bebyggelseutvecklingen i dessa områden. I EG:s ramdirektiv för vatten och det nya förslaget till dotterdirektiv för grundvatten ställs krav på att negativa trender avseende kloridhalt (salthalt) ska motverkas och att god grundvattenstatus ska uppnås i områden som påverkats av saltvatteninträngning.

En sammanställning av kloridanalyser från cirka 4 700 brunnar i länets kust- och skärgårdskommuner visar att ungefär en fjärdedel av brunnarna är saltvattenpåverkade. Ökande vattenuttag genom ny bebyggelse och omvandling av fritidsbostäder till permanentboende ökar riskerna för inträngning av Östersjövatten eller påverkan på brunnsvattnet genom uppträning av gammalt (relikt) saltvatten.

Länsstyrelsen i Stockholms län har under 2003 utarbetat en metodik för övervakning av saltvattenpåverkan i bergborrade brunnar i länets kust- och skärgårdsområden samt genomfört undersökningar av 590 bergborrade brunnar i följande områden:

- Fiversätraön Haninge kommun
- Marsbacken Norrtälje kommun
- Grovstanäs Norrtälje kommun
- Trävik Nynäshamns kommun
- Ramsö Vaxholms kommun
- Norra Lagnö Värmdö kommun
- Saltarö Värmdö kommun
- Kårnäs Österåkers kommun

Metodikutvecklingen och övervakningen av salt grundvatten ingår i det regionala miljöövervakningsprogram som Länsstyrelsen bedriver med stöd från Naturvårdsverket.

I metodikutvecklingen har Naturvårdsverkets vägledning för planering och utformning av miljöövervakningsprogram tjänat som utgångspunkt. Samtliga fastighetsägare inom de utvalda övervakningsområdena ombads att ta ett vattenprov i en tillsänd provtagningsflaska och besvara en enkät angående brunnsdata och vattenförbrukning. Analys av brunnsvattnets

kloridhalt har sedan utförts vid kommunernas miljökontor eller Länsstyrelsen i Stockholm.

Ett viktigt kriterium för val av undersökningsområden är att området inte inom en snar framtid kommer att förses med kommunalt VA. Inte bara områden med störst saltvattenpåverkan ingår i programmet utan även förväntade problemområden samt områden med olika naturliga förutsättningar samt olika exploaterings- och permanentningsgrad.

Resultaten sommaren 2003 var på många sätt alarmerande. Störst saltvattenpåverkan uppvisade Norra Lagnö i Värmdö kommun med 72 procent påverkade brunnar. På Saltarö anades en begynnande saltvattenpåverkan, men resultatet visade att redan i dagsläget var hälften av brunnarna (48 %) påverkade. På Norra Lagnö hade sedan tidigare tillståndsplikt införts för nya brunnar och anmälningsplikt för befintliga brunnar. Nu har detta även införts på Saltarö.

Inom fyra områden föll andelen saltvattenpåverkade brunnar inom intervallet 20-30 procent: Trävik (29 %), Grovstanäs (27 %), Marsbacken (26 %) och Ramsö (22 %). På Fiversätraön var 16 procent av brunnarna påverkade, trots att det bara finns fritidsboende på ön och fastighetsägarna är väl medvetna om vikten av att begränsa vattenuttagen. Mest positivt i undersökningen var den låga andelen påverkade brunnar i Kårnäs (6 %).

Medianvärdet på kloridhalten i samtliga brunnar var 35 mg/l att jämföra med 23 mg/l i kloridregistret för länets samtliga kust- och skärgårdsområden. Andelen brunnar med kloridhalt över 50 mg/l var 34 procent att jämföra med 24 procent i kloridregistret.

Resultaten visar att det råder en stark koppling mellan brunnarnas höjd över havet och saltvattenhalt. För brunnar belägna inom intervallet 0-4 meter över havet (m.ö.h.) hade 33 procent en kloridhalt över 100 mg/l att jämföras med endast 8 procent i intervallet 12-19 m.ö.h.

Resultaten visar också att det finns en stark korrelation mellan bostadsstandard/utnyttjandegrad (vattenuttag) och salthalt. På Norra Lagnö, med högst andel saltvattenpåverkade brunnar (70 %), har 70 procent av fastigheterna hög VA-standard och 68 procent bebos året runt. På Saltarö har drygt 40 procent hög VA-standard och 27 procent har året runt boende. VA-standarden är ungefär lika hög i Trävik och Kårnäs samt på Ramsö, men inom dessa områden är andelen året runt boende lägre (11 %, 17 % respektive 15 %) liksom saltvattenhalten i brunnarna. Fastigheternas utnyttjandegrad utgör därför en viktig faktor för brunnarnas salthalt.

Grundvattnets beskaffenhet, speciellt salthalten, utgör en viktig faktor för den framtida bebyggelseutvecklingen i länets kust- och skärgårdsområden. Kraven enligt EG:s vattendirektiv och de regionala miljökvalitetsmålen, förutom rent praktiska skäl (hushållen behöver drickbart grundvatten), innebär att kraftfulla insatser behövs från samhällets och de enskildas sida för att komma till rätta med problemen. I förlängningen kan detta leda till en

snabb expansion av de kommunala vattenledningsnäten men även till inskränkningar i vattenuttag i befintlig bebyggelse i områden där långa överföringsledningar inte är ekonomiskt genomförbara, till exempel på avlägsna öar i skärgården.

En möjlighet som börjat utnyttjas av kommunerna är att införa tillståndsplikt för nya brunnar och anmälningsplikt för befintliga brunnar enligt miljöbalken i områden med vattenbrist eller saltvattenpåverkan eller risk för detta. I Stockholms län har hittills Värmdö kommun (i sju områden) och Nacka kommun (i tre områden) använt sig av denna möjlighet.

Fortsatt övervakning av salt grundvatten i bergborrade brunnar i länets kust- och skärgårdsområden är i hög grad påkallat. Förnyad provtagning planeras därför ske inom de utvalda områdena sommaren 2006 inom ramen för Länsstyrelsens regionala miljöövervakning.

English summary

Saltwater intrusion into groundwater in the coastal regions and archipelago of Stockholm County

Salinisation of fresh groundwater resources is not a new problem in the coastal regions and archipelago of Stockholm County. However, the intrusion of saltwater into groundwater has mostly been regarded as a problem for individual house owners with private wells. Today, the problem of saltwater intrusion has begun to inhibit the development of communities along the coast and is a growing threat to the supply of fresh water. The EU Water Framework Directive (WFD) states that increasing chloride levels in freshwater should be counteracted and requires that groundwater quality in areas affected by saltwater intrusion should attain good chemical status.

A compilation of chloride contents in 4 700 wells in the coastal regions of Stockholm County shows that about one quarter of the wells are affected by saltwater. Continued and increasing use of the freshwater reserves as a result of exploration will doubtless lead to more intrusion of saltwater from the Baltic Sea and/or upwelling of relict seawater.

As a result of increasing problems with saltwater intrusion, The County Administrative Board of Stockholm developed a method for monitoring saltwater intrusion in drilled wells and investigated 590 wells in the following eight areas in 2003:

- Fiversätraön Municipality of Haninge
- Marsbacken Municipality of Norrtälje
- Grovstanäs Municipality of Norrtälje
- Trävik Municipality of Nynäshamn
- Ramsö Municipality of Vaxholm
- Norra Lagnö Municipality of Värmdö
- Saltarö Municipality of Värmdö
- Kårnäs Municipality of Östersåker

The development of the method for environmental monitoring of salt intrusion in groundwater is part of the regional environmental monitoring programme, which is run by the County Administrative Board and receives financial support from the Swedish Environmental Protection Agency.

The method for monitoring saltwater intrusion was based on the Swedish Environmental Protection Agency's guidelines for planning and developing environmental monitoring programmes. The owners of wells drilled in bedrock were requested to take water samples from their wells and send the bottled samples to their municipality or to the County Administrative Board in Stockholm, where analyses of salt content (chloride) were carried out.

The results of the analyses of the water samples taken from wells in summer of 2003 were alarming. The highest levels of salt were found in the municipality of Värmdö: 72 % of the sampled wells on the island of Norra Lagnö and 48 % of wells on the island of Saltarö were affected by saltwater intrusion. On Norra Lagnö, the municipality of Värmdö had already earlier started to require permits for new wells and an obligation to report existing wells but now this has also been introduced in Saltarö.

In four other areas of the county, the proportion of wells affected by saltwater was between 20 and 30 %: 29 % in Trävik, 27 % in Grovstanäs, 26 % in Marsbacken and 22 % on the island of Ramsö. On the island of Fiversätraön 16 % of the wells were affected by saltwater. The best situation was found in Kårnäs, where only 6 % of wells were affected by saltwater.

The median saltwater content of the sampled wells was 35 mg chloride/L, which is considerably higher than the median value from previous monitoring of wells in the entire county (23 mg/L). In the present study, 34 % of the sampled wells had chloride values above 50 mg/l, which is higher than the equivalent value for the entire county (24 %).

The results show that there is a strong correlation between the height of the wells above sea level and the saltwater content in the wells. In wells located 0-4 m above sea level 33 % had a chloride content above 100 mg/L. In wells located 12-19 m above sea level only 8 % had more than 100 mg chloride/L.

The results also show that the chloride content of water from wells is strongly correlated with a high standard of living and high water consumption. On the island of Norra Lagnö (where 70 % of the wells had salty water), 68 % of the houses are inhabited all year round and 70 % of these houses have modern facilities. On the island of Saltarö (where 47 % of wells had salty water), 27 % of the properties are used all year round. In areas where fewer wells were affected by saltwater intrusion (Trävik, Kårnäs and Ramsö), a high proportion of houses had modern facilities, but a lower proportion of the properties were inhabited all year round. This indicates that permanently inhabited properties use relatively more water, which increases the intrusion of saltwater into wells.

Groundwater quality, particularly salt content is an important factor for the future development in the coastal areas and archipelago of Stockholm County. Obligations according to the Water Framework Directive and the national and regional environmental quality goals, apart from the fact that the households need good drinking water, will require strong efforts from both community and individuals to solve these problems. It may lead to a

rapid expansion of the municipal water networks, but may eventually also call upon reduced water consumption in existing residential areas where water transfer is not a feasible solution, e.g. in remote islands.

Some municipalities have started to introduce obligatory permits for new wells and an obligation to report existing wells to the environmental offices in according to the Environmental Code in areas with shortage of water or problems with salt water intrusion, or in areas where there is a risk for water shortage and/or salt water intrusion. In Stockholm County the municipalities of Värmdö (in seven areas) and Nacka (in three areas) have used this opportunity to regulate water abstraction.

In conclusion, the results indicate that we need to monitor saltwater intrusion in the coastal areas and archipelago of Stockholm County and to take immediate action to prevent the ongoing salinisation of groundwater. The County Administrative Board plans to follow up the present study by monitoring the wells in the same areas, using the same method, during the summer of 2006.

Bakgrund

Salt grundvatten

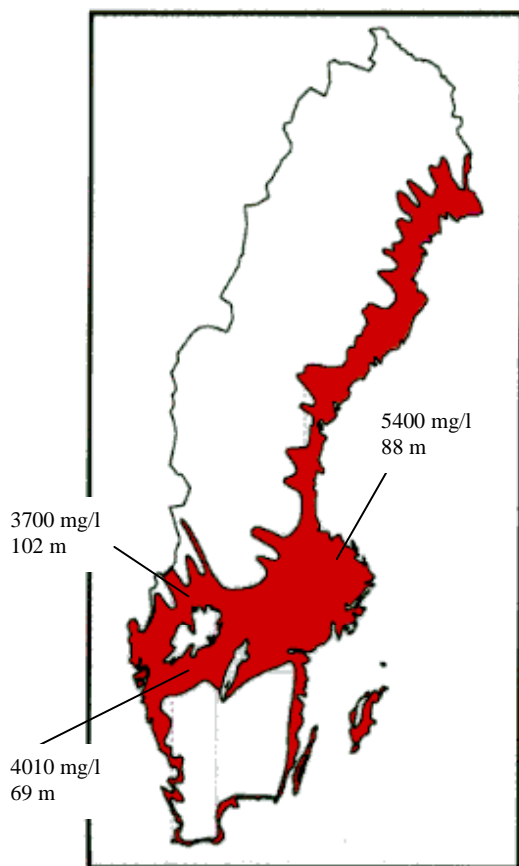
Problem med salt i grundvattnet

Salt grundvatten i länets kust- och skärgårdsområden är inget nytt problem. Det har till en början mest setts som ett problem för de fastighetsägare som drabbas av att deras brunnar inte kan nyttjas men i ökande grad även som ett problem för samhällutbyggnaden i länets kust- och skärgårdsområden genom att tillgången på sött grundvatten blivit en begränsande faktor. I och med EG:s ramdirektiv för vatten och det nya förslaget till dotterdirektiv för grundvatten ställs krav på att negativa trender avseende kloridhalt (salthalt) ska motverkas och att god grundvattenstatus ska uppnås i områden som påverkats av saltvatteninträngning. Detta kommer sannolikt att innebära både restriktioner i vattenuttag i befintlig bebyggelse och kostsamma utbyggnader av de kommunala vattenledningsnäten. Saltvattenpåverkan i brunnar kan därför antas bli en kommunalpolitiskt laddad fråga under de närmaste åren i länets kust- och skärgårdskommuner eftersom den kommer att påverka förutsättningarna för ny bebyggelse och permanentning av fritidsbebyggelse i omvandlingsområdena.

Saltpåverkan i bergborrade brunnar som används för vattenförsörjning är problematiskt av flera orsaker. Ökad kloridhalt kan leda till korrosion av ledningar, vilket lakar ut tungmetaller i dricksvattnet och ger upphov till kostsamma reparationer. Förhöjda halter av natrium kan orsaka förhöjt blodtryck vilket ökar risken för hjärt-kärlsjukdomar. Grundvatten i kristallin berggrund som är opåverkat av saltvatten uppvisar sällan kloridhalter över 20 mg/l (Naturvårdsverket, 1999). Vid 100 mg/l klorid anses dricksvatten som anmärkningsvärt ur teknisk synpunkt (Livsmedelsverket, 2003) just för saltets korroderande egenskaper. Överstiger kloridhalten 300 mg/l anses vattnet med tvekan tjänligt (främst ur teknisk synpunkt) och vattnet börjar även smaka salt (smakgränsen varierar beroende på olika individers salthalt i saliven). Ett gränsvärde för att dricksvatten skall anses otjänligt eller hälsovådligt på grund av förhöjd kloridhalt saknas idag.

Förekomsten av salt grundvatten

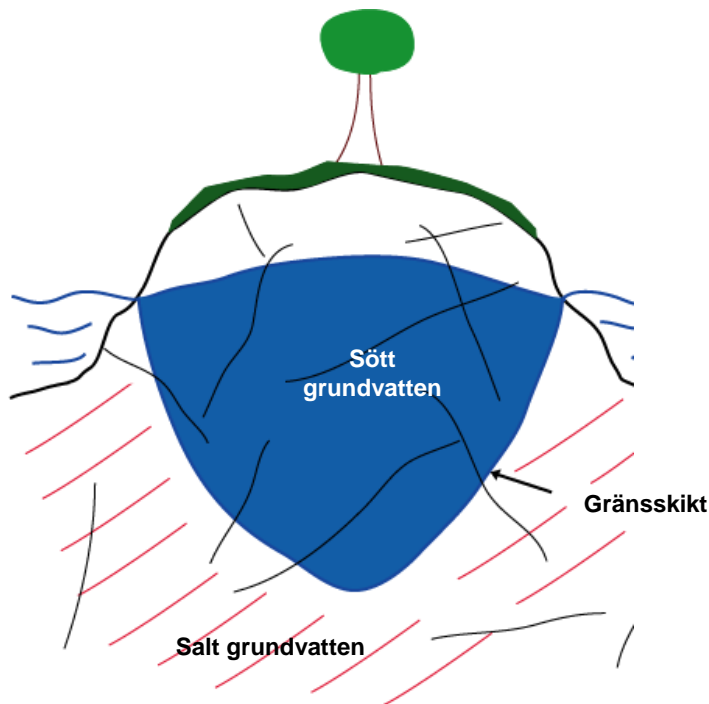
Saltvattenpåverkan i bergborrade brunnar kan orsakas av uppträning av relict havsvatten. Relikt havsvatten härstammar från tiden kring den senaste inlandsisens avsmältning och förekommer i de områden som befinner sig under högsta kustlinjen (HK), det vill säga områden som varit täckta av salt/bräckt vatten (figur 1). Det salta vatten som tidigare täckte delar av Sveriges yta har till följd av landhöjningen trängt ned i sprickor i berggrunden och underlagrar nu det söta grundvattnet.



Figur 1. De delar av Sverige som befinner sig under högsta kustlinjen (HK) är markerade på kartan. Analysresultat från tre brunnar visar att höga kloridhalter i grundvattnet kan förekomma även långt ifrån kusten. Sådan saltvattenpåverkan som inte kan relateras till recent havsvatten orsakas av saltvattenuppträngning av relict havsvatten (efter SGU, 1981 och Anderberg, 1997).

mg/l=kloridhalt, m=brunnsdjup

Salt i bergborrade brunnar i Stockholms läns kust- och skärgårdsområden härrör dels från relict havsvatten enligt ovan men även av recent Östersjövatten som trängt in i brunnarna. Vägsalt är en annan källa för förhöjda salthalter i grundvatten men metodiken och övervakningen i detta arbete har gällar främst de bägge förstnämnda saltkällorna. Förhållandet mellan sött och salt grundvatten illustreras schematiskt i figur 2. Figuren beskriver schematiskt grundvattenförhållandet på en ö omgiven av saltvatten men är även applicerbar på låglänta, kustnära områden på fastlandet.

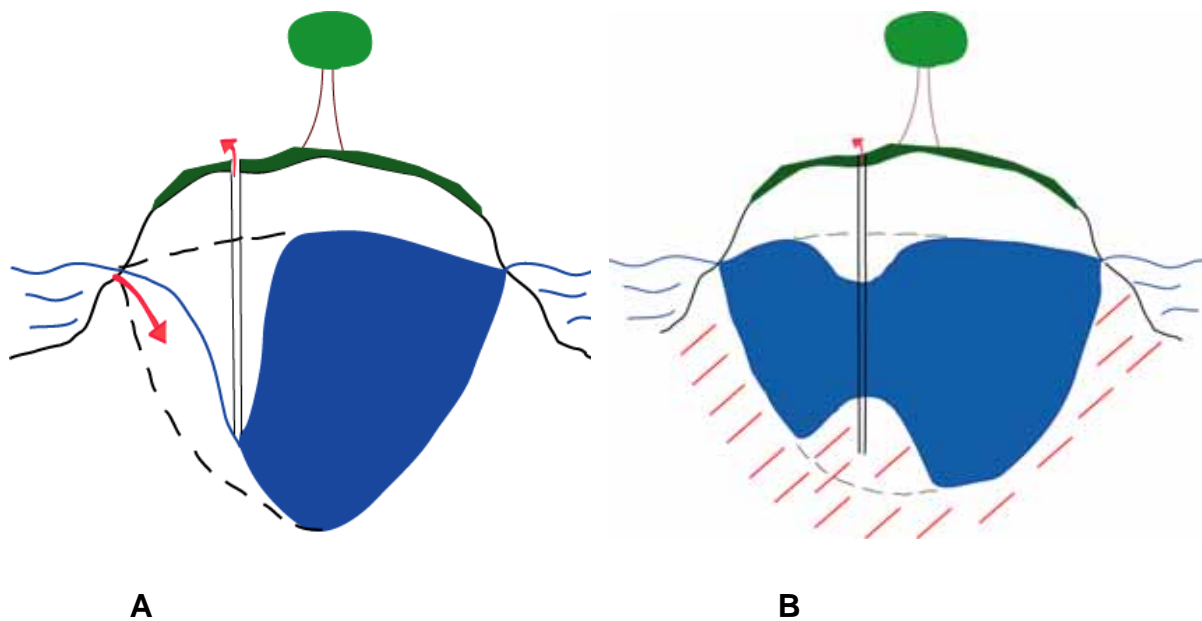


Figur 2. Det salta grundvattnet som underlagrar det söta har infiltrerat berggrunden genom sprickor. Till följd av landhöjning och topografiska skillnader har det relikta saltvattnet i den övre delen av berggrunden sköljts ut av infiltrerande färskvatten. På större djup däremot har inte det relikta havsvattnet ersatts av sötvatten.

Sprickbildningen i berggrunden är viktig för vattentillgången/kvaliteten i bergborede brunnar. Sprickor i det söta grundvattenmagasinet som tränger ned till det salta grundvattnet och står i kontakt med en borrarad brunn kan leda upp saltvatten och försämra dricksvattenkvaliteten (efter Lindell, 1987).

Saltvattenpåverkan till följd av pumpning i bergborede brunnar kan uppstå på två sätt.

- *Saltvatteninträngning* - påverkan av recent havsvatten (t.ex. Östersjövattnet) genom så kallad inducerad infiltration (figur 3 A). Inducerad infiltration kan uppstå där en brunn placerats så nära strandkanten att avsänkningen av grundvattenytan leder till ett hydrauliskt flöde in mot land istället för ut mot havet (vilket är det naturliga). Havsvatten kan då tränga in i grundvattnet genom sprickor i berggrunden. Problem med inträngning av recent havsvatten är vanligast i den strandnära zonen och påträffas sällan längre ifrån kusten än 300-500 meter (Lindell, 1987).
- *Saltvattenuppträängning* - uppkonung av gränsskiktet mellan söt- och saltvatten (figur 3 B). Mellan det söta grundvattnet och salt havsvatten i berggrunden existerar ett gränsskikt till följd av att saltvattnet i de övre sprickorna har sköljts ut och ersatts av sötvatten. Vid stora uttag och djupt borede brunnar kan detta gränsskikt sugas upp så att brunnens intag hamnar under gränsskiktet och således suger in salt havsvatten. Djupet till gränsskiktet går att bestämma bland annat genom geofysiska mätningar och matematiska beräkningar.



Figur 3. Saltvattenpåverkan i bergborrade brunnar.

A) Inducerad infiltration (saltvatteninträngning) kan uppstå när en brunn borrar alltför nära kusten och det hydrauliska flödet byter riktning till följd av avsänkningen runt brunnen.

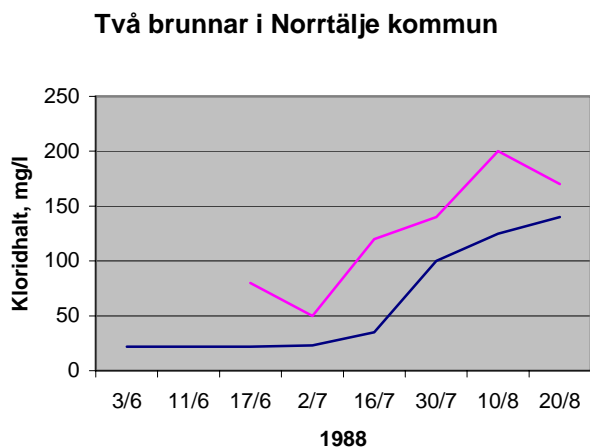
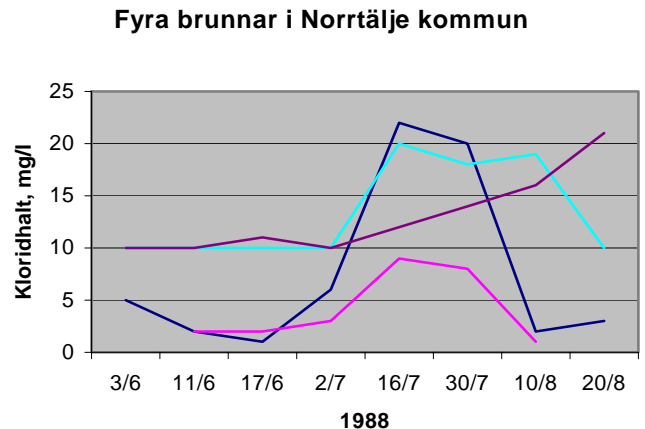
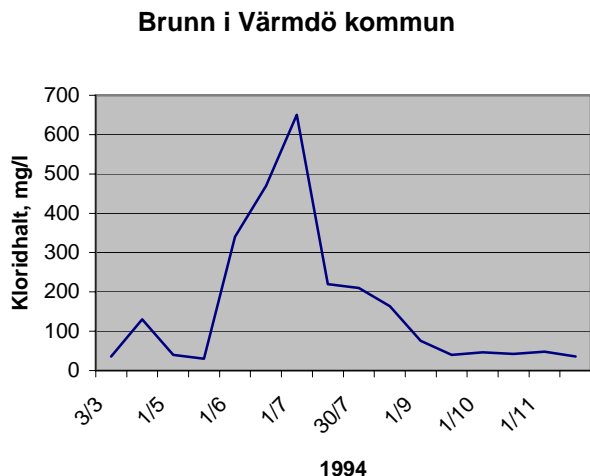
B) Uppkoning av gränsskiktet (saltvattenuppträngning) kan uppstå när brunnen borrats alltför djupt och/eller vattenuttaget är alltför stort och den nya gränsen mellan sött och salt grundvatten stiger i brunnen (efter Lindell, 1987).

Förutsättningar för saltvattenpåverkan

Säsongsvariationer

En viktig parameter för att mäta kloridhalter i brunnar är vilken tid på året som provtagningen sker. Nybildning av grundvatten sker under våren då snön smälter, tjälen går ur marken och den biologiska aktiviteten är låg samt under hösten då nederbörden är stor. Under sommaren sker normalt ingen nybildning av grundvatten då all nederbörd avdunstar eller tas upp av växter. Under vintern sker inte heller någon nybildning då nederbörden faller som snö och tjälen gör att eventuellt vatten inte kan tränga ner i jordlagren.

De största uttagen av grundvatten i borrade brunnar sker under sommaren då fritidshus används mest frekvent. Grundvattenmagasinen är normalt fyllda vid sommarens början och töms sedan successivt under sommaren utan att något vatten tillförs. Saltvattenpåverkan ökar i takt med att grundvattenmagasinen minskar och därför kan stora variationer i kloridhalt uppmätas beroende på i vilken månad provtagningen utförs. Nedanstående diagram över upprepade provtagningar i brunnar i Värmdö och Norrtälje kommuner illustrerar detta (figur 4).



Figur 4. Säsongsvariationer för ett antal brunnar i Värmdö och Norrtälje kommuner.

Stora variationer har uppmätts i brunnar både där halterna ligger inom höga och låga intervall. I brunnen på Värmdö är kloridhalten cirka 10 ggr högre under mitten av juli än under hösten och våren samma år (efter Gewers och Håkansson 1988 samt uppgifter från Värmdö kommun).

Brunnens topografiska läge

En av de mest avgörande faktorerna för huruvida saltvatteninträngning kommer att ske i en brunn är vilket topografiskt läge brunnen har. I låglänta områden nära kusten ökar risken för inströmning av recent havsvatten men även brunnar placerade lågt i terrängen långt in i landet löper betydligt större risk att påverkas av saltvatten än brunnar placerade på högre höjd över havet. Detta beror på att det relikta saltvattnet kontinuerligt sköljs ur systemet i och med att landhöjningen fortgår och att regn och smältvatten infiltrerar i berggrunden. Denna omsättning av grundvatten, vilket leder till att det salta grundvattnet spolats bort, går väsentligt fortare i högre områden där den hydrauliska gradienten är större.

Beräkningar utförda av Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) visar att risken för saltvattenpåverkan i topografiskt lågt placerade brunnar är väsentligt större än i högt placerade brunnar (Anderberg, 1997). Sannolikheten att erhålla 100 mg/l klorid i en brunn placerad 0-4 m.ö.h. är enligt denna undersökning större än 50 procent. Motsvarande risk för en brunn placerad 4-12 m.ö.h. är mellan 50 och 25 procent och för en brunn placerad 12-19 m.ö.h. mellan 25 och 10 procent.

I ett examensarbete vid Kungliga Tekniska Högskolan (KTH) visar en jämförelse mellan salthalt och brunnars topografiska läge att brunnar över 20 m.ö.h. har betydligt lägre kloridhalter än lägre belägna brunnar (Andersson, 2004).

Brunnens avstånd till strandlinjen

Ett tydligt samband mellan brunnens avstånd till strandlinjen och risken för saltvattenpåverkan föreligger. Utredningar har visat att risken för inducerad infiltration (saltvatteninträngning) minskar med ökat avstånd från stranden. Längre bort än 300-500 m från strandlinjen är risken för sådan påverkan begränsad (Tilly m.fl., 1988 och Tilly, 1990).

En studie från Ramsö i Vaxholms kommun påvisar även detta samband. Kloridhalten i brunnar belägna mellan 0-150 m från strandlinjen överstiger 90 mg/l i 25 procent av brunnarna (Andersson, 2004).

Brunnsdjup

Risken för saltvattenpåverkan ökar med ökat brunnsdjup. En grundregel för att undvika saltvattenuppträngning är att brunnen inte får borras djupare än att upphöjningen av gränsskiktet mellan sött och salt grundvatten är max 1/3 av avståndet mellan brunnens botten och gränsskiktets ursprungliga läge (Lindell, 1987). Statistiskt underlag från KTH visar att risken för saltvattenuppträngning ökar markant då brunnsdjupet överstiger 80 m (Andersson, 2004).

Fördelning av vattenuttag

I områden med flera, utspridda brunnar kan problemen med saltvattenpåverkan ibland visa sig vara mindre än i områden med färre antal brunnar. Koncetrerade, större uttag genererar lättare uppträngning av djupare vatten (relikt havsvatten) och kan även öka risken för inducerad infiltration (saltvatteninträngning). Gemensamma vattentäkter är därför inte alltid det mest optimala sättet att lösa vattenförsörjningen i kust- och skärgårdsområden.

Vattenkonsumtion

Vattenuttagens storlek är av avgörande betydelse för saltvattenpåverkan. Om de sammalagda uttagen ur ett grundvattenmagasin i berg överstiger grundvattnets nybildning kommer grundvattennivån att sjunka och risken för saltvattenpåverkan att väsentligt öka.

Grundvattennivå

Tillgången på sött grundvatten styr risken för saltvattenpåverkan. Under perioder med höga grundvattennivåer är därför förutsättningarna gynnsammare och risken för saltvattenpåverkan mindre.

Jordlagerförhållanden

Förekomsten av ett jordtäckte ovanpå berggrunden förbättrar möjligheterna för att nederbörden ska infiltrera i berggrunden. Ett jordtäckte medför att

vattnet inte avleds från markytan lika snabbt som när nederbörden faller på kalt berg. Typen av jordtäckte är också avgörande för grundvattenbildningen då större delen av nederbörden infiltreras i sorterade jordarter som grus och sand i motsats till osorterade jordarter som morän där endast en del av nederbörden infiltreras. Om berggrunden täcks av lera infiltreras endast en mycket liten eller ingen del av nederbörden.

Grundvattenmagasinets egenskaper

Grundvattenbildning, grundvattenmagasinets storlek och grundvattennivå är viktiga faktorer för saltvattenpåverkan. Hög grundvattenbildning minskar risken för saltvattenpåverkan. Ett mindre grundvattenmagasin påverkas mer av torra perioder än större. Om nederbördens möjlighet att infiltrera i berggrunden är dålig är området extra känsligt för grundvattennivåfluktuationer och därmed sammanhängande förändringar i saltvattenhalt.

Berggrundens sprickmönster är en annan viktig faktor för grundvattenförhållandena. Gynnsamma bergarter för grundvattenbildning är bland annat graniter där sprickorna är orienterade i olika riktningar och förbundna med varandra. Sprickbildningen i graniter kan dock leda till ökad risk för saltvatteninträning till följd av sprickornas kontakt med havet. Sämre förutsättningar för grundvattenbildning finner man i gnejser där sprickorna ofta har samma orientering och då inte är förbundna med varandra. Risken för saltvatteninträning kan därför också vara mindre i gnejsbergarter jämfört med graniter förutsatt att sprickorna inte står i direkt kontakt med havet.

Åtgärder

Saltvattenpåverkan i bergborrade brunnar fortsätter tills dess vattenuttagen minskar eller vattenförsörjningen löses på annat sett, till exempel via kommunala vattenledningsnät. Utbyggnad av kommunala vattenledningsnät i skärgårdsområden är tekniskt komplicerat och förknippat med stora kostnader.

Den vattengaranti som ofta lämnas av brunnsborrhare ger många gånger upphov till alltför djupa brunnar vilket ökar risken för saltvattenpåverkan. Vid anläggande av bergborrade brunnar bör stor vikt läggas vid att planera brunnens läge och utformning för att utnyttja grundvattenresurserna på bästa sett. Saltvattenpåverkan måste betraktas som ett gemensamt problem där både brunnsborrhare och enskilda brunnsägare har ett ansvar för att minimera riskerna.

Till följd av ökade problem med saltvattenpåverkan har det under senare år blivit vanligare att enskilda brunnsägare investerar i anläggningar för avsaltning av havsvatten och i vissa fall även av salt grundvatten. Idag finns det cirka 400-500 sådana avsaltningsanläggningar i Stockholms kustkommuner. Avsaltning används främst av enskilda fastigheter men även av större anläggningar som restauranger och konferensanläggningar. Möjligheten att använda avsaltning av havsvatten begränsas främst till strandnära fastigheter och kan således inte ses som en universallösning.

Vidare är tekniken för avsaltning av havsvatten inte fullgott utvecklad. Avsaltning av grundvatten är direkt olämpligt eftersom det bidrar till ökad försaltning av grundvattnet.

En rapport från Stockholms läns landsting visar att problem med algtoxiner, korrosion samt höga natriumhalter är vanliga i avsaltat havsvatten (Bluhm & Örnstedt, 2003). Studier på djur och människor visar att vissa algtoxiner i små mängder kan vara cancerogena för människor och i stora mängder kan ge upphov till akuta problem. Korrosion på ledningar kan leda till att metaller lakas ut i vattnet och höga natriumhalter kan utgöra en ökad risk för problem med högt blodtryck och hjärt-kärlsjukdomar.

På KTH i Stockholm bedrivs forskning inom ämnet skärgårdens vattenförsörjning, bland annat med inriktning mot tekniska lösningar av problemet. Ett sådant forskningsprojekt går ut på att avgränsa jordlager med täta barriärer för att öka möjligheterna att nederbörden tillförs grundvattnet i berggrunden (Olofsson, pers. kom.).

Inom delar av länets kustkommuner är problemen med salt grundvatten så allvarliga att kommunerna behöver begränsa nyexploatering och permanentning av fritidshus. Begränsning av vattenuttag kan ske indirekt genom avslag på ansökningar om bygglov och installation av vattentoalett. Enskilda vattenuttag kan dock regleras mer direkt genom tillämpning av 9 kap 10 § i miljöbalken. Denna paragraf ger kommunerna möjlighet att införa tillståndsplikt för nya brunnar och anmälningsplikt för befintliga brunnar i områden med konstaterad vattenbrist och/eller saltvattenpåverkan. Samma möjlighet gäller för områden där risk för vattenbrist och/eller saltvattenpåverkan föreligger. Hittills har detta införts i sju områden i Värmdö kommun (Norra Lagnö, Saltarö-Skärmarö, Herrviksnäshalvön, Hölö, Ängsvik på Ingarö (del av Säby-Skälsmara), Oxön-Prästgården och Södernäsudd) och tre områden i Boo i Nacka kommun.

Miljö- och hälsoskyddsförvaltningar i hårt drabbade kommuner har även gått ut med information till fastighetsägare om problemet med saltvattenpåverkan. Norrtälje kommun har till exempel publicerat en informationsfolder (Norrtälje kommun, 1996) med exempel på åtgärder som kan göras för att minska vattenkonsumtionen med upp till 50 procent.

Exempel på vattenbesparande åtgärder:

- Installation av moderna, vattensnåla disk- och tvättmaskiner.
- Strypniplor på kranar vilka genom att blanda luft i vattnet minskar åtgången av vatten.
- Kontrollera läckor och dropp i kranar och kopplingar.
- Att inte använda grundvatten för att vattna gräsmattor eller tvätta bilar. För bevattning bör regnvatten samlas upp och bilar kan tvättas på annan ort där grundvattensituationen inte är lika känslig.

Länsstyrelsen i Stockholms län gav 1987 ut en skrift som beskriver mekanismerna bakom saltvattenpåverkan och information om hur uttag i närliggande brunnar påverkar varandra (Johannesson, 1987).

Tidigare undersökningar

Ett stort antal undersökningar och rapporter behandlar problemet med saltvattenpåverkan både i Stockholms län och i övriga Sverige.

Länsstyrelsen i Stockholms län och KTH utförde 1987-90 en kartläggning av problemet med en analys av läget i länet och en beskrivning av undersöknings- och bedömningsmetoder, vilket resulterade i tre rapporter, Salt grundvatten i kustnära områden (Julstad 1988, Lindell 1988 och Tilly 1990). I en av dessa rapporter (Tilly, 1990) beskrivs ett flertal metoder för att bedöma förekomsten av salt grundvatten samt risken för att salt grundvatten ska påverka vattentäkter. Rapporten behandlar även olika tekniker för att studera saltvattenpåverkan, till exempel fjärranalys, geofysik, in-situ undersökningar och vattenkemiska undersökningar.

Mer detaljerade undersökningar inom begränsade områden har utförts i flera av länets kustkommuner till exempel provtagning av enskilda brunnar, bland annat i Kattvik, Björnö och Ornö i Haninge kommun (Ståhl, 1995).

Bedömning av risk för saltvattenpåverkan

En metod för att beskriva grundvattensituationen med avseende på saltvattenpåverkan är att skapa så kallade riskkartor. Riskkartor, vilka kan bygga på varierande underlag, graderar ett undersökt område efter hur stor risk som föreligger för att saltvattenpåverkan kan uppstå. En metod för att ta fram saltriskkartor är den så kallade RiskVariabel metoden vilken bland annat använts i Norrtälje kommun (Lindberg & Olofsson, 1997). Denna metod jämför och viktar en rad naturliga och tekniska faktorer samt avståndsförhållanden för att beräkna risken för saltvattenpåverkan. En riskkarta skapas sedan genom att applicera data i ett geografiskt informations-system (GIS). Riskkartor baserade på andra faktorer har tagits fram av SGU i samband med hydrogeoloiska karteringar av Nynäshamns och Upplands-Bro kommun. Saltriskkartan för Nynäshamns kommun (Müllern, 1999) bygger på ett stort statistiskt underlag av analysresultat från vattenprover ur bergbore brunnar. Metoden för framställning av riskkartan i Upplands-Bro kommun bygger på att risken för saltvattenuppträngning är direkt korrelerbar med brunnens höjdläge (Anderberg, 1997).

Vattenbalansberäkningar

Vattenbalansberäkningar används för att beräkna grundvattnets nybildning och uttagsmöjligheter för grundvatten.

Vattenbalansberäkningar har utförts på flera platser i länet, bland annat Älgö i Nacka kommun (Viak AB, 1989) och inom Värmdö kommun (K-Konsult,

1989). Sådana beräkningar omfattar bland annat nederbörds mängd, nybildning av grundvatten, avrinningsområden och vattenuttag.

En metod för beräkning av grundvattenbalans har arbetats fram på KTH (GWBal) som bland annat tar hänsyn till jordlagerförhållanden (Olofsson, 2002). Metoden har använts på ett stort antal områden i Stockholms län, bland annat på Älgö i Nacka kommun.

Översiktlig inventering i Stockholms län

I det kloridarkiv som Länsstyrelsen i Stockholm upprättat år 2003 finns 4 753 analysresultat från bergborrade brunnar i länets kustkommuner. Av dessa uppvisar 1 121 brunnar (24 %) kloridhalter över 50 mg/l. Medianvärdet är 23 mg/l. Detta ger en indikation på problemets omfattning.

Proverna i kloridarkivet sträcker sig tillbaka till 1970-talet. De flesta har tagits i samband med att brunnarna borrades som sedan inrapporterats till SGU:s brunnsarkiv. Det är därför ovanligt att brunnsvattnet analyserats vid fler än ett tillfälle, vilket skulle kunna vara av intresse för miljöövervakning. Områden som är kända för att vara saltvattenpåverkade kan vara över-representerade i materialet. Å andra sidan kan många brunnar med salt grundvatten ha övergivits och aldrig provtagits.

Analysresultaten säger endast hur påverkad en viss brunn var vid det provtagningstillfället och under rådande förhållanden. Som framgår av delkapitlet Förutsättningar för saltvattenpåverkan finns det ett antal parametrar som styr påverkan i en brunn, vilket man måste ta hänsyn till när man bedömer analysresultaten. Beträffande vattenuttagen i de undersökta brunnarna påverkar inte bara de långvariga uttagen utan även momentan-uttaget resultatet. Om uttag av olika storlek gjordes vid själva provtagningarna (vilket man kan anta) kan det också påverka analysresultaten. Underlaget är även något ojämnt geografiskt fördelat då en större andel av proverna kommer från Norrtälje, Värmdö, Vaxholms och Nynäshamns kommuner än från Nacka, Haninge och Tyresö kommuner.

De naturliga förutsättningarna för en bra grundvattenkvalitet med avseende på kloridhalt skiljer sig inom länet. Länets södra kustkommuner är mer kuperade än de norra vilket är gynnsamt för nybildning av sött grundvatten. Även inom länets södra kommuner varierar förhållandena. I Nynäshamns kommun förekommer problem med saltvattenpåverkan främst i kommunens östra delar. I de västra delarna förekommer gynnsam sprickbildning som bidrar till goda grundvattenförhållanden. I Haninge kommun är problemen med saltvattenpåverkan relativt begränsade och förekommer främst inom låglänta områden som uddar och små, flacka öar.

Metodik för övervakning av salt grundvatten

Syfte och målsättning

Problem med saltvattenpåverkan av enskilda brunnar ökar i takt med att exploatering av länets kustkommuner fortgår. I ”Regionalt Miljöövervakningsprogram för Stockholms län, 2002-2006” har därför ett delprogram formulerats för att övervaka denna saltvattenpåverkan (delprogram 3.b.4 ”Övervakning av salt i enskilda brunnar i skärgården”).

Syftet med metodikutvecklingen är att skapa förutsättningar för att övervakningsprogrammet (delprogram 3.b.4) ska kunna genomföras. Delprogrammets mål är att kunna övervaka förändringar av salthalter i enskilda brunnar samt förändringar av boendestandard, boendefrekvens och vattenkonsumtion för fastigheter i länets kust- och skärgårdskommuner. För att kunna jämföra saltvattenpåverkan med vattenuttag har övervakningsprogrammet som mål att kvantitativt undersöka följande:

- Andelen brunnar inom undersökt område som överstiger en kloridhalt på 50 mg/l.
- Andelen fastigheter inom undersökt område som nyttjas året runt.
- Andelen fastigheter inom undersökt område som har hög VA-standard.

Efter litteraturstudier av de typer av undersökningsmetoder som är vanligast i samband med saltvattenpåverkan beslutades att ett lämpligt program bör bygga på upprepade provtagning av bergbore brunnar inom begränsade områden samt utredning av vattenkonsumtionen och naturliga förutsättningar inom dessa områden.

Anledningen till att valet av metod inte föll på att konstruera riskkartor eller utföra noggranna vattenbalansberäkningar är att dessa tekniker endast beskriver ett tillstånd och inte övervakar förändringar över tiden.

Variabler

Naturvårdsverket beskriver i ”Handbok för miljöövervakning” (Naturvårdsverket, 1999) en rad olika undersökningstyper. För miljöövervakning av saltvattenpåverkan finns ingen undersökningstyp framtagen i nuläget men Naturvårdsverket har planer på att utarbeta en sådan.

I Naturvårdsverkets vägledning för planering och utformning av miljöövervakningsprogram (Inghe, 2002) definieras ett antal variabler som kan bygga upp ett övervakningsprogram. För att kunna definiera ett fungerande

miljöövervakningsprogram bör ett antal variabler formuleras. Med hjälp av variablerna kan man lättare beskriva vad man vill mäta och vilka faktorer som styr tillståndet i miljön, se tabell 1.

Tabell 1. Variabler som underlag för miljöövervakning (efter Inghe, 2002).

Variabler	Beskriver	Exempel	Behandlas statistiskt som
Målvariabel	Miljö tillståndet	Artrikedom	Beroende variabel
Kontrollerad Inputvariabel	Påverkan som kan styras	Utsläpp av ett visst ämne	Oberoende variabel
Okontrollerad Inputvariabel	Påverkan som inte kan styras	Nederbördsmängd	Oberoende variabel
Villkorsvariabel	Permanent egenskap hos objekt	Areal, volym	Kovariabel
Intermediär variabel	Föränderlig egenskap hos objekt	Halt av visst ämne	Varierar

De variabler som är intressanta för övervakning av saltvattenpåverkan beskrivs nedan.

Målvariabel

De variabler som primärt avses mätas genom övervakningsprogrammet beskrivs som målvariabler och övriga variabler väljs utifrån dessa. I detta delprogram utgörs målvariabeln av uppmätt kloridhalt. Övriga variabler påverkar på olika sätt kloridhalten i borrade brunnar och bedöms därefter.

Kontrollerad inputvariabel

Kontrollerade inputvariabler beskriver mänsklig påverkan som kan regleras, till exempel genom myndighetsbeslut. För övervakning av saltvattenpåverkan är de viktigaste kontrollerade inputvariablerna hur stora vattenuttag som görs i berörda brunnar och om kommunalt vatten planeras inom berörda områden. Miljöövervakning av saltvattenpåverkan bör utföras under en lång tidsperiod för att kunna identifiera trender varför det är viktigt att kommunalt vatten inte planeras så att uttagen i de brunnar som provtas förändras till följd av detta.

Okontrollerad inputvariabel

Här beskrivs både naturliga och antropogena faktorer som påverkar målvariablerna men som inte kan regleras. I detta fall är grundvattennivån den viktigaste okontrollerade inputvariabeln.

Villkorsvariabel

Villkorsvariabler beskriver permanenta egenskaper som varierar mellan undersökta objekt och på så sätt påverkar definierade målvariabler. Vid övervakning av grundvattenkvalitet i brunnar rör villkorsvariablerna främst brunnarnas utformning och grundvattenmagasinens egenskaper. De viktigaste villkorsvariablerna för detta program är således:

- Brunnens placering med avseende på höjd över havet
- Brunnens avstånd till strandlinjen
- Brunnsdjup (uttagsdjupet går förvisso att reglera)
- Fördelning av brunnar/vattenuttag
- Grundvattenmagasinets egenskaper
- Jordlagerförhållanden

Intermediära variabler

Faktorer som påverkar definierade målvariabler men inte kan beskrivas som inputvariabler benämns intermediära variabler. Dessa variabler kan användas för att noggrannare beskriva förhållandet mellan inputvariabler och målvariabler och är lämpliga vid bedömning av hotbilder då de kan indikera negativa trender på ett tidigt stadium. De viktigaste intermediära variablerna vid övervakning av kloridhalter är de faktorer som styr vattenkonsumtionen. De intermediära variablerna utgörs således av nyttjandefrekvens (antal veckor per år som en brunn används) samt VA-standard på fastigheter.

Samplingsstrategi

Sampling

Sampling (stickprovtagning av en yta, volym eller population) innebär att datainsamling endast sker från utvalda delar av det område som programmet skall övervaka. Det finns två huvudtyper av urval för att begränsa datainsamlingen, objektiva urval och subjektiva urval (experturval).

Den vanligaste typen av objektiva urval inom miljöövervakning är att urvalet görs helt eller delvis slumpartat vilket gör dataunderlaget användbart för statistiska beräkningar på hela övervakningsområdet. Subjektiva urval sker genom att en person eller en grupp av personer genom detaljkunskaper formulerar hur urvalet skall ske.

För att undvika att stickprovtagningen utförs helt slumpvis och att viktiga kontrollerbara inputvariabler blir representerade i urvalet kan man styra datainsamlingen genom stratifiering. Detta innebär att hela övervaknings-

området delas upp i delområden (strata) beroende på hur de ser ut med avseende på vald kontrollerbar inputvariabel.

För ett övervakningsprogram av saltvattenpåverkan i Stockholms läns kust och skärgård bör olika strata definieras av hur stora vattenuttag (kontrollerbar inputvariabel) som görs inom olika delar av övervakningsområdet. En sådan indelning görs lämpligast genom diskussioner med berörda kommuner och måste dessutom kontrolleras genom datainsamling. Att mäta vattenuttagen i olika brunnar är inte praktiskt genomförbart och datainsamling bör därför ske genom att mäta de intermediära variablerna nyttjandefrekvens och VA-standard.

Provstationer

För att mäta förändringar över tiden genom miljöövervakning är det oftast effektivast att utföra stickprovtagning vid samma punkt varje gång provtagningarna upprepas.

Beträffande provtagning av enskilda brunnar kan det vara svårt att få tillgång till tidigare provtagna objekt eftersom det, beroende på hur provtagningen utförs, kan kräva ägarens tillstånd och/eller medverkan. I detta miljöövervakningsprogram kommer datainsamling baseras på att enskilda brunnsägare själva utför provtagningen och sedan skickar vattenprovet till den plats där analysarbetet skall utföras, vilket gör att provtagningspunkterna är beroende på ägarnas medverkan.

Tidpunkt för provtagning

Som framgår av avsnittet om säsongsvariationer är saltvattenpåverkan i brunnar säsongsberoende med höga kloridhalter sommartid. Provtagningar bör därför utföras i slutet av juli eller början av augusti då problemet är som störst samtidigt som en stor del av fritidsfastigheterna är bebodda och tillgängliga för provtagning.

Eftersom kloridpåverkan är säsongsberoende är det relevant att jämföra de höga kloridhalter som antagligen uppmäts under sensommaren med ett tillfälle då halterna troligtvis är lägre. Ekonomiska resurser begränsar dock möjligheterna att genomföra ytterligare en provtagningsserie då grundvattennivåerna är höga och vattenuttagen små, till exempel i november/december eller mars/april.

Provtagningsfrekvens

I beskrivningen av delprogrammet "Övervakning av salt i enskilda brunnar i skärgården" (Regionalt Miljöövervakningsprogram för Stockholms län, 2002-2006) framgår att provtagning skall utföras vart tredje år. Den naturliga mellanårsvariationen av kloridhalter i bergborrade brunnar är sannolikt inte särskilt stor, dock med reservation för år med exceptionella grundvattennivåer. Exploatering och permanentning av fritidsbostäder leder dock till ökad saltvattenpåverkan och det är önskvärt att negativa trender tidigt identifieras. Provtagning vart tredje år har initialt bedömts lämpligt för att

följa trender och indikationer på saltvattenpåverkan men problemets omfattning kan komma att kräva tätare provtagning.

Det kan även vara intressant att utföra provtagning vid två tidpunkter under samma provtagningsår för att undersöka säsongsvariationer. Prioritering bör dock ligga på att följa negativa trender genom upprepad provtagning under samma årstid.

Pilotförsök

För att kunna utforma ett fungerande miljöövervakningsprogram av salt i bergbore brunnar utfördes under 2003 en pilotundersökning. Målet med pilotundersökningen var att i detalj formulera och testa relevanta parametrar. Pilotundersökningen fokuserade främst på följande:

- Val av samplingsstrategi
- Formulering av frågeformulär
- Val av analysparametrar
- Val av analysmetod

Val av samplingsstrategi

Stratifiering

Miljöövervakningsprogrammet ska täcka ett relativt stort område, Stockholms läns kust och skärgård, och samplingsstrategin måste definieras med detta som bakgrund. Datasamlingen kan antingen utföras utspritt över hela den yta som omfattas av programmet eller begränsas till specifika områden, strata. Att sprida ut provtagningen över hela länets kustzon skulle å ena sidan ge ett statistiskt väl fördelat underlag men å andra sidan ge gles underlag för begränsade områden. Då de förutsättningar som styr omfattningen av saltvattenpåverkan avgörs av hur grundvattenmagasin och sammanlagda vattenuttag ser ut inom ett område bedömdes att provtagning inom definierade strata ger mer relevant information än provtagning av enstaka, utspridda brunnar som inte kan relateras till omgivande brunnar och vattenförbrukning.

Områden som väljs ut att för att ingå i en undersökning bör omfatta de olika variationer i kloridpåverkan och vattenkonsumtion som förekommer inom övervakningsområdet. Genom att följa utvecklingen inom ett antal områden av varierande karaktär är målsättningen att slutsatser kan dras om vilka typer av områden som riskerar att få utbredda problem med saltvattenpåverkan.

Olika typer av strata som anses lämpliga för provtagning och övervakning:

- Områden där utbredda, dokumenterade problem med saltvatteninträngning förekommer och vattenkonsumtionen är hög.

- Områden där problem med saltvatteninträngning ännu inte är utbrett men där negativa trender uppmärksammas, till exempel omvandlingsområden där nyttjandefrekvens och VA-standard kontinuerligt ökar.
- Områden där problem med saltvatteninträngning i dagsläget inte anses förekomma men kan förväntas uppstå i framtiden. I dessa områden dominerar fritidsboenden men ökad belastning kan förväntas i framtiden.
- Områden där problem med saltvatteninträngning inte förekommer idag och inte heller förväntas förekomma i framtiden, så kallade referensområden, till exempel utpräglade fritidsboenden som bland annat till följd av geografiskt läge och säsongsbetonat nyttjande inte förväntas bli belastade med större vattenuttag.

Genom regelbundna provtagningar i dessa områden kan effekterna av olika vattenuttag övervakas. Till exempel kan ett område som till största del utgörs av fritidsbostäder och problem med saltvatteninträngning inte är utbrett användas för att karlägga förändringar av salthalten i brunnar då området utsätts för ökad belastning. Ett redan hårt belastat område med stor andel permanentbostäder och dokumenterade problem med saltpåverkan kan övervakas för att undersöka om åtgärder som vidtas för att minska problemet får önskad effekt.

Att övervaka referensområden där inga utbredda problem med saltvattenpåverkan förekommer och varken exploatering eller permanentning i större omfattning är att vänta är viktigt för att mer generella, storskaliga förändringar (okontrollerade inputvariabler) skall kunna observeras. Sådana storskaliga förändringar, som till exempel låga grundvattennivåer, kan påverka saltvatteninträngning och måste tas i beaktande vid bedömning av analysresultat från andra områden.

Datainsamling

För att välja ut de brunnar som skall undersökas bör kommunernas fastighetsregister användas. Några fullständiga brunnsregister förekommer inte vare sig hos kommunerna eller i SGU:s arkiv. Varje enskild fastighet inom de berörda områdena bör betraktas som en potentiell brunnsinnehavare om inte några specifika uppgifter, till exempel gemensamma brunnar, förekommer.

Diskussionen rörande provtagning av utvalda brunnar gäller främst den praktiska och ekonomiska frågan i förhållande till att uppnå optimalt underlag. Valet av metod för att utföra provtagningen står främst mellan att de som genomför undersökningen själva utför provtagningen på plats eller att de enskilda brunnsägarna skickar in vattenprov till den plats där analysarbetet ska utföras.

Eftersom en undersökning av detta slag omfattar ett stort antal brunnar, spridda över hela länet, kan platsbesök och provtagning av varje enskild brunn bli orimligt tidskrävande.

För en undersökning av detta omfång kan det vara lämpligt att brunnsägarna själva utför provtagningen. Underlaget av provtagna brunnar kommer då till viss del att bestämmas av brunnsägarnas vilja att utföra provtagningar vilket kan ses som en brist i undersökningens tillförlitlighet. Studier av tidigare undersökningar visar dock att liknande provtagningsförfaranden gett relativt höga svarsfrekvenser. I en undersökning av kloridhalter i Haninge kommun erhöles 135 returnerade prover av 180 tillfrågade brunnsägare (75 %) (Ståhl, 1995). En svarsfrekvens på cirka 70 procent erhöles då Nynäshamns kommun samlade in vattenprover för underlag till den saltriskkarta som upprättades i samband med en kommunal hydrogeologisk kartering (Dybeck, pers. komm.). Även Värmdö kommun har erhållit goda svarsfrekvenser vid liknande undersökningar (Öhrstedt, pers. komm.).

För att uppnå optimal svarsfrekvens bör den enskilda brunnsägarens arbetsinsats minimeras genom att provtagningskärl, frankerat svarskuvert samt tydliga instruktioner bifogas vid utskicket. Analysresultat bör även lämnas kostnadsfritt för att öka intresset att medverka i undersökningen.

För att ytterligare öka effektiviteten och minska kostnaderna bör man eftersträva att berörda kommuner deltar i arbetet med att förmedla prover. Kommunerna kan ha andra, mer lokalt anpassade lösningar på hur proverna lämpligast kan förmedlas. Det är också lämpligt att söka efter intresseföreningar i de områden som valts ut för att samordna kontakten med brunnsägare.

Formulering av frågeformulär

De naturliga förutsättningarna beträffande grundvattensituationen i Stockholms län styr hur hårt grundvattentillgångarna kan belastas. Problem med saltvatteninträngning uppstår inte förrän brunnar installeras och uttag görs. Storleken på vattenuttagen och utformningen av brunnarna är direkt avgörande för hur grundvattenmagasinen kommer att påverkas och vilken kvalitet vattnet i brunnarna kommer att hålla.

För att kunna åskådliggöra kopplingen mellan vattenkonsumtion och saltvatteninträngning måste vattenförbrukningen och boendestandarden inom de olika undersökningsområdena kartläggas. Ett flertal kommuner har register över fördelningen mellan fritidsbostäder och permanentbostäder men mer detaljerad information behövs för att kunna dra slutsatser angående utvecklingen av undersökta områden och problem med saltvattenpåverkan.

Genom att komplettera provtagningarna med ett frågeformulär kan man få detaljerad information om hur varje brunn nyttjas och den uppmätta kloridhalten kan sättas i relation till detta.

Ett frågeformulär bör bland annat omfatta följande:

- Brunnsdjup
- Maximal uttagsmängd
- Antal veckor per år som fastigheten nyttjas
- Antal personer som använder brunnen
- Information om dusch, wc, disk/tvättmaskin och andra installationer

I bilaga 2 bifogas det frågeformulär som användes vid pilotundersökningen 2003.

Målet är att erhålla ett tillräckligt statistiskt underlag för att varje undersökt område ska kunna definieras avseende permanentningsgrad och belastning av vattentillgångarna. En brunnsinventering av denna typ bör sedan genomföras vid varje tillfälle som områdena provtas för att kunna se om eventuella förändringar av saltvattenpåverkan inom områdena kan relateras till förändring av vattenkonsumtion och permanentningsgrad.

Val av analysparametrar

Det salt som tillförs grundvattnet vid påverkan från relict och recent havsvatten utgörs huvudsakligen av natriumklorid (NaCl). För att beskriva ett vattens salthalt analyseras vanligtvis halten klorid i vattnet. Mer detaljerad kemisk analys av grundvattnet kan vara intressant vid bedömning av saltpåverkan eftersom beräkning av olika jonkvoter kan leda till att det salta vattnets ursprung kan identifieras (Tilly, 1990). Genom sådana beräkningar går det att avgöra om kloridpåverkan av grundvattnet skett genom inträngning av recent havsvatten, uppträngning av relict havsvatten eller tillförsel av salt från en antropogen källa (t.ex. vägsalt).

För att bestämma analysomfattningen är det viktigt att jämföra analysresultat med pris och tidseffektivitet. Fullständig fysikalisk-kemisk analys ger en detaljerad beskrivning av vattnet men är också betydligt dyrare än att bara analysera kloridhalten. En annan, mindre noggrann, metod är att mäta konduktiviteten i vattnet. Konduktivitet är ett mått på vattnets ledningsförmåga och är avhängigt mängden lösta joner i vattnet. Mätningar av konduktivitet är enkelt och billigt att utföra men ger endast en ungefärlig uppskattning av kloridhalten. Ett problem med konduktivitetsmätningar är även att ledningsförmågan speglar mängden lösta salter i vattnet och begränsas inte enbart till kloridjoner. Därför kan ett högt konduktivitetsvärde uppmätas medan kloridhalten inte är särskilt hög (Foster, 1997).

Val av analysmetod

För att analysera kloridhalten i vattenprover bedöms här två alternativ. Den ena metoden bygger på att provtagaren själv utför analysarbetet, vilket är

ekonomiskt gynnsamt. Den andra metoden är att låta ett laboratorium analysera proverna. Detta ger ett noggrannare resultat, men är kostsammare.

Ett enkelt och billigt sätt att analysera kloridhalten i vattenprover är genom titrering med silvernitratt. Den analysapparat som i detta arbete bedömts vara mest lämplig är HACH:s test kit typ 8-P. Ett skäl är att flera av miljökontoren redan använder sig av denna apparatur i sitt arbete. Analysarbetet går till på så sätt att ett reagenspulver tillsätts vattenprovet som sedan titreras med en silvernitratlösning. Kloridhalten beräknas genom att räkna antalet tillsatta droppar silvernitratlösning som krävs för att få ett färgomslag från gult till rödbrunt. Inom intervallet 1-100 mg/l motsvarar varje droppe 5 mg/l klorid. I intervallet 100-400 mg/l motsvarar varje droppe 20 mg/l. Metodens noggrannhet varierar således beroende på inom vilket intervall provet faller. Säkerheten på det uppmätta värdet beror även på noggrannheten hos den som utför analysen. Bedömning av färgomslag är också i viss mån subjektivt. Noggrannheten i analysen är cirka 10-20 mg/l i det lägre intervallet och 20-40 mg/l i det högre intervallet. En brist med utrustningen är att analysintervallet begränsas till 400 mg/l. Prover med högre kloridhalter måste analyseras på annat sätt. Analysarbete med denna typ av utrustning kan bli tidskrävande för stora provmängder men är ekonomiskt fördelaktigt (ett prov kostar cirka 5 kronor).

Noggrannare analysresultat erhålls om proverna lämnas för analys till ett ackrediterat laboratorium. Jonkromotografisk analys av kloridhalten i vattenprover till exempel anses fela med 5-10 procent. Den noggrannhet som uppnås med HACH utrustning (eller motsvarande) kan dock anses tillfredsställande för en undersökning av detta slag, där det snarare gäller att fånga upp trender i ett område än att erhålla mycket noggranna resultat för varje enskild brunn. Valet av analysmetod måste även vägas mot kostnaderna. Att analysera proverna på ett laboratorium kostar cirka 50 till 130 kronor per prov, beroende på laboratorium att jämföra med cirka 5 kronor för titreringsmetoden (exklusive kostnader för nedlagd arbetstid).

Att analysera proverna med utrustning från HACH (eller motsvarande) bedöms vara lämpligast då metoden är billigast och analysnoggrannheten tillräcklig. Ett sådant analysarbete kan även innebära att kommunerna blir mer delaktiga i arbetet eftersom flera av kustkommunerna har tillgång till sådan analysutrustning. Genom att kommuner och Länsstyrelsen deltar i insamlandet av proverna och analysarbetet kan de tänkas få en bättre känsla för både svarsfrekvens och analysresultat.

Pilotundersökning

Undersökningsområden

Tillsammans med kommunerna valdes åtta områden ut för att ingå i övervakningsprogrammet. För att belysa problemet med saltvattenpåverkan valdes områden som skiljer sig åt vad gäller bland annat andel permanentboende, förväntad boendeutveckling samt nuvarande problem med saltvattenpåverkan.

Områdena som valdes ut är av ungefär samma storlek, med liknande geologiska förhållanden och har det gemensamt att kommunalt vatten inte planeras under överskådlig framtid. Viktigt för undersökningen är även att inget av områdena utsätts för antropogen påverkan, till exempel vägsalt, i större omfattning.

De åtta områdena som identifierades är följande:

- Fiversätraön Haninge kommun
- Marsbacken Norrtälje kommun
- Grovstanäs Norrtälje kommun
- Trävik Nynäshamns kommun
- Ramsö Vaxholms kommun
- Norra Lagnö Värmdö kommun
- Saltarö Värmdö kommun
- Kårnäs Österåkers kommun

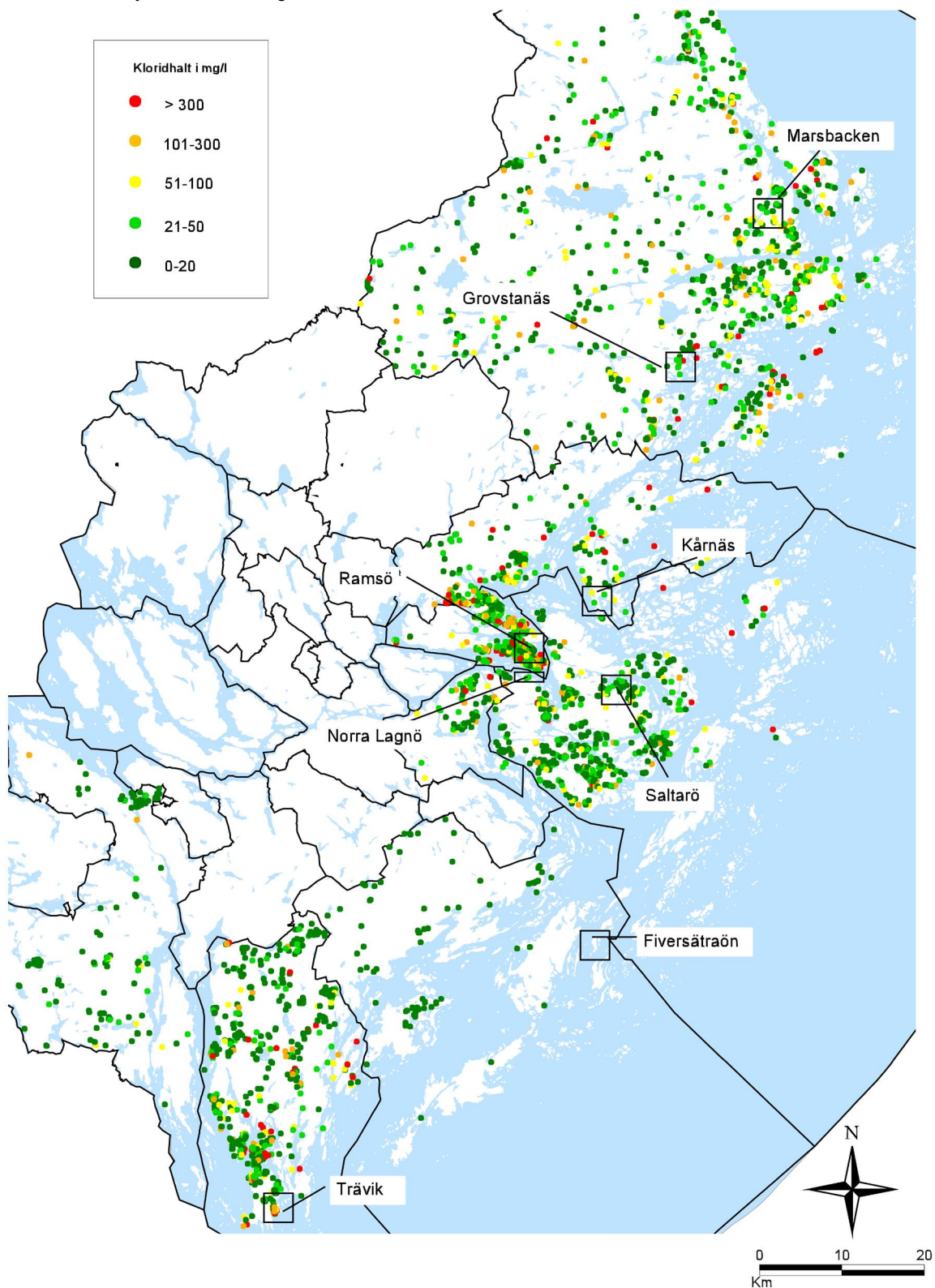
Områdenas geografiska placering i länet framgår av figur 5.

Provtagning

Provtagning av brunnar skedde i alla undersökningsområden genom att brunnsägarna själva fick fylla provflaskorna med vatten. Förmedling av provflaskor och distribution till platsen där proverna skulle analyseras varierade dock mellan områdena.

Förmedling av material skedde inom fem områden (Trävik, Norra Lagnö, Saltarö, Grovstanäs och Marsbacken) genom att provtagningsflaskor och enkäter skickades ut från Länsstyrelsen i Stockholms län till alla berörda fastighetsägare. Utskicken gjordes till de adresser där fastighetsägarna var folkbokförda vilket i majoriteten av fallen inte var den fastighet som ingick i undersökningen. Adressuppgifter inhämtades från kommunerna och utskicken gjordes under juni månad 2003 tillsammans med ett frankerat

Länsstyrelsens kloridregister 2003



Figur 5. Läget för åtta övervakningsområden av grundvatten samt kloridhalten i fler än 4 000 brunnar som ingår i Länsstyrelsens kloridregister.

© Länsstyrelsen i Stockholms län och Lantmäteriverket, 2004.

svarskuvert och ett följebrev med instruktioner om att provet skulle tas under de två sista veckorna i juli eller de två första veckorna i augusti.

För undersökningsområdet Kårnäs i Österåkers kommun stod kommunen för utskick och insamling av prover.

Förmedling av provflaskor och enkäter för undersökningsområdena Ramsö och Fiversätraön skedde genom att fastighetsägarna hämtade materialet vid kajen på respektive ö. På Ramsö distribuerades flaskorna i samarbete med Ramsö miljögrupp, vilken även samlade in flaskorna och enkäterna och sedan transporterade dessa till Miljö- och hälsoskyddskontoret i Vaxholms kommun. På Fiversätraön stod Fiversätraöns intresseförening för utlämnande och insamling av provtagningsflaskor och enkäter. Dessa skickades sedan till Länsstyrelsen med reguljär Waxholmsbåt för avhämtning på Strömkajen.

Analysarbete

Utifrån ovanstående diskussionen i delkapitlet Val av analysparametrar bedömdes kloridhalten vara den lämpligaste analysparametern för salt i grundvattnet.

För att analysera kloridhalterna i de provtagna brunnarna användes den utrustning (HACH, typ 8-P) som beskrivs under metodikkapitlet. Proverna från Trävik analyserades på miljö- och hälsoskyddskontoret i Nynäshamn med liknande utrustning från HACH (digital titrator model 16900). Proverna från Grovstanäs och Marsbacken i Norrtälje kommun analyserades även de på kommunens miljö- och hälsoskyddskontor med utrustning från HACH. Analysarbetet delades upp mellan kommunernas miljökontor och Länsstyrelsen i Stockholms län för att spara tid och öka kommunernas medverkan i projektet. En nackdel med att dela upp analysarbetet är att felmarginalen kan öka. Denna risk ansågs dock inte överväga fördelarna med att dela upp analysarbetet.

I de prover där kloridhalten översteg 400 mg/l skickades dessa till SLU:s laboratorium i Uppsala där de analyserades genom spektrofotometri.

Beskrivning av undersökta områden samt analysresultat

I bilaga 1.1 – 1.6 redovisas sammanställningar och resultat från provtagningarna och besvarade frågeformulär.

Haninge kommun

Fiversätraön

Problemen med saltvattenpåverkan i Haninge kommun är relativt begränsade och förekommer främst inom låglänta områden som uddar och små,

flacka öar. I Haninge valdes därför Fiversätraön, sex kilometer öster om Ornö, som ett referensområde där tidigare provtagningar till största del varit opåverkade av saltvatten.

Fiversätraön är av samma storlek som övriga undersökningsområden och där finns ett hundratal bebyggda fastigheter vilka alla används som fritidsbostäder. Öns avlägsna läge och täta bebyggelse gör att varken exploatering eller permanentning i större omfattning är att vänta inom överskådlig tid. Fastighetsägarnas är väl medvetna om problemet med saltvattenpåverkan och allmänt sparsamma i sin vattenkonsumtion. Sammantaget bedöms vattenuttagen bli relativt konstanta under kommande år varför området bör kunna betraktas som något av ett referensområde.

Fiversätraön är en cirka 77 ha stor ö som utgörs till 90 procent av kalt berg och med högsta punkten belägen lägre än 35 m.ö.h. Fyrtiofem prover analyserades varav sju stycken (16 %) hade en kloridhalt som översteg 50 mg/l (bilaga 1.1). Den högsta kloridhalten uppmättes till 320 mg/l. Samtliga prover från öns centrala, topografiskt högre del var opåverkade av saltvatten. Brunnar med förhöjda halter härrör alla från öns södra, mer låglänta del (0-20 m.ö.h.).

Av bilaga 1.2 och 1.3 framgår att bebyggelsen på ön huvudsakligen utgörs av fritidsboende som till största delen används 6-20 veckor/år och att VA-standarderna vanligtvis begränsas till rinnande vatten och dusch.

Från Fiversätraöns intresseförening erhöles även analysresultat från åtta brunnar tagna i mitten av juli 2002. I samtliga av dessa brunnar uppmättes högre kloridhalter i proverna från undersökningen 2003 (tabell 2). Under juli 2002 var grundvattennivåerna nära de normala liksom de var under hela det året (SGU, 2003). De låga nivåerna 2003 skulle kunna vara anledningen till att högre halter uppmättes det året. Upprepade provtagningar på Fiversätraön är därför viktigt för att klargöra om de högre halterna 2003 är en tillfällig fluktuation eller del i en ökande trend.

Tabell 2. Jämförelse mellan kloridhalter i åtta brunnar på Fiversätraön 2002 och 2003.

Brunn	1	19	24	34	39	61	75	82
Kloridhalter (mg/l) 2002	9	53	6,4	8,5	8,8	5,9	6,4	15
Kloridhalter (mg/l) 2003	20	85	25	30	20	15	20	35

Norrtälje kommun

Saltvattenpåverkan i brunnar är ett väl dokumenterat och utbrett problem i kommunen. Två områden av olika karaktär valdes ut för undersökningen, Marsbacken på Vätö och Grovstanäs på fastlandet.

Marsbacken

Problem med saltvattenpåverkan i Marsbacken är känt sedan tidigare. Ett antal brunnar används gemensamt av flera fastigheter, vilket är intressant då stora uttag i ett fåtal brunnar generellt ökar risken för saltvattenpåverkan jämfört med mindre uttag i ett större antal utspridda brunnar.

Området är beläget i den nordvästra delen av Vätö och präglas av relativt små topografiska variationer med den högsta punkten belägen under 30 m.ö.h. Ungefär 50 procent av området utgörs av kalt berg och resten av lera och morän.

Trettioen provresultat samlades in från ett område på ungefär 75 hektar och av dessa var åtta prover (26 %) påverkade av saltvatten varav det högsta på 125 mg/l (bilaga 1.6). Sex av de åtta påverkade proverna kom från brunnar inom ett låglänt (< 10 m.ö.h.), 200 x 150 m stort område i den västra delen av undersökningsområdet. Tre av fastigheterna där förhöjda halter uppmättes (ca 100 mg/l) angav att de delar brunn med 150-300 andra fastigheter.

Fastigheterna är huvudsakligen bebyggda med fritidsbostäder. Av de 29 fastigheter som lämnat information om boendefrekvens var endast tre bebodda året runt (bilaga 1.2). Ingen av fastigheterna rapporterade heller att de hade fullständig VA-standard (bilaga 1.3), vilket även det indikerar att fastigheterna huvudsakligen används som fritidshus. Den relativt låga andelen påverkade brunnar återspeglar nyttjandet av fastigheterna inom området. Intressant är att de tre gemensamma brunnarna ligger i det övre intervallet av uppmätta kloridhalter inom området.

Grovstanäs

Undersökningsområdet Grovstanäs utgör norra delen av en större halvö strax söder om Rådmansö och är sedan länge känt som ett område med stora problem med salt grundvatten. Största delen av bebyggelsen utgörs av fritidshus där standarden, och därmed vattenuttagen, förväntas öka inom en snar framtid. Området är cirka 90 ha stort och utgörs till cirka 45 procent av kalt berg, i övrigt dominerar morän.

Av 74 prover var 20 (27 %) påverkade av saltvatten och den högsta kloridhalten uppmättes till 610 mg/l (bilaga 1.6). Majoriteten av de brunnar i vilka förhöjda halter uppmätts är belägna under 10 m.ö.h. i områdets östra, flacka och låglänta del. Åtta av brunnarna med förhöjda kloridhalter är belägna i

områdets västra, topografiskt högre del, 15- 25 m.ö.h., i ett 300 x 200 m stort område. Av dessa var alla brunnar utom en djupt borrade (90-100 m).

Sjuttioen fastigheter lämnade information om boendefrekvens och VA-standard (bilaga 1.2 och 1.3). Sjutton procent angav att de bor på fastigheten under hela året och 56 procent att de använder fastigheten mellan 6 och 20 veckor per år. Femtio procent faller inom klass 5 och 6 för VA-standard och 36 procent angav att de endast har vatten och dusch i bostaden.

Då ungefär hälften av fastigheterna potentiellt kan höja sin VA-standard och förlänga den tid som fastigheten nyttjas bör man vara beredd på ökade belastningar på grundvattentillgångarna.

Nynäshamns kommun

Trävik

Problem med saltvattenpåverkan förekommer främst i kommunens östra delar då gynnsam sprickbildning i de västra delarna bidrar till goda grundvattenförhållanden. Dokumentering av kloridhalter i bergborrade brunnar har skett i kommunens databas sedan 1985. SGU utförde 1999 en hydrogeologisk kartering med en tillhörande riskanalys av saltpåverkan i brunnar (Müllern, 1999). Underlaget till denna rapport togs fram av kommunen och omfattade provtagning av ett stort antal brunnar. Mot denna bakgrund valdes Trävik på Torö som undersökningsområde. Området är kraftigt exploaterat och ökad permanentning och VA-standard anses olämpligt bland annat på grund av förhöjda kloridhalter i brunnar. Undersökning av detta område valdes för att kunna övervaka ett område där höga kloridhalter fått effekt på bebyggelse och åtgärder eventuellt kan komma att sättas in av kommunen samtidigt som det finns efterfrågan från fastighetsägare att förbättra boendestandarden och bygga nya bostäder.

Det undersökta området omfattar 105 hektar på Torös sydöstra sida. En stor del av området utgörs av ett låglänt parti. Cirka 70 procent av området utgörs av kalt berg och det låglänta partiet domineras av lera.

Av 39 undersökta brunnar var 11 (29 %) påverkade av klorid, varav den högsta halten som uppmättes var 355 mg/l (bilaga 1.6). Majoriteten av alla prover med förhöjda kloridhalter kommer från den låglänta delen, lägre än fem meter över havet.

Bebyggelsen inom Träviksområdet utgörs huvudsakligen av permanentade fastigheter som används mindre än halva året. Av 34 fastigheter angav 15 att deras VA-standard hamnar i klass 6 (bilaga 1.3). Fem anger att de bor på fastigheten mindre än fem veckor per år och lika många bor året runt på fastigheten. Majoriteten bor på fastigheten 6-20 veckor per år (bilaga 1.2).

Området präglas av bebyggelse med hög standard och ökad boendefrekvens kan förvärra den redan relativt höga andelen saltvattenpåverkade brunnar.

Vaxholms kommun

Ramsö

Vaxholms kommun är en av landets snabbast växande kommuner. Ökande problem med saltvattenpåverkan kan förväntas till följd av växande befolkning och ökad grad av permanentboende.

Valet av undersökningsområde stod mellan två av kommunens större öar, Ramsö och närliggande Tynningö. Stockholms universitet utförde under våren 2003 omfattande provtagningar för kloridanalys på Tynningö. Ett examensarbete gällande VA-situationen på Ramsö har utförts vid KTH där bland annat saltvattenpåverkan undersökts (Andersson, 2004).

Ramsö bedömdes som intressant av flera skäl:

- Området är väl avgränsat.
- Permanentningsgraden är relativt låg idag men i en snabbt växande kommun kan permanentningsgraden förväntas stiga och ge upphov till ökande problem med saltvatteninträning.
- En aktiv miljögrupp

Av dessa skäl och på grund av de samtidiga arbetena på Tynningö valdes Ramsö som övervakningsområde.

Bebyggelsen på Ramsö domineras av fritidsbostäder och den förväntade graden av ökat permanentboende är lägre än till exempel på Tynningö. Fastighetsägarna på Ramsö anses vara väl medvetna om problemet med saltvattenpåverkan och en allmän sparsamhet om vatten tycks råda på ön. På Ramsö finns "Ramsö miljögrupp", som bland annat arbetar med att upplysa fastighetsägarna i olika miljöfrågor. Ramsö miljögrupp hade planerat en egen undersökning av kloridhalter i brunnar på Ramsö vilket underlättade arbetet med provtagning.

Ramsö är en cirka 110 hektar stor ö, belägen mellan Tynningö och Rindö. Ön är relativt kuperad och den högsta punkten når mellan 30 och 35 m.ö.h. De högre områdena utgörs av kalt berg vilket utgör ungefär 65 procent av ön. Lera täcker de låglänta partierna.

Ettundraen prover samlades in varav 22 stycken (22 %) var påverkade av saltvatten. Den högsta kloridhalten uppmättes till 872 mg/l. Samtliga förhöjda halter härrör från brunnar belägna under 15 m.ö.h. (bilaga 1.6 och 1.5). Ungefär hälften av de påverkade proverna kommer från ett större område på öns sydöstra del; åtta av de förhöjda proverna kommer från ett begränsat område på den nordvästra delen av ön. Det nordvästra området

domineras av fritidshus men en fastighet utgörs av en permanentboende flerbarnsfamilj. I området finns även ett varv.

Nyttjandet av fastigheterna på Ramsö domineras av fritidsboende. Sjuttio procent av de 93 som svarat på enkäten angav att de tillbringar mellan 6 och 20 veckor per år i bostaden (bilaga 1.2). Elva angav att de är permanentboende. VA-standarderna är fördelade mellan alla klasser. Av bilaga 1.3 framgår att elva procent av fastigheterna angav att de endast har rinnande vatten (största andelen som hamnar i klass 1 i hela undersökningen), 52 procent hamnar i klass 5 och 6.

Värmdö kommun

Inom Värmdö kommun finns ett flertal områden där problem med saltvattenpåverkan är utbrett. Vattenbalansberäkningar och riskvariabelanalyser har utförts på flera platser.

Värmdö kommun är den kommun i länet som först infört tillståndsplikt för nya brunnar och anmälningsplikt för befintliga brunnar i områden med saltvattenproblem, se Åtgärder. Det första området var Norra Lagnö som också valts som övervakningsområde. I år (2004) infördes detta i ytterligare sex områden, varav Saltarö som ingår i denna undersökning utgör ett sådant område.

Norra Lagnö

Norra Lagnö är ett område med stora saltproblem i grundvattnet. Norra Lagnö bedömdes som ett intressant undersökningsområde för att kunna övervaka om den införda tillstånds- och anmälningsplikten kan förbättra grundvattnets kvalitet på ön. Övervakning är också intressant om andra åtgärder kommer att sättas in för att minska problemen, till exempel restriktioner i vattenuttag.

Norra Lagnö är en cirka 104 hektar stor halvö norr om Gustavsberg i kommunens västra del. Undersökningsområdet inkluderar även Alholmarna, två mindre öar i nordvästra delen av området. Norra Lagnö präglas av en höjdrygg som sträcker sig genom ön i nordväst-sydostlig riktning där den högsta punkten ligger på cirka 40 m.ö.h. Femtiofem procent av ön utgörs av berg, främst längs höjdryggen. I övrigt täcks ön av morän och lera.

Provresultaten från undersökningen stöder tidigare uppfattning om situationen på Norra Lagnö då 72 procent av 101 prover uppvisade kloridhalter över 50 mg/l, den högsta halten som uppmättes var 1276 mg/l (bilaga 1.6). I brunnar belägna på höjdryggen uppmättes huvudsakligen kloridhalter under 50 mg/l. De påverkade brunnarna ligger jämt fördelade i de låglänta, strandnära delarna runt ön.

Bebyggelsen på Norra Lagnö domineras av permanentboende (se bilaga 1.2). Av 72 svar angav 48 (67 %) att de bor på fastigheten året runt. Sjuttio procent av fastigheterna har hög VA-standard (klass 6, bilaga 1.3).

Saltarö

Under 2003 utförde Miljökontoret i Värmdö kommun en undersökning av saltvattenpåverkan i ett antal områden i kommunen, bland annat Saltarö. Vid tidpunkten för innevarande undersökning var Saltarö inte undersökt i detalj men kommunen hade uppmärksammat en ökande andel förhöjda kloridhalter i området som tidigare haft generellt låga kloridhalter i grundvattnet.

Saltarö bedömdes därför som intressant eftersom ökande salthalter i grundvattnet var att vänta. Genom att övervaka ett område där situationen håller på att förvärras kan åtgärder sättas in innan problemet når så långt som till exempel på Norra Lagnö.

Området är tätbebyggt med många små fastigheter som har både fritids- och permanentboende. Undersökningsområdet omfattar ungefär 107 hektar och vätter mot en vik på norra delen av Värmdö. Större delen av området är relativt flackt, beläget 15-25 m.ö.h., men med ett höjdområde i norra delen. Ungefär halva området utgörs av kalt berg och resten av lera och morän.

Efter Norra Lagnö var detta område det mest utsatta för saltvattenpåverkan. Av 109 analyserade prover visade 52 (48 %) kloridhalter över 50 mg/l. Den högsta halten uppgick till 742 mg/l (bilaga 1.6). De påverkade brunnarna förekommer jämnt spridda över hela undersökningsområdet utom i den norra, högre belägna delen.

Saltarö är även det område som efter Norra Lagnö har högst andel permanentboende (25 %) och högst nivå på VA-standard (bilaga 1.2 och 1.3).

Saltarö är ett område där ökad permanentning har lett till en hög andel saltvattenpåverkade brunnar och exploatering av området fortsätter. Som nämnts råder tillståndsplikt för nya och anmälningsplikt för befintliga brunnar sedan en tid tillbaka. Effekten av detta bör övervakas.

Österåkers kommun

Kårnäs

Problem med saltvattenpåverkan förekommer i ett flertal områden i Österåkers kommun, bland annat Svavelsö och Svinninge. Inom vissa problemområden krävs propumpning av befintliga brunnar i samband med prövning av tillstånd för nya avloppsanläggningar när fritidshus omvandlas till permanentboenden. I de områden på fastlandet där problem med saltvattenpåverkan förekommer förväntas kommunalt vatten att installeras inom en tioårsperiod. Ett lämpligt undersökningsområde valdes därför på

Ljusterö där kommunalt vatten inte kan förväntas inom översiktlig framtid för stora delar av ön. Östra Lagnö i norra delen av Ljusterö har haft problem med saltvattenpåverkan men är för glesbefolkat för att ett tillräckligt undersökningsunderlag ska kunna erhållas.

Undersökningsområdet valdes istället i Ljusterös södra del inom området Kårnäs. Kårnäs är en väl definierad halvö där problem med saltvattenpåverkan existerar och förväntas öka. 1984 utfördes en grundvattenundersökning som visade att kloridhalten i ett tiotal brunnar ökat under den senaste 20-års perioden och provtagningar fortsatte mellan 1985 och 1993 (Bergman och Sund, 1984).

Kårnäs utgör en cirka 84 hektar stor halvö med ett höjdområde i den centrala delen (ca 40 m.ö.h.) och ett mer låglänt parti i den södra delen. Sjuttiofem procent av området utgörs av berg, resten av morän och lera.

Provresultaten uppvisar de lägsta kloridhalterna för hela undersökningen och endast fem brunnar av 90 (6 %) var påverkade av saltvatten (bilaga 1.6). En anledning till de låga kloridhalterna kan vara att de flesta undersökta brunnarna är belägna relativt högt, majoriteten över 10 m.ö.h.

Ungefär hälften av de som svarade på enkäterna har VA-standard som motsvarar klass 5 och 6 (bilaga 1.3). Majoriteten tillbringar mellan 6 och 20 veckor per år på fastigheten (bilaga 1.2).

Resultat och diskussion

Svarsfrekvens

Sammanlagt tillfrågades 1 154 fastighetsägare att lämna in ett vattenprov och av dessa erhöles 590 svar (ca 51 %), se tabell 3. Studier av tidigare, liknande provtagningsmetoder visar på högre svarsfrekvenser (se delkap. Val av samplingsstrategi). Den relativt låga svarsfrekvensen i denna provtagningsomgång var därför oväntad.

Svarsfrekvensen inom de fem områden där Länsstyrelsen stod för förmedling av provtagningsmaterial (Saltarö, Norra Lagnö, Trävik, Grovstanäs och Marsbacken) var relativt jämn men lägre än förväntat.

Området med högst svarsfrekvens var Fiversätraön där en kontaktperson på ön med god lokalkännedom och närhet till fastighetsägarna förmedlade provtagningsflaskorna och enkäten. Den nära kontakten mellan fastighetsägarna och distributören av provflaskor och enkät var säkert en viktig orsak till den mycket goda svarsfrekvensen på ön (90 %).

På Ramsö förmedlades materialet på ett liknande sätt men svarsfrekvensen uppgick här endast till 43 procent, vilket var oväntat. Eventuellt kan det tolkas som att fastighetsägarnas deltagande inte påverkas nämnvärt av en lokal kontaktperson.

Den näst högsta svarsfrekvensen (60 %) erhöles från Kårnås där kommunen stod för utskick och uppsamling av provtagningsmaterialet.

En anledning till den låga svarsfrekvensen från Marsbacken var att ett flertal fastigheter tar vatten från en gemensam brunn och att endast ett gemensamt prov och svar på enkåten skickats in.

Tabell 3. Svarsfrekvens i de olika undersökningsområdena.

Område	Kommun	Tillfrågade, antal	Inkomna svar, antal	Svarsfrekvens %
Fiversåtraön	Haninge	50	45	90
Marsbacken	Norrtälje	123	31	25*
Grovstanås	Norrtälje	132	74	56
Tråvik	Nynåshamn	79	39	49
Ramsö	Vaxholm	235	101	43
Saltarö	Vårmdö	210	109	52
N. Lagnö	Vårmdö	176	101	57
Kårnås	Österåker	149	90	60
Totalt		1 154	590	51

* Den låga svarsfrekvensen beror på att många har gemensamma brunnar.

Frågeformulär

Av de inkomna svaren på frågeformulåret var frågan ”vilken vattenmångd kan tas från brunnen” minst frekvent besvarad. Åven frågan om brunns djup var ofta inte besvarad. Frågan om uttagbar vattenmångd bör i kommande frågeformulår preciseras till ”brunnsborrharens kapacitetsuppgift” eller ”eventuell propumpning”. Åven användarens uppfattning om vattentillgången rent kvalitativt bör efterfrågas med olika svarsalternativ om brunnen sinat, tillgången sommartid etc.

Frågan om hur många personer som använder brunnen bör specificeras till att gälla både genomsnittligt och maximalt nyttjande. Åven frågan om hur många veckor per år som fastigheten används bör preciseras för att underlätta för dem som använder fastigheten på helger osv.

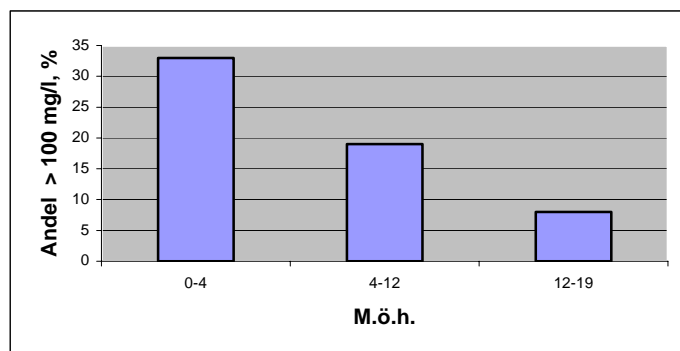
Under rubriken ”Vattenstandard” bör frågeformulåret kompletteras med en fråga om några åtgärder vidtagits för att minska vattenförbrukningen.

Brunnarnas höjdlåge

Av bilaga 1.4 framgår att i alla undersökningsområden utom Kårnås (där endast fyra prover var påverkade av saltvatten) var den genomsnittliga kloridhalten markant högre i de lägre placerade brunnarna. Åven om de uppmåta halterna skiljer sig åt mellan områdena visar de samma trend. Av alla prover som togs i brunnar placerade 0-4 m.ö.h. höll 33 procent av proverna en kloridhalt som var lika med eller högre än 100 mg/l. För inter-

vallet 4-12 m.ö.h. var motsvarande andel cirka 19 procent av proverna och för intervallet 12-19 m.ö.h. 8 procent, se figur 6.

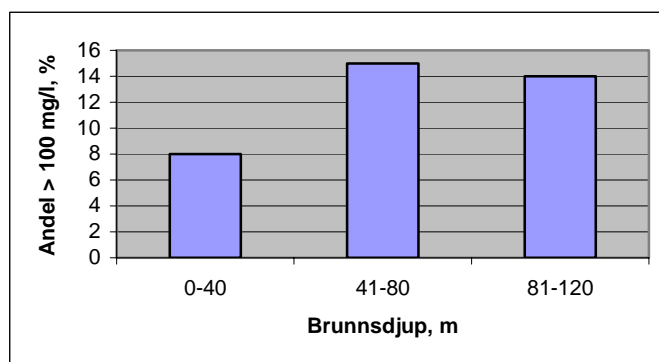
Figur 6. Jämförelse mellan uppmätta kloridhalter och brunnarnas höjdläge (570 brunnar).



Brunnsdjup

Förhållandet mellan kloridhalter och brunnsdjup i de undersökta områdena finns redovisade i bilaga 1.5. Av jämförelsen framgår att för fyra områden ökar kloridhalten med ökat brunnsdjup. I tre områden är trenden att kloridhalten minskar i de djupare brunnarna och i ett område är kloridhalten oberoende av brunnsdjupet. Av samtliga prover där brunnsdjupet angivits (487 st.) gäller att för intervallet 0-40 m brunnsdjup uppmättes kloridhalter på eller över 100 mg/l i cirka 8 procent av brunnarna och för intervallet 41-80 m var motsvarande andel cirka 15 procent. I det djupare intervallet, 81-120 m, sjunker andelen saltvattenpåverkade brunnar till 14 procent, se figur 7.

Figur 7. Jämförelse mellan brunnsdjup och uppmätta kloridhalter (487 brunnar).



Boendefrekvens och VA-standard

Boendefrekvens och VA-standard är viktiga parametrar för vattenkonsumtionen i de undersökta områdena, se bilaga 1.2 och 1.3. I de två områden som har högst andel brunnar påverkade av saltvatten (Norra Lagnö och Saltarö) finns även den högsta andelen permanentboende liksom den högsta andelen av fastigheter med dusch, wc och/eller diskmaskin.

På Norra Lagnö bebos 68 procent av fastigheterna året runt och 70 procent av fastigheterna har högsta VA-standard (klass 6). Motsvarande värden för Saltarö är 27 procent respektive 43 procent. Andelen fastigheter med jämförbar VA-standard förekommer i områdena Trävik, Kårnäs och Ramsö men inom dessa områden är andelen åretruntboende lägre (11, 17 respektive 15 %).

Detta tyder på att fastigheter som bebos permanent har högre dygnsförbrukning än fastigheter med likvärdig VA-standard som endast bebos delar av året.

Salthalten i undersökningsområdena

Under större delen av 2003 var grundvattennivåerna i Stockholms län ovanligt låga. Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) meddelade i augusti att nivåerna inom vissa områden var de lägsta på 30 år. Provtagningen av brunnar, som utfördes under de två sista veckorna i juli och de två första veckorna i augusti, skedde således då grundvattennivåerna var under de normala i juli resp. under de normala till mycket under de normala i augusti (SGU, 2003).

Av de 590 prover som samlades in översteg kloridhalten 50 mg/l i 34 procent. Andelen brunnar med förhöjda salthalter överstiger andelen i Länsstyrelsens arkiv (4 753 analysresultat). I Länsstyrelsens kloridarkiv är 24 procent av proverna saltvattenpåverkade.

Medianvärdet för kloridhalterna i de 590 proven är 35 mg/l. Detta kan jämföras med 23 mg/l i Länsstyrelsens kloridarkiv. Den högre andelen saltvattenpåverkade brunnar i undersökningsområdena beror sannolikt på att ett antal av dessa utgjorde sedan tidigare kända problemområden (tabell 4).

Tabell 4. Kloridhalter i undersökningsområdena.

Område	Andel saltvattenpåverkade brunnar (> 50 mg/l), %	Medianvärde kloridhalter, mg/l
Fiversätraön	16	25
Marsbacken	26	34
Grovstanäs	27	41
Trävik	29	34
Ramsö	22	30
Norra Lagnö	72	75
Saltarö	48	50
Kårnäs	6	25

Slutsatser och rekommendationer

Undersökningsmetodiken bygger på provtagning av ett stort antal brunnar med hjälp av enskilda fastighetsägare. Den genomsnittliga svarsfrekvensen i pilotundersökningen på cirka 51 procent understiger dock förväntningarna och borde förbättras till nästa provtagningsomgång. Eventuellt kan det stora ”avståndet” mellan fastighetsägare och Länsstyrelsen vara en anledning till den låga svarsfrekvensen och en närmare kontakt med fastighetsägarna bör upprättas. Viktigt vid framtida provtagningar är även att de fastighetsägare som inte svarat vid provtagningen 2003 återigen tillfrågas för att maximera det potentiella svarsresultatet.

Undersökningen av åtta områden avseende kloridhalt i bergborrade brunnar har visat på förhöjda halter. Undersökningar har också visat att det föreligger klara samband mellan brunnars saltvattenhalt och VA-standard/boendefrekvens liksom brunnarnas höjdläge och djup. Med ökad VA-standard och boendefrekvens ökar saltvattenpåverkan liksom för ökat brunnsdjup. Ökningen av salthalten med brunnsdjupet sker huvudsakligen mellan 40-80 m, därefter sker ingen ytterligare ökning till 120 m. Brunnar nära vattenytan (0-4 m.ö.h.) har avsevärt högre salthalter än brunnar i högre liggande terräng.

Problemet med saltvattenpåverkan i enskilda brunnar är utbrett längs hela länets kust- och skärgårdsområden, speciellt i de områden där bebyggelsen till största delen utgörs av permanentboende. För att motverka att andelen saltvattenpåverkade brunnar ökar i framtiden krävs åtgärder från kommuner och gemensamt engagemang från fastighetsägare och brunnsborrhare. Tydlig information bör förmedlas till berörda parter och lämpliga åtgärder bör vidtas för att möta den ökande belastningen på grundvattenmagasinen i kustkommunerna.

Efter den genomförda pilotundersökningen framgår tydligt att ett fungerande övervakningsprogram är nödvändigt för att identifiera negativa trender och följa förändringar där åtgärder sätts in. Provtagningar av de områden som undersöktes 2003 bör därför utföras var tredje år med den metodik som utarbetats. Önskvärt är även att berörda kommuner genomför egna provtagningar/undersökningar för att komplettera problembilden.

För områden med kraftig saltvattenpåverkan kan det i vissa fall vara det lämpligt att genomföra mer omfattande kemiska analyser för att klarlägga saltvattnets ursprung. Beroende på om saltvattenpåverkan domineras av saltvatteninträngning eller uppsträngning av relict havsvatten kan olika motåtgärder definieras och sättas in.

I EG:s ramdirektiv för vatten och med det nya förslaget till dotterdirektiv för grundvatten ställs krav på att negativa trender avseende kloridhalt (salthalt) ska motverkas och att god grundvattenstatus ska uppnås i områden som

påverkats av saltvatteninträngning. Senast 2006 skall Sverige även överlämna en förteckning över tröskelvärden för ett antal ämnen, bland annat klorid, i grundvatten till EU-kommissionen. Således är ett fungerande miljöövervakningsprogram av kloridhalter viktigt för att kunna leva upp till EU:s krav på medlemsländernas miljöarbete.

För att komma till rätta med problemet med saltvattenpåverkan i länet måste aktörer på alla nivåer hjälpas åt. Kommunerna bör skaffa sig förbättrad kontroll över grundvattenförhållandena genom att införa tillståndsplikt för nya brunnar och anmälningsplikt för befintliga brunnar enligt 9 kap 10 § miljöbalken i områden med vattenbrist och/eller saltvattenpåverkan samt i områden där risk för vattenbrist och/eller saltvattenpåverkan föreligger. Kommunerna bör också beakta saltvattenproblematiken i planer och bygglövsärenden med stöd av Plan- och bygglagen (PBL).

Förbättringar av grundvattnets kvalitet kan också uppnås genom ökad information och begränsning av vattenuttagen på frivillig väg. Detta kräver initiativ och samarbete på det lokala planet i tomtägarföreningar, samfälligheter och liknande sammanslutningar.

Brunnsborrhare och deras branschorganisationer har ett stort ansvar när det gäller kvaliteten på brunnsborrningar; speciellt gäller det att inte borra för djupt i kust- och skärgårdsområden. Brunnsborrhare bör uppmuntras till att certifiera sina företag enligt de nya normer som SGU utarbetat. Beställare av borrhjälpstjänster i kust- och skärgårdsmiljöer rekommenderas att i ökande omfattning anlita certifierade borrhjälpstjänstföretag, i takt med att borrhjälpstjänstföretag inom länet certifieras.

Referenser

- Anderberg, J., 1997: Beskrivning till kartan över grundvattentillgångarna i Upplands Bro kommun. SGU serie An nr 4. Uppsala.
- Andersson, E., 2004: VA i skärgården – en studie av Ramsö i Vaxholms kommun. Examensarbete, Institutionen för mark- och vattenteknik, KTH, Stockholm.
- Bergman, G. Och Sund, B., 1984; Kårnäs – Grundvattenprognos och risk för saltvatteninträngning. IVL, Stockholm.
- Bluhm, G. & Öhrnstedt, I., 2003: Avsaltningsanläggningar i Stockholms län. Rapport från arbets- och miljömedicin 2003:5, Stockholms landsting, Stockholm.
- Europeiska Gemenskapernas Kommission, 1996: Förslag till Europaparlamentets och rådets beslut om ett handlingsprogram för integrerat skydd och förvaltning av grundvattenmiljön. Bryssel.
- Europeiska Gemenskapens Kommission, 2003: Förslag till Europaparlamentets och rådets direktiv om skydd för grundvatten mot föroreningar. Bryssel.
- Gewers, K. & Håkansson, P., 1988: Saltvatteninträngning i brunnar i kustnära områden. Examensarbete, Institutionen för miljöteknik, KTH. Trita-Kut 3041. Stockholm.
- Inghe, O., 2002: Planering och utformning av Miljöövervakningsprogram. Naturvårdsverket, www.naturvardsverket.se. Stockholm.
- Johannesson, M., 1987: Salt brunnsvatten – Ett djupt liggande problem. Länsstyrelsen i Stockholms län, Stockholm.
- K-Konsult, 1990: Risken för saltvatteninträngning på Gällö, Möja, Nämndö, Runmarö, Svartsö i Värmdö kommun. Va-Teknik, K-Konsult, Stockholm.
- Lindberg, J. & Olofsson, B., 1997: Risk för salt grundvatten – En studie med hjälp av GIS över delar av Norrtälje kommun. Avdelningen för mark och vattenresurser, KTH. Stockholm.
- Lindell, A., 1987: Salt grundvatten i kustnära områden – En analys av läget i Stockholm. Länsstyrelsen i Stockholms län och KTH. Stockholm.
- Länsstyrelsen i Stockholms län, 2002: Regionalt miljöövervakningsprogram för Stockholms län 2002-2006. Rapport 2003:25. www.ab.lst.se. Stockholm.
- Müllern, C-F., 1999: Beskrivning till kartan över grundvattentillgångar i Nynäshamns kommun. SGU serie An nr 12. Uppsala.
- Naturvårdsverket, 1999: Bedömningsgrunder för miljökvalitet grundvatten. Rapport 4915. Solna.
- Norrtälje kommun, 1996: Varning! Nu är det hög tid att spara vattnet. Miljö- och hälsoskydds nämnden. Norrtälje.
- Sveriges Geologiska Undersökning, 2003: Grundvattensituationen under året. Grundvatten, 1-2/03, pp 18-19. SGU. Uppsala.

Sveriges Geologiska Undersökning, 1981: Intruded and relict groundwater of marine origin. Seventh Salt Water Intrusion Meeting. Rapporter och meddelanden nr 27. Uppsala.

Ståhl, Bo., 1995: Kloridnivåer och vattentillgång i enskilda brunnar inom Kattvik, Björnö och Ornö. Slutrapport 1995:5, Miljökontoret, Haninge kommun. Haninge.

Tilly, L., Olofsson, B. och Julstad, B., 1988: Salt grundvatten i kustnära områden (i Grundvattenförsörjning – Geohydrologi i praktiken, Viak AB och Svenska Hydrologiska Rådet, 1988. Stockholm).

Tilly, L., 1990: Salt grundvatten i kustnära områden – Undersöknings- och bedömningsgrunder. Länsstyrelsen i Stockholms län och KTH. Stockholm.

Viak AB, 1989: Balansberäkning av grundvattenbildning och uttag inom Älgö. Rapport 4963 03 8282. Vällingby

Bilaga 1 Undersökningsresultat 2003

Bilaga 1.

1.1 – Fördelning av uppmätta kloridhalter

1.2 – Boendefrekvens

1.3 – VA-standard

1.4 – Brunnsdjup

1.5 – Brunnarnas höjd över havet

1.6 – Sammanställning av analysresultat

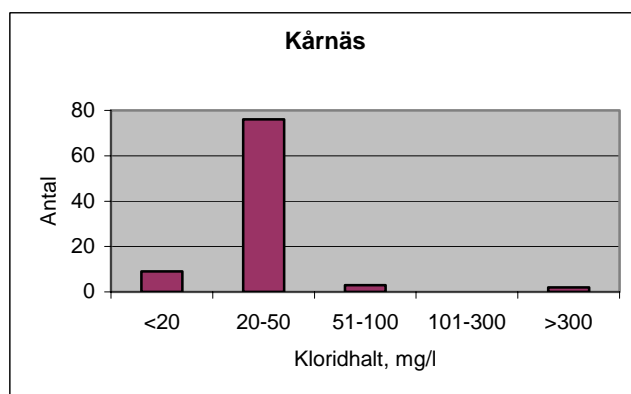
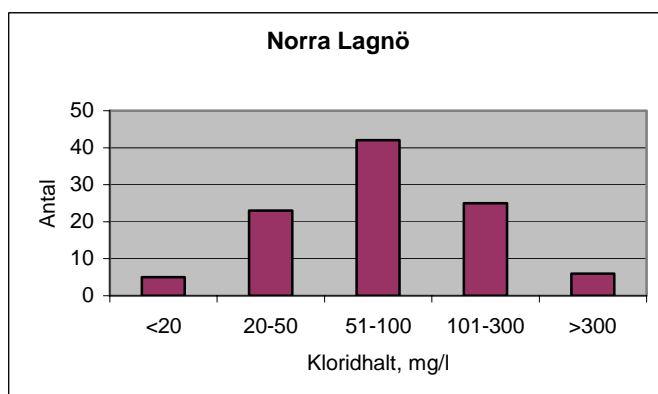
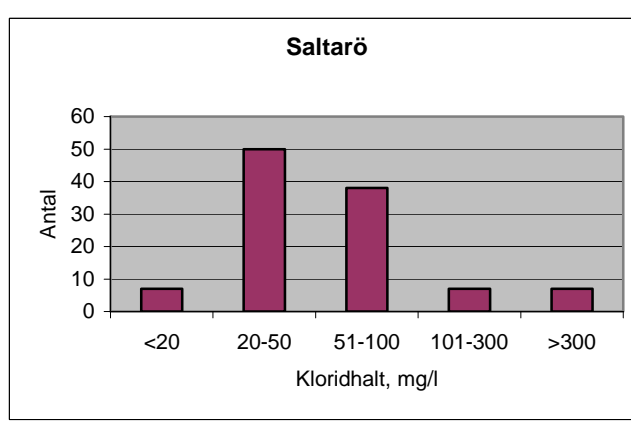
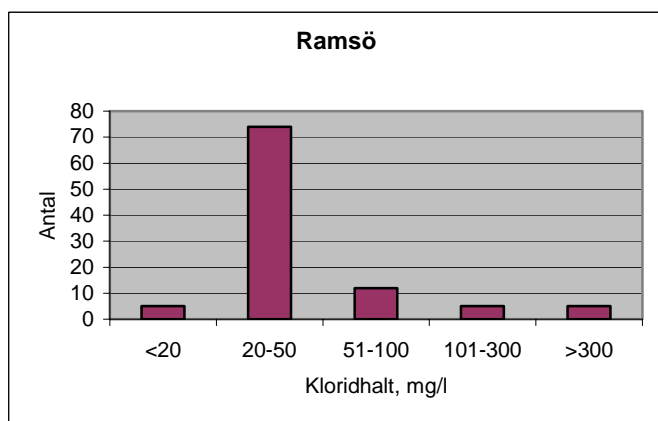
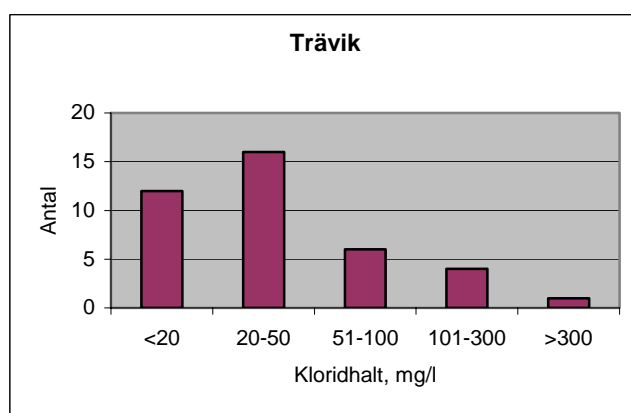
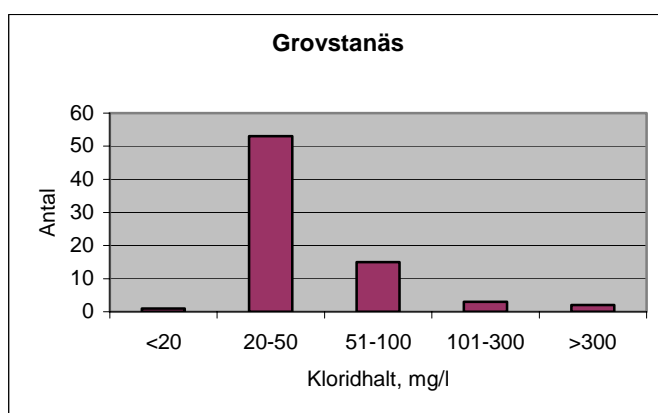
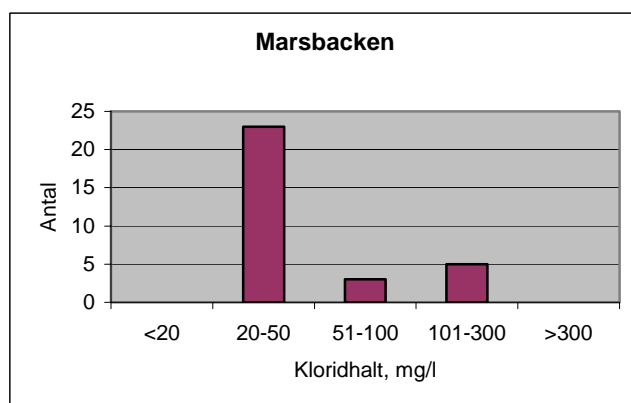
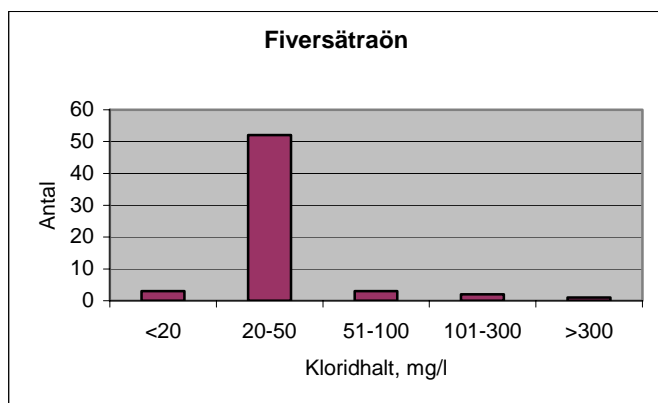
Förklaring till bilaga 1.1. Fördelningen av kloridhalter i bilaga 1.1 är gjord enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för grundvatten:

Klass	Benämning	Klorid, mg/l
1	Låg halt	< 20
2	Måttlig halt	20-50
3	Relativt hög halt	50-100
4	Hög halt	100-300
5	Mycket hög halt	> 300

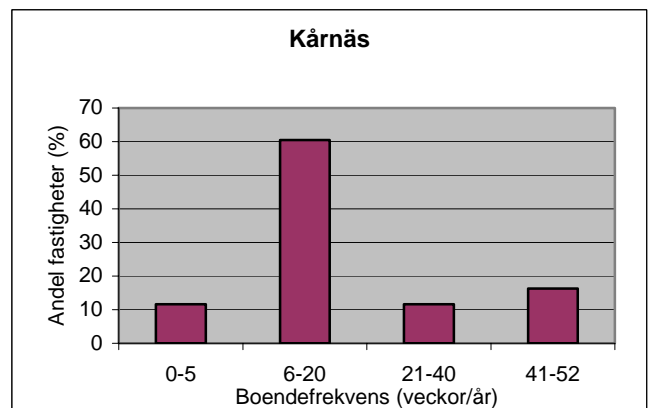
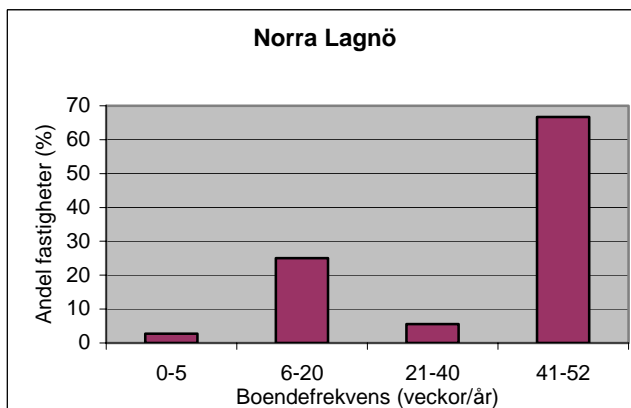
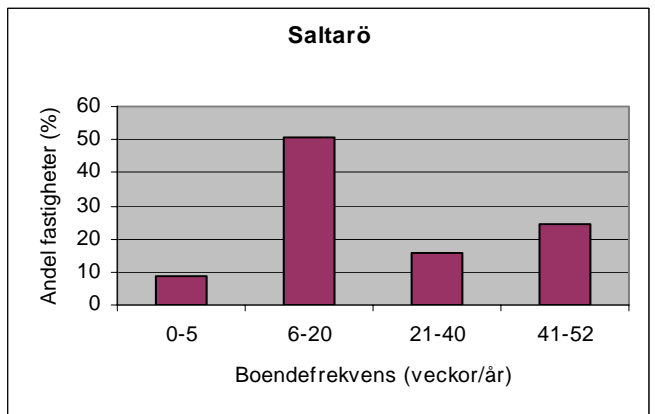
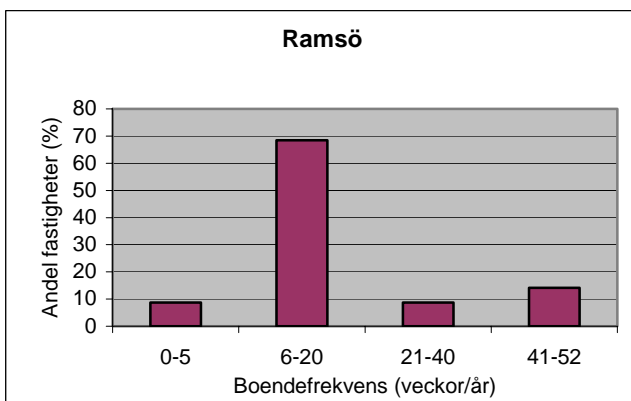
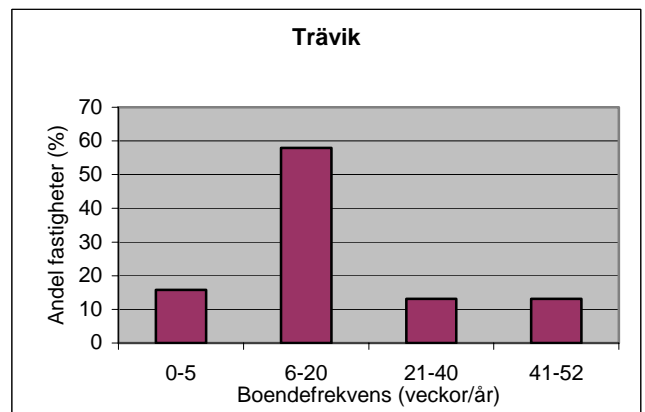
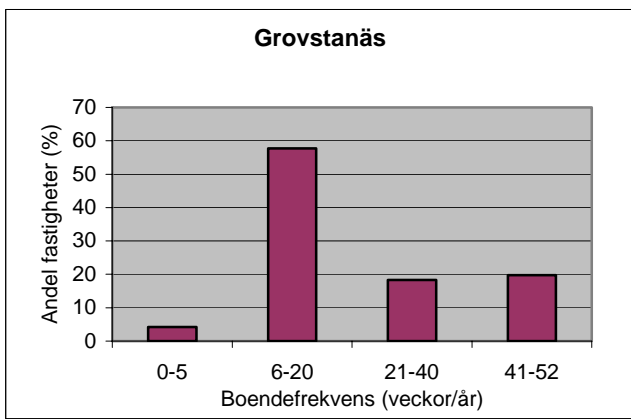
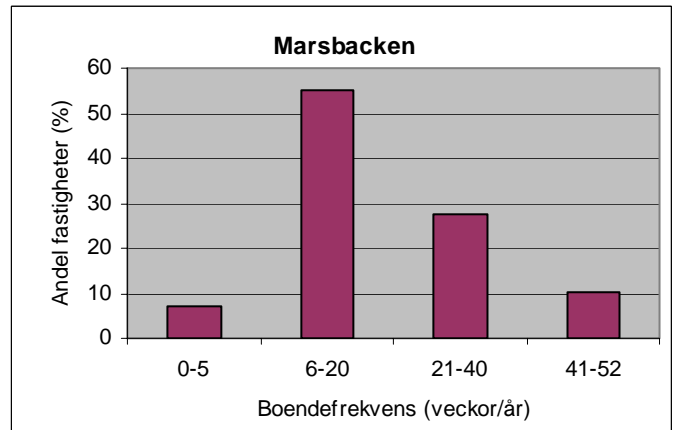
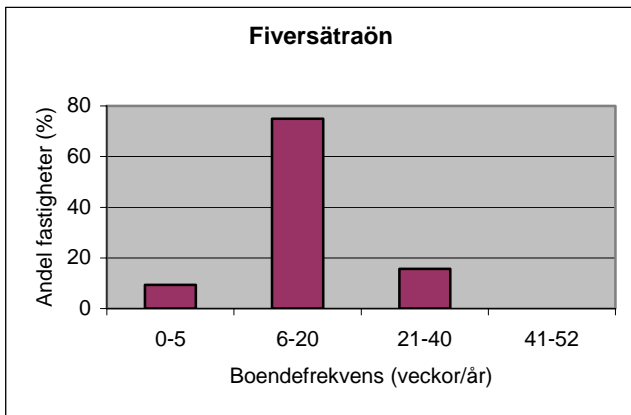
Förklaring till bilaga 1.3. De klasser som används i bilaga 1.3 är definierade enligt följande:

Klass	
1	Vatten ej indraget i huset
2	Vatten finns indraget i huset
3	Vatten är indraget, dusch finns
4	Vatten är indraget, dusch och WC finns
5	Vatten är indraget, dusch, WC och disk-/tvättmaskin finns

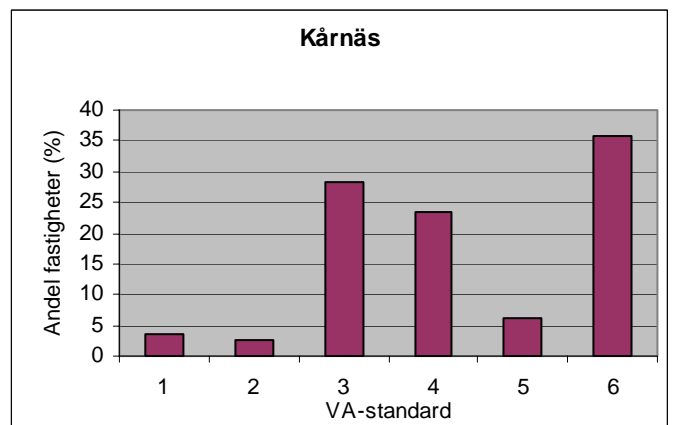
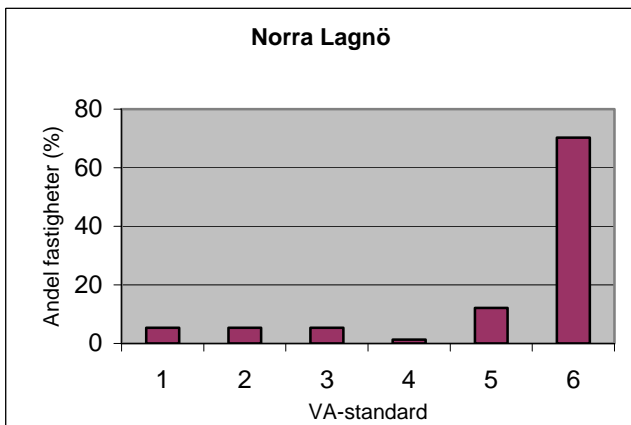
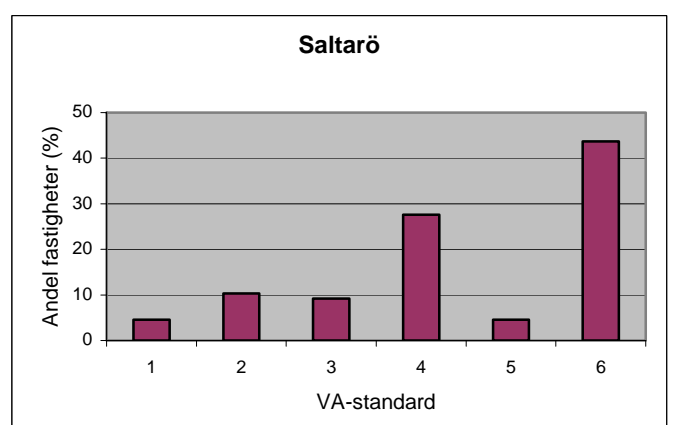
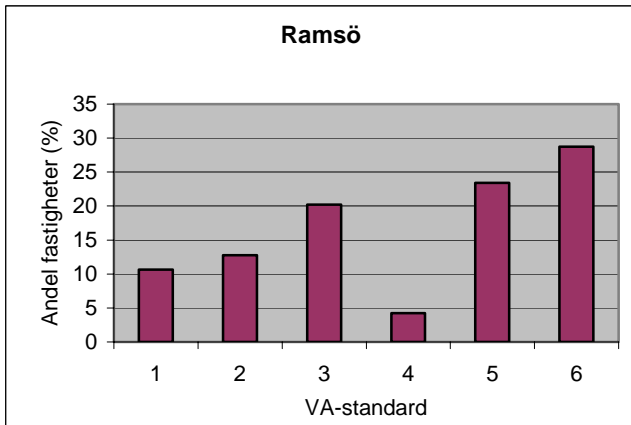
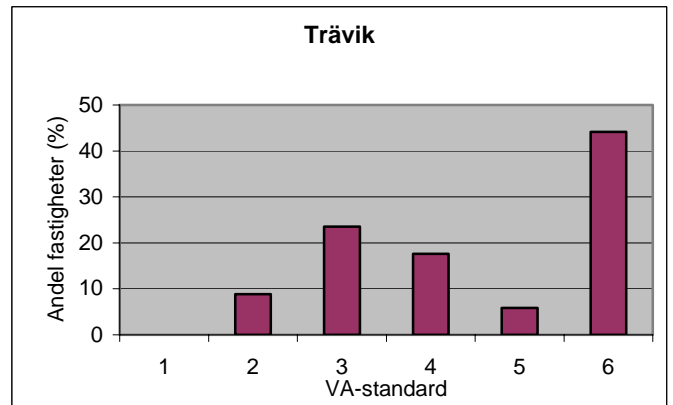
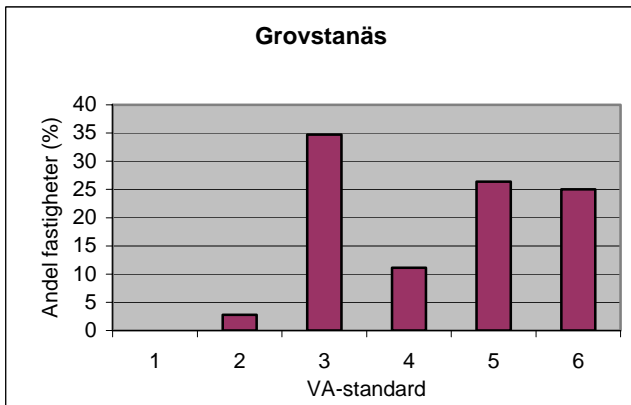
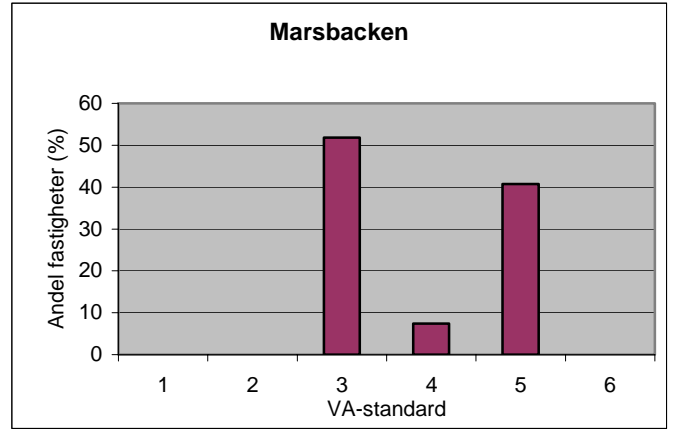
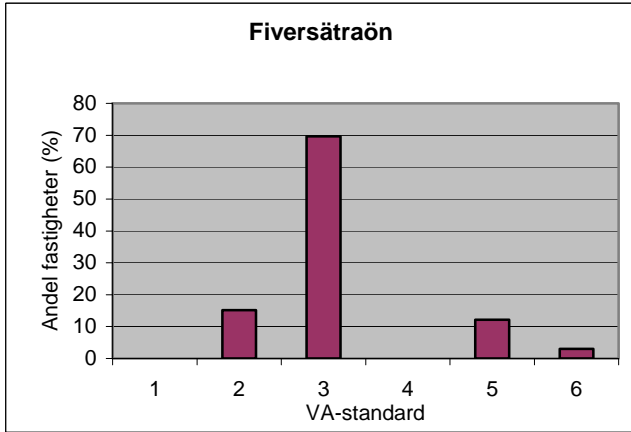
Bilaga 1.1 Fördelning av uppmätta kloridhalter (Klasser se sid 49)



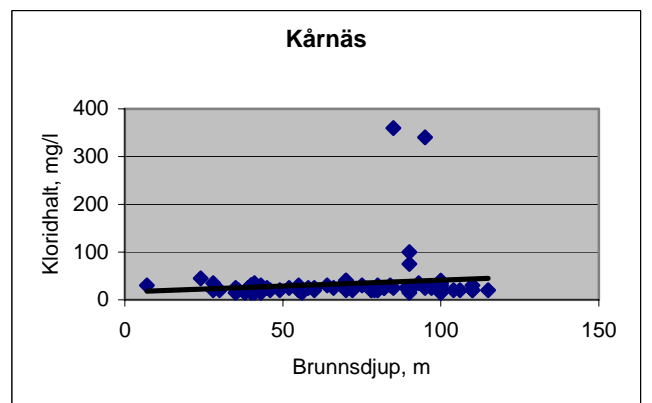
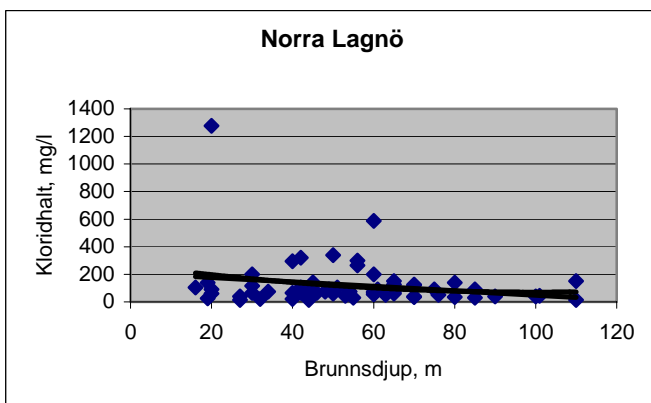
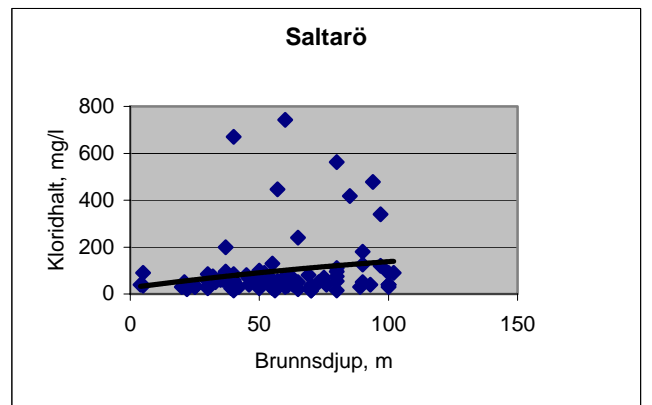
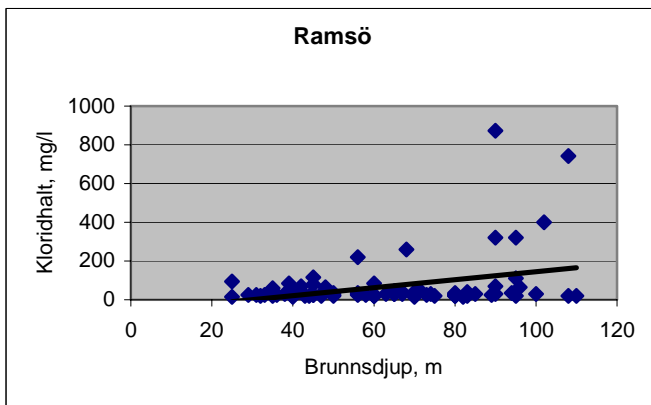
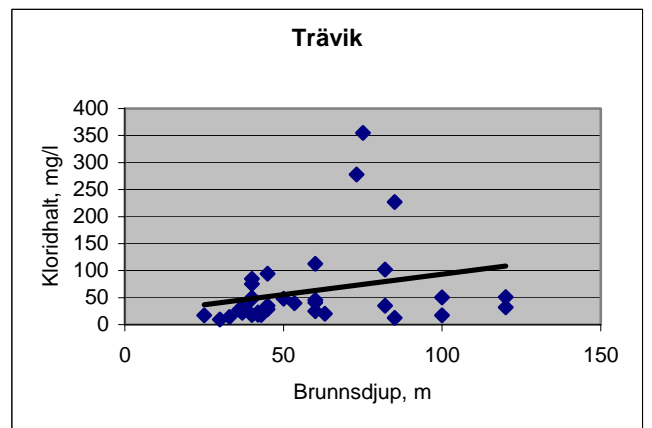
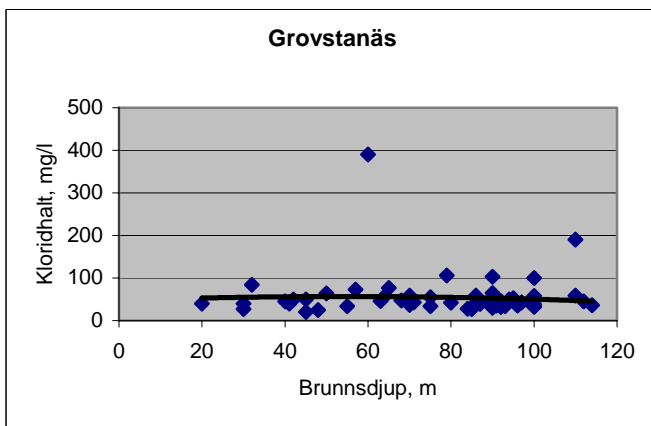
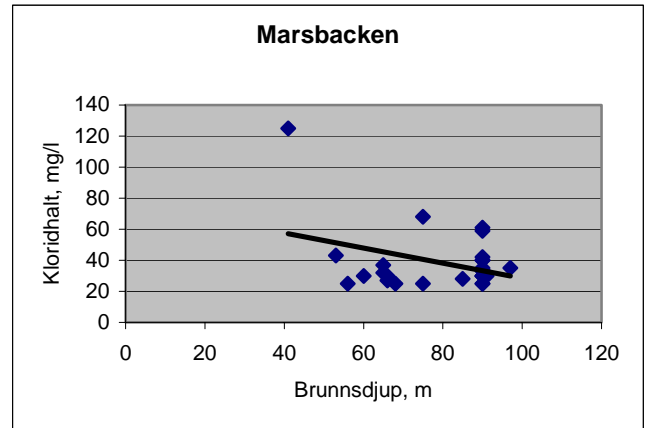
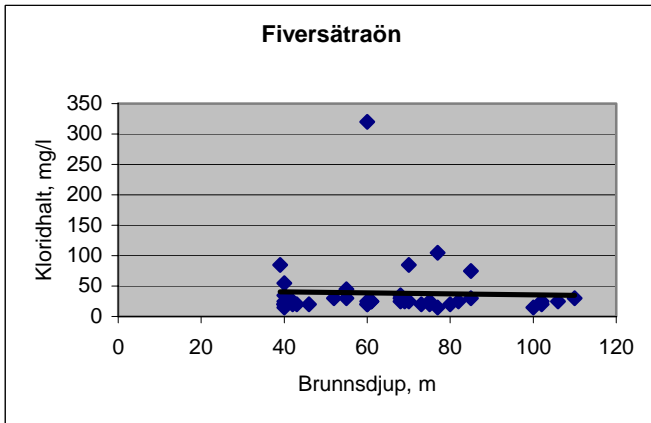
Bilaga 1.2 Boendefrekvens



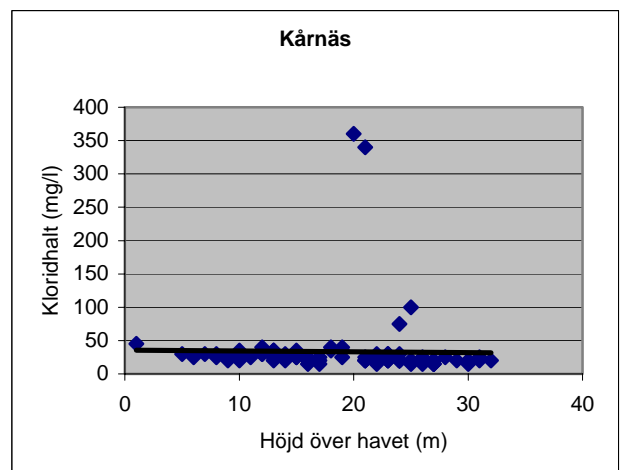
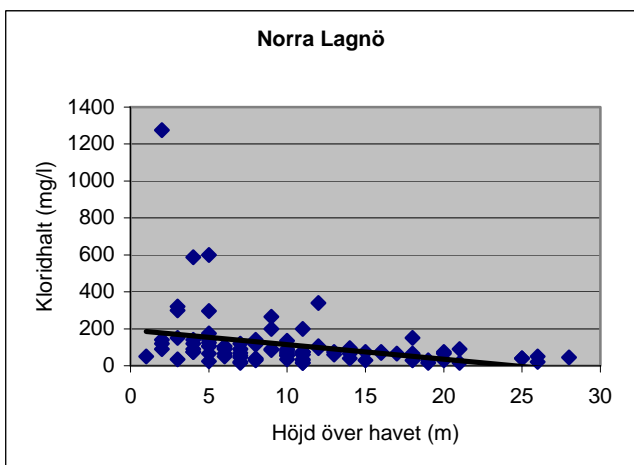
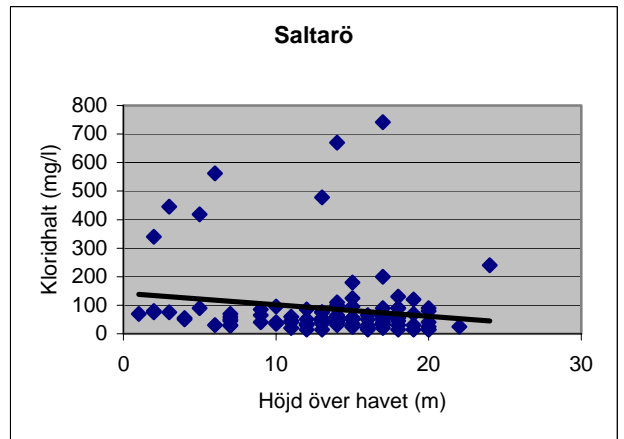
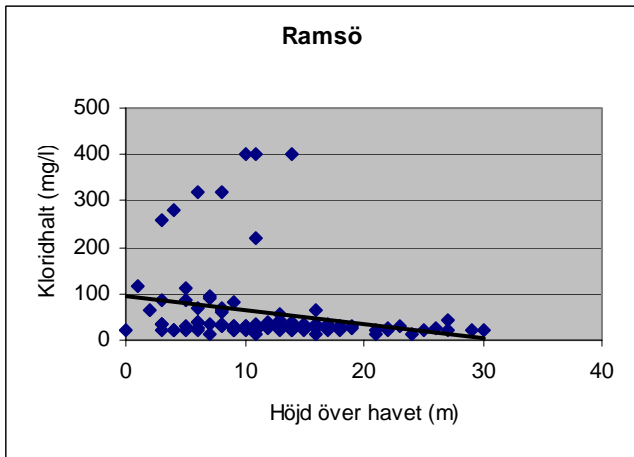
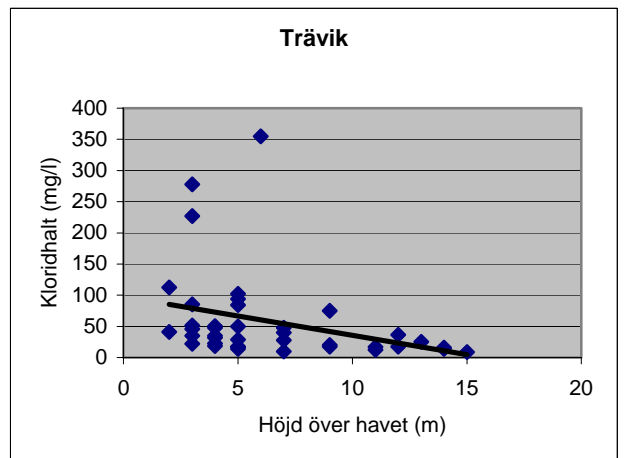
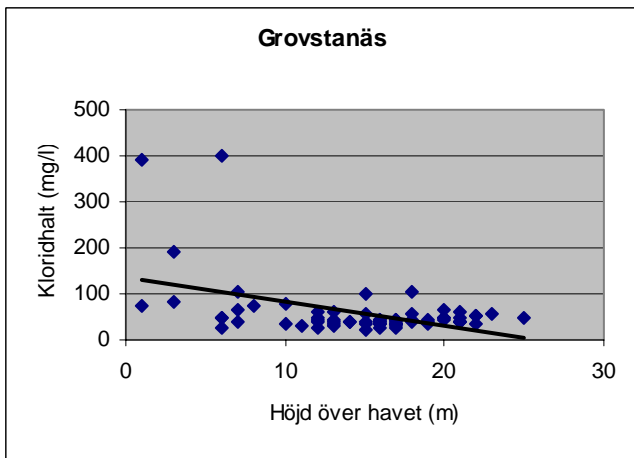
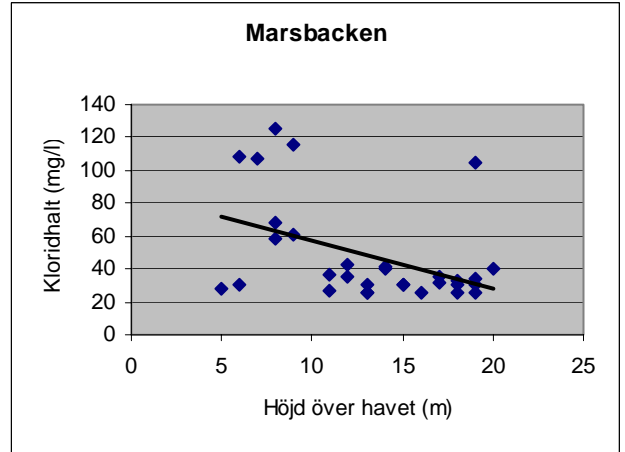
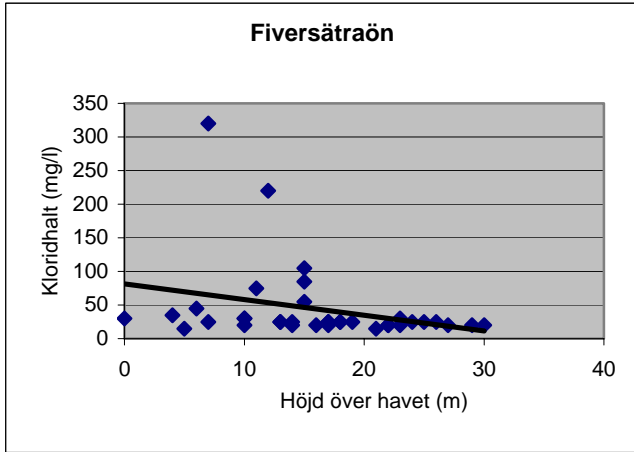
Bilaga 1.3 VA-standard (Klasser se sid 49)



Bilaga 1.4 Brunnsdjup



Bilaga 1.5 Brunnarnas höjd över havet



Bilaga 1.6 Sammanställning av analysresultat

Fiversätraön		Marsbacken		Grovstanäs		Trävik		Ramsö		Saltarö		Norra Lagnö		Kårnäs	
Brunn	mg/l Cl	Brunn	mg/l Cl	Brunn	mg/l Cl	Brunn	mg/l Cl	Brunn	mg/l Cl	Brunn	mg/l Cl	Brunn	mg/l Cl	Brunn	mg/l Cl
1	15	1	25	1	20	1	9	1	15	1	15	1	15	1	15
2	15	2	25	2	25	2	10	2	15	2	15	2	15	2	15
3	15	3	25	3	27	3	13	3	15	3	15	3	15	3	15
4	20	4	25	4	27	4	14	4	15	4	15	4	15	4	15
5	20	5	25	5	28	5	14	5	15	5	15	5	15	5	15
6	20	6	27	6	30	6	16	6	20	6	15	6	20	6	15
7	20	7	28	7	30	7	17	7	20	7	15	7	20	7	15
8	20	8	30	8	32	8	17	8	20	8	20	8	25	8	15
9	20	9	30	9	32	9	18	9	20	9	20	9	30	9	15
10	20	10	30	10	33	10	18	10	20	10	20	10	30	10	20
11	20	11	30	11	33	11	18	11	20	11	25	11	30	11	20
12	20	12	30	12	34	12	19	12	20	12	25	12	30	12	20
13	20	13	30	13	34	13	20	13	20	13	25	13	30	13	20
14	20	14	32	14	34	14	22	14	20	14	25	14	30	14	20
15	20	15	33	15	34	15	23	15	20	15	28	15	35	15	20
16	20	16	34	16	34	16	25	16	20	16	30	16	35	16	20
17	25	17	35	17	35	17	28	17	20	17	30	17	35	17	20
18	25	18	35	18	35	18	29	18	20	18	30	18	35	18	20
19	25	19	37	19	35	19	32	19	20	19	30	19	40	19	20
20	25	20	40	20	35	20	35	20	20	20	30	20	40	20	20
21	25	21	40	21	35	21	35	21	20	21	30	21	40	21	20
22	25	22	42	22	36	22	37	22	20	22	30	22	40	22	20
23	25	23	43	23	36	23	40	23	20	23	30	23	40	23	20
24	25	24	59	24	37	24	41	24	20	24	30	24	45	24	20
25	25	25	61	25	38	25	46	25	20	25	30	25	45	25	20
26	25	26	68	26	38	26	48	26	20	26	35	26	50	26	20
27	25	27	105	27	39	27	48	27	20	27	35	27	50	27	20
28	25	28	107	28	39	28	50	28	20	28	35	28	50	28	20
29	25	29	108	29	39	29	51	29	25	29	35	29	55	29	20
30	30	30	116	30	40	30	51	30	25	30	35	30	55	30	20
31	30	31	125	31	40	31	75	31	25	31	40	31	55	31	20
32	30			32	40	32	84	32	25	32	40	32	55	32	20
33	30			33	40	33	85	33	25	33	40	33	60	33	20
34	30			34	40	34	94	34	25	34	40	34	60	34	20
35	35			35	40	35	102	35	25	35	40	35	60	35	20
36	35			36	41	36	113	36	25	36	40	36	60	36	20
37	35			37	41	37	227	37	25	37	40	37	65	37	20
38	45			38	42	38	278	38	25	38	40	38	65	38	20
39	55			39	42	39	355	39	25	39	40	39	65	39	20
40	75			40	43			40	25	40	40	40	65	40	20
41	85			41	43			41	25	41	45	41	65	41	25
42	85			42	43			42	25	42	45	42	65	42	25
43	105			43	43			43	25	43	45	43	65	43	25
44	220			44	44			44	25	44	45	44	70	44	25
45	320			45	45			45	25	45	45	45	70	45	25
				46	45			46	25	46	50	46	75	46	25
				47	45			47	25	47	50	47	75	47	25
				48	46			48	30	48	50	48	75	48	25
				49	46			49	30	49	50	49	75	49	25
				50	47			50	30	50	50	50	75	50	25
				51	47			51	30	51	50	51	75	51	25
				52	50			52	30	52	50	52	75	52	25
				53	50			53	30	53	50	53	75	53	25
				54	50			54	30	54	50	54	75	54	25
				55	52			55	30	55	50	55	75	55	25
				56	53			56	30	56	50	56	80	56	25

Bilaga 1.6 Sammanställning av analysresultat (forts.)

Fiversätraön		Marsbacken		Grovanäs		Trävik		Ramsö		Saltarö		Norra Lagnö		Kårnäs	
Brunn	mg/l Cl	Brunn	mg/l Cl	Brunn	mg/l Cl	Brunn	mg/l Cl	Brunn	mg/l Cl	Brunn	mg/l Cl	Brunn	mg/l Cl	Brunn	mg/l Cl
		57	55			57	30	57	50	57	85	57	25		
		58	57			58	30	58	55	58	85	58	25		
		59	58			59	30	59	55	59	90	59	30		
		60	59			60	30	60	55	60	90	60	30		
		61	59			61	30	61	55	61	90	61	30		
		62	59			62	30	62	55	62	90	62	30		
		63	64			63	30	63	55	63	90	63	30		
		64	65			64	30	64	55	64	90	64	30		
		65	73			65	35	65	60	65	90	65	30		
		66	75			66	35	66	60	66	90	66	30		
		67	77			67	35	67	60	67	90	67	30		
		68	84			68	35	68	60	68	95	68	30		
		69	100			69	35	69	60	69	95	69	30		
		70	103			70	35	70	60	70	95	70	30		
		71	106			71	35	71	65	71	105	71	30		
		72	190			72	35	72	65	72	105	72	30		
		73	390			73	35	73	65	73	105	73	30		
		74	610			74	40	74	65	74	105	74	30		
						75	40	75	70	75	115	75	30		
						76	40	76	70	76	120	76	35		
						77	40	77	70	77	120	77	35		
						78	45	78	75	78	120	78	35		
						79	45	79	75	79	125	79	35		
						80	55	80	75	80	125	80	35		
						81	60	81	75	81	135	81	35		
						82	65	82	80	82	140	82	40		
						83	65	83	80	83	140	83	40		
						84	65	84	85	84	140	84	40		
						85	70	85	85	85	140	85	45		
						86	70	86	90	86	150	86	75		
						87	80	87	90	87	150	87	90		
						88	85	88	90	88	150	88	100		
						89	85	89	90	89	175	89	340		
						90	90	90	90	90	200	90	360		
						91	95	91	90	91	200				
						92	110	92	95	92	265				
						93	115	93	95	93	284				
						94	220	94	95	94	296				
						95	260	95	100	95	300				
						96	280	96	110	96	320				
						97	320	97	120	97	340				
						98	320	98	125	98	472				
						99	400	99	130	99	588				
						100	742	100	180	100	600				
						101	872	101	200	101	1276				
								102	240						
								103	340						
								104	418						
								105	446						
								106	478						
								107	562						
								108	670						
								109	742						

Bilaga 2 Frågeformulär

Bilaga 2 Frågeformulär

Som ett komplement till provtagningen av er brunn ber vi er fylla i detta formulär och returnera det tillsammans med ifylld provflaska.

Datum för provtagning _____

Fastighetsbeteckning _____

- Hur djup är brunnen?

_____ meter

- Använder några andra fastigheter brunnen? Om ja, i så fall hur många?

- Vilken vattenmängd kan maximalt tas från brunnen?

_____ liter per timme

- Hur många personer använder vatten från brunnen

- Hur många veckor per år är ni på fastigheten?

- **Vattenstandard:** **Ja** **Nej**

Har ni vatten indraget i huset?

Har ni dusch?

Finns WC?

Har ni tvättmaskin?

Har ni diskmaskin?

Har ni problem med att
vattnet smakar salt?

V.g. vänd

Länsstyrelsens rapportserie

Utkomna rapporter under 2004

1. Projekt eller fasta strukturer, *avdelningen för regional utveckling*
2. Barn i storstad - socialtjänsten och barn som anmäls för brott, *socialavdelningen i samarbete med länsstyrelserna i Skåne och Västra Götaland*
3. Billigare livsmedel i Stockholms län, *avdelningen för regional utveckling*
4. Svenska för akademiker - SFA vård: slututvärdering, *avdelningen för regional utveckling*
5. Strandexploatering i Stockholms län - Mälaren och Östersjön, *miljö- och planeringsavdelningen*
6. Kommunernas insatser för personer med psykiska funktionshinder - Östermalms stadsdel: tillsyn på tre nivåer - planering, verksamhet och individ, *socialavdelningen*
7. Kommunernas insatser för personer med psykiska funktionshinder - Vantörs stadsdel: tillsyn på tre nivåer - planering, verksamhet och individ, *socialavdelningen*
8. Kommunernas insatser för personer med psykiska funktionshinder - Norrtälje kommun: tillsyn på tre nivåer - planering, verksamhet och individ, *socialavdelningen*
9. Kommunernas insatser för personer med psykiska funktionshinder - Salems kommun: tillsyn på tre nivåer - planering, verksamhet och individ, *socialavdelningen*
10. Jämställd integration eller integrerad jämställdhet?, *socialavdelningen*
11. Förorenade områden - inventering av oljedepåer i Stockholms län, *miljö- och planeringsavdelningen*
12. Hur mår sjöarna & vattendragen? Undersökningar av vattenkemi i sjöar och vattendrag i Stockholms län, *miljö- och planeringsavdelningen*
13. Brottö - ett representativt skärgårdsjordbruk i Stockholms län, *miljö- och planeringsavdelningen*
14. Länsplan för regional transportinfrastruktur i Stockholms län 2004-2015, *avdelningen för regional utveckling*
15. Hur mår vattendragen? Undersökningar av bottenfauna i vattendrag i Stockholms län år 2000, *miljö- och planeringsavdelningen*
16. Nationell rapport om skyddat boende m.m., *socialavdelningen*
17. Sammanställning av bostadsmarknadsenkäten 2004, *socialavdelningen*
18. Bostadssubventioner 2003, *socialavdelningen*
19. Fartygstrafik och stranderosion i Stockholms skärgård, *miljö- och planeringsavdelningen*. Finns endast som pdf.
20. Äldreskyddsombudens verksamhet under ett år, *socialavdelningen*
21. På cykel för miljö och hälsa, *miljö- och planeringsavdelningen*
22. Skarvar och fågelskår. Inventeringar i Mälaren 2004, *miljö- och planeringsavdelningen*
23. Så använder vi naturreservaten. Resultat från en enkät till 1 000 hushåll i Stockholms län 2003, *miljö- och planeringsavdelningen*
24. Att främja internationella affärer, *avdelningen för regional utveckling*
25. Källor i Stockholms län. Inventering och underlag för miljöövervakning, *miljö- och planeringsavdelningen*
26. Salt grundvatten i Stockholms läns kust- och skärgårdsområden, *miljö- och planeringsavdelningen*

Grundvattnets beskaffenhet, främst salthalten, är av avgörande betydelse för den fortsatta samhällsutvecklingen inom stora delar av länets kust- och skärgårdsområden. Hållbar vattenförsörjning och arbetet med miljömålet "Grundvatten av god kvalitet" bör därför sättas högt på agendan i länets kustkommuner.

Länsstyrelsen i Stockholms län har under 2003 utvecklat en metodik för övervakning av salt grundvatten, samt genomfört undersökningar av 634 bergborrade brunnar i åtta områden, sommaren 2003.

Vi hoppas att vi med detta arbete kan bidra till ökad förståelse för problemet med salt grundvatten och att den kan inspirera olika aktörer att vidta åtgärder för att begränsa saltvattenpåverkan i brunnar och på sikt återställa försaltade grundvattenområden.

Arbetet ingår som en del i programområdet Sötvatten – grundvatten i det regionala miljöövervakningsprogrammet för Stockholms län 2002 – 2006.

*Ytterligare exemplar av denna rapport kan beställas från Länsstyrelsens Miljöinformationsenhet, tel: 08- 785 52 94
Rapporten finns också på vår hemsida www.ab.lst.se
ISBN 91-7281-156-0*

Adress
*Länsstyrelsen i Stockholms Län
Hantverkargatan 29
Box 22 067
104 22 Stockholm, Sverige
Tel: 08- 785 40 00 (vxl)
www.ab.lst.se*