

# Risker i vattenförsörjning på sjukhus

- En grovanalys av inkommande vatten till Nya Karolinska Solna



LUNDS  
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg  
Institutionen för bygg- och miljöteknologi/Avdelningen för Byggnadsmaterial

Examensarbete:  
Jennie Paulsson



© Copyright Jennie Paulsson

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg  
Lunds universitet  
Box 882  
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering  
Lund University  
Box 882  
SE-251 08 Helsingborg  
Sweden

Tryckt i Sverige  
Media-Tryck  
Biblioteksdirektionen  
Lunds universitet  
Lund 2008

## Sammanfattning

Dagens teknik är i allmänhet avancerad och med en ständig utveckling går vi mot ännu mer avancerade system. Detta gäller inte minst inom sjukvården. Detta medför även att riskerna ökar och att nya risker skapas. För att förhindra olyckor görs riskanalyser av de tekniska systemen, vilka identifierar eventuella riskkällor och dess konsekvenser innan möjliga skadehändelser inträffar. Vad är en risk? Definitionen av en risk är kombinationen av en slumpmässig händelse med negativa konsekvenser för människors hälsa, liv eller miljö samt sannolikheten för denna händelse.

Det ställs höga krav på den tekniska försörjningssäkerheten inom sjukvården. Med detta menas att sjukhusen ska kunna försörja sig själva med vatten, el, värme och tele även om den yttre försörjningen är avbruten. Detta kan uppnås med hjälp av egna reservanordningar, som t.ex. en egen reservvattentäkt och reservkraft för el.

Ett nytt sjukhus ska byggas i Karolinska området i Solna, Stockholm – Nya Karolinska Solna (NKS). NKS kommer att bli ett stort specialistsjukhus som bedriver specialistvård tillsammans med en omfattande forskning och utbildning av högsta kvalitet. Lokalerna kommer att befolkas med nästintill 9 000 personer per dag.

Uppsatsens syfte är att visa hur viktig vattenförsörjningen är för sjukhus, speciellt NKS. En riskanalys i form av en grovanalys av inkommande vatten till NKS ger en översiktlig bild av de eventuella risker som kan inträffa då vattenförsörjning avbryts någonstans mellan vattentäkt till sjukhus. Arbetet kan ses som en förberedande analys till en, i senare skede, mer djupgående och detaljrik riskanalys. Uppsatsen utreder riskerna med att vattnet uteblir eller transporteras förorenat till sjukhus. De delar som behandlas här är vattentäkt, vattenverk, rörledningsnät och reservvatten. Elens och avloppsvattens inverkan kommer enbart att kommenteras. Sabotage av sjukhusets vattenförsörjning ingår ej.

Arbetet kommer att ta hänsyn till följande frågeställningar; Vad kan konsekvenserna bli om vattenförsörjningen stryps? Varför är ett reservvattensystem viktigt? Hur kan man säkerställa vattenleveransen till NKS? Detta görs genom insamling av data från 4 st VVS-konsulter, 1 st driftledare och 1 st teknikförvaltare som sedan tillsammans med min egen bedömning ligger till grund för en grovanalys. Begreppet riskanalys definieras i ett eget kapitel.

Då NKS ligger i Solna, Stockholm, är det Norrvatten som kommer att sköta leveransen av dricksvatten. Vägen från vattentäkten till sjukhus är följande;

Råvatten tas från Mälaren och pumpas in i vattenverket där det renas till dricksvatten. Vattentorn levererar vatten i huvudledningar in i teknikrummet, där rör dras in till sjukhusets undercentral och sedan fram till olika tappställen.

Grovanalysen identifierade sex risker:

- (1) Vattentäkt blir förorenad – medel risk
- (2) Avbrott i vattenpump – medel risk
- (3) Reningsprocess misslyckas – medel risk
- (4) Läckage i huvudledningsnät – medel risk
- (5) Reservvattentäkt finns ej/fungerar ej – hög risk
- (6) Larmhantering av vattenleverantör – hög risk

Med hjälp av grovanalysen kunde frågeställningarna besvaras.

Konsekvenserna på sjukhus kan bli förödande om vattenförsörjningen stryps. Mälaren är den enda ytvattentäkt som både Norrvatten och den andra stora leverantören Stockholm Vatten tar råvatten ifrån. Denna försörjer större delen av Stockholms invånare med vatten. Reservvattentäkter finns för båda vattenleverantörerna men dessa är i dagsläget inte tillräckliga om Mälaren slås ut. Stockholm Vattens reserv, Bornsjön, klarar endast 70 % av den normala vattenförsörjningen och Norrvattens fyra grundvattenreserver klarar ej dagens vattenbehov i sitt förvaltningsområde. Konsekvenserna av detta kan vara att människor och speciellt patienter på sjukhus insjuknar och avlider då vattenleverans uteblir. Följderna blir att sjukhuset måste evakueras, då läkare ej kan garantera patienters liv och hälsa. Detta kan bli kostsamt både för sjukhus och för patienters välmående.

Ett reservvattensystem är speciellt viktigt eftersom risken för att vattentäkten Mälaren slås ut existerar. För att säkerställa vattenleveransen till NKS bör en reservvattentäkt installeras. Denna ska inte bara installeras utan även underhållas och kontrolleras.

Elförsörjningen har utretts noggrant och de flesta sjukhus har idag en ordentlig och säker reservkraft installerad ifall elavbrott skulle ske. Kanske är det dags för Landstinget att på allvar studera vattenförsörjningen.

Nyckelord: Risker, vattenförsörjning, grovanalys, NKS, Mälaren, Norrvatten

## Abstract

When modern technology is constantly evolving, greater achievements are made in technical development in medical care areas. Unfortunately this also contributes to greater risks and new types of risks are created. To prevent accidents, risk analyses of the technical systems are made. The purpose is to identify the eventual risk sources and its consequences before a possible event of injury occurs. What is a risk? The definition of a risk is the combination of a random event with negative consequences for people's health, life or environment and the probability for this event.

The demands are high on technical supply security in medical care. This means that the hospitals are supposed to have a self supply of water, electricity, heat and telephone even though the outer supply is cut off. This can be achieved by equipping the hospitals with backup arrangements, for example backup groundwater supply or reserve power.

A new hospital is getting built in the Karolinska area in Solna, Stockholm – Nya Karolinska Solna (NKS). NKS will be a large special hospital who carries out special treatments together with extensive research and top quality education. On the premises there will be almost 9 000 people per day.

The purpose of this report is to illustrate how important water supply is to a hospital, especially NKS. By creating a risk analysis in the shape of a Preliminary Hazard Analysis (PHA) of the incoming water to NKS, this report will show a general picture of the eventual risks that can arise from water supply to hospitals. By doing so, it will give an introductory train of thoughts how to avoid these risks in the future and also serve as preliminary analysis to a in a later stage more advanced and more detailed risk analysis. The analysis investigates the risks in that the water is cut of or that contaminated water gets to the hospital. This will be made concerning water supply, water agencies, tube wire nets and backup water supply. The impact of electricity and waste waters will only be commented. Sabotage of the hospital's water supply is not included in this report.

This report regards following issues: What consequences will there be if the water supply is cut off? Why is a backup water system important? How can the water delivery to NKS be secured? This is done through collect facts from 4 plumbing consultants, 1 production manager and 1 technician administrator plus my own assessment, which then compiled in the form of a Preliminary Hazard Analysis. Even a literature review on risk assessment is done.

NKS is situated in Solna, Stockholm, Norrvatten will be responsible for the delivery of fresh water. The general path from water supply to the hospital is described as follows. Raw water is pumped from the lake Mälaren into the water agency where it's filtered to fresh water. Water towers then distributes the water via the main pipes into the technical facilities of the hospitals and then to the different areas off usage.

This Preliminary Hazard Analysis identified six risks:

- (1) The water supply gets contaminated – medium risk
- (2) Interruption in a water pump – medium risk
- (3) The filtering process fails – medium risk
- (4) Leakages in the main pipes – medium risk
- (5) Backup supply is not available/not functioning – high risk
- (6) The handling of alarms by the water supplier – high risk

With the help of the Preliminary Hazard Analysis could following issues answered. The impact on hospitals can be devastating if the water supply strangled. Mälaren is the only water supply which both Norrvatten and Stockholm Vatten, takes their raw water from. This supplies the majority of Stockholm's inhabitants with water. Backup supplies are available for both water contractors but these are currently not enough if Mälaren is knocked out. Stockholm Vatten reserve, Bornsjön, manages only 70 % of the normal water supply and Norrvattens four groundwater reserves are not capable to today's water needs in its administrative area. The consequences of this may be that people and especially hospital patients fall ill and dies when the water delivery not take place. The consequences that becomes are that the hospital had to be evacuated; because doctors can not guarantee patients' lives and health. This can be costly for both hospitals and patients' well-being.

A backup supply is particularly important as the risk of water supply Mälaren knocked out exist. In order to ensure supply of water to NKS should a backup supply installed. This will not only be installed, but also maintained and controlled.

The electricity supply has been studied carefully and most hospitals today have a proper and safe back-installed if the power cuts would happen. Now is the time for the county council to study the water supply.

Keywords: Risks, water supply, Preliminary Hazard Analysis (PHA), NKS, Mälaren, Norrvatten

## Förord

Detta är ett examensarbete som gjorts från programmet Byggteknik med Arkitektur vid Lunds Tekniska högskola, Campus Helsingborg. Som uppdragsgivare står ÅF Infrastruktur i Stockholm som möjligen i framtiden kan komma att projektera VVS-installationerna på Nya Karolinska Solna sjukhuset (NKS).

Jag vill tacka min examinator Katja Fridh (LTH) som varit ett stort stöd i framtagningen av det här arbetet. Även Stefan Cartling och Göran Dalaryd vilka har varit mina handledare på ÅF i Stockholm. Ett speciellt tack till dem som hjälpt mig med bedömningen av grovanalysen, Bengt Karlsson och Jan-Inge Rydh ÅF i Malmö samt Conny Håkansson ÅF i Stockholm och slutligen Pedro Gandra och Anders Holmström på Locum, Stockholm.

Sist men inte minst vill jag tacka min sambo, Kenneth Öberg, för att du alltid ställer upp för mig.



# Innehållsförteckning

<b>1 Bakgrund</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Nya Karolinska Solna (NKS)</b>	<b>3</b>
1.1.1 Vård	3
1.1.2 Samverkan mellan vård, forskning och utbildning	4
1.1.3 Vattenförsörjning	4
<b>1.2 Syfte</b>	<b>5</b>
<b>1.3 Problemformulering</b>	<b>6</b>
<b>1.4 Avgränsningar</b>	<b>6</b>
<b>1.5 Metod</b>	<b>6</b>
<b>2 Vattendistributionen</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Generellt om vattenförsörjningen i Stockholm</b>	<b>8</b>
2.1.1 Vattnets kretslopp	8
<b>2.2 Norrvatten</b>	<b>9</b>
2.2.1 Reningsprocess	9
2.2.2 Distributionssystem	11
2.2.2.1 Reservoarer	11
2.2.2.2 Driftcentral	11
2.2.2.3 Huvudledningssystem	11
<b>2.3 Generell väg från vattentäkt – sjukhus</b>	<b>12</b>
2.3.1 Reservvattentäkt	13
2.3.1.1 Anslutning av reservvattentäkt	13
<b>2.4 Reningsverkens funktion</b>	<b>14</b>
2.4.1 Avloppssystem	14
2.4.2 Käppalaverket	14
<b>3 Allmänt om riskanalys</b>	<b>16</b>
<b>3.1 Risk</b>	<b>16</b>
<b>3.2 Allmän arbetsgång för riskanalys</b>	<b>17</b>
3.2.1 Riskhanteringsprocessen	17
3.2.2 Definition av syfte och omfattning	17
3.2.3 Riskidentifiering	18
3.2.4 Bedömning av sannolikheter	19
3.2.5 Bedömning av konsekvens	20
3.2.6 Bedömning av risknivå	21
3.2.7 Riskvärdering	22
3.2.8 Riskreduktion/ kontroll	24
<b>3.3 Val av analysmetod</b>	<b>24</b>
3.3.1 Kvantitativ eller kvalitativ analys?	25
3.3.2 Riskanalysmetoder	25
3.3.3 Grovanalys	25
3.3.3.1 Metodbeskrivning	25

3.3.4 What-if .....	26
3.3.5 FMEA .....	26
3.3.6 Felträdsanalys .....	27
3.3.7 Händelseträdsanalys .....	27
<b>4 Grovanalys av inkommande vatten till NKS .....</b>	<b>28</b>
<b>4.1 Syfte och omfattning .....</b>	<b>28</b>
<b>4.2 Riskidentifiering .....</b>	<b>29</b>
4.2.1 Vattentäkt .....	29
4.2.2 Vattenpump .....	30
4.2.3 Reningsprocess .....	30
4.2.4 Huvudledningsnät .....	31
4.2.5 Reservvattentäkt .....	31
4.2.6 Larmhantering av vattenleverantör .....	32
<b>4.3 Bedömning av sannolikheter .....</b>	<b>32</b>
4.3.1 Vattentäkt .....	33
4.3.2 Vattenpump .....	33
4.3.3 Reningsprocess .....	34
4.3.4 Huvudledningsnät .....	34
4.3.5 Reservvattentäkt .....	34
4.3.6 Larmhantering av vattenleverantör .....	34
<b>4.4 Bedömning av konsekvens .....</b>	<b>35</b>
4.4.1 Vattentäkt .....	35
4.4.2 Vattenpump .....	36
4.4.3 Reningsprocess .....	36
4.4.4 Huvudledningsnät .....	36
4.4.5 Reservvattentäkt .....	36
4.4.6 Larmhantering av vattenleverantör .....	37
<b>4.5 Bedömning av risknivå .....</b>	<b>37</b>
<b>4.6 Riskvärdering och riskreduktion/ kontroll .....</b>	<b>38</b>
<b>5 Slutsats .....</b>	<b>41</b>
<b>Referenser .....</b>	<b>42</b>
<b>Bilaga 1 .....</b>	<b>46</b>
<b>Bilaga 2 .....</b>	<b>47</b>

## Inledning

Idag pratar man om att tekniken går framåt med stormsteg. Ju större den tekniska utvecklingen inom sjukvården är desto större möjligheter skapas att rädda fler liv. Dock ökar även mängden risker och dess konsekvenser. De tekniska systemen blir alltmer komplexa och man har inga eller få erfarenheter att stödja sig på. Det man får göra är att testa sig framåt, dock inte som man gjorde förr i tiden, då man lärde sig av sina misstag efter hur många människor som skadats eller omkommit, utan nu försöker man minska risken att något händer via riskanalyser, föreskrifter och direktiv. Med hjälp av en riskanalys kan man identifiera eventuella riskkällor och dess konsekvenser innan möjliga skadehändelser inträffar och på så sätt får man möjlighet att i god tid förhindra olyckor. Mer information om riskanalys kan hittas i kapitel 3 där en generell beskrivning ges. Föreskrifter som måste följas är bl.a. Boverkets byggregler (BBR) vilket är en regelsamling för byggande [4]. I denna finns utdrag ur lagar och förordningar som måste efterföljas. Exempel på hur BBR används finns i kapitel 6:62 där en beskrivning om hur tappvatteninstallationerna ska utföras. Där anges också var man kan finna regler om dricksvatten. Direktiv just för vattendistribution finns i Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten (LIVSFS 2005:10) [13].

Vad menar man då med att öka säkerheten av den tekniska försörjningen? Tanken med teknisk försörjningssäkerhet är att sjukvården ska klara av att försörja sig själva med vatten, el, värme och tele även om den yttre försörjningen är bruten. Hur går man till väga för att klara av detta? I första hand är det bra att förse sjukhusen med egna reservanordningar. Exempel på reservanordningar kan vara att sjukhuset har reservvatten med en egen grundvattentäkt på sjukhusområdet vars kapacitet täcker 70 – 100 % av normalbehovet samt klarar minst en vecka i drift. Det kan också vara reservkraft för el, som bör klara 100 % av maxeffekt, dock ej lägre än 70 %. Exempel på reservkraft kan vara ett dieselkraftverk som går på villaolja. Det kan också vara en stor UPS-enhet som består av flera laddade batterier vilka kan starta direkt då strömmen går. I andra hand kan man ha flera eller alternativa inmatningspunkter för den externa el-, vatten- och värmeförsörjningen. Med detta menar man t.ex. att man drar fram två vattenhuvudledningar oberoende av varandra, från två olika reservoarer, till sjukhuset. Redundans är också ett annat bra alternativ vilket beskrivs som ”matning från två håll”. Vid brott eller driftstörning på en försörjningsväg finns då alltid en alternativ matning.

Dessutom bör både sjukhusets tekniska försörjningssystem och reservanordningarna vara dimensionerade så att de kan försörja sjukhuset kontinuerligt under minst en veckas tid. Det är inte svårt att räkna ut att ett stort sjukhus knappast kan försörjas från tankbilar eller liknande under en

längre tid. En jämförelse mellan ett vanligt flerfamiljshus bestående av 5 personer i varje lägenhet (30 st) och ett stort sjukhus, t.ex. NKS, med ett patientflöde på 1 600 per dag kan ses i bilaga 1, med avseende på vattenanvändning av bland annat: livsmedel för dryck och matlagning, personlig hygien, rengöringsmedel vid disk, tvätt och städning, toalettpolning och produktion av varmvatten.

I bilaga 1 kan man se att vattenflödet för ett sjukhus (med mitt grova antagande) är ca 200 % större än ett flerfamiljshus. Flerfamiljshuset hade ett summerat flöde på 30 l/s medan sjukhuset låg på runt 600 l/s och då var inte operationssalar, kök, omklädningsrum, städ, förråd och offentliga toaletter medräknade. Därtill ska nämnas att man har fler vattenanvändningsområden på sjukhus som ej är med i jämförelsen. Dessa kan vara diskmaskiner för sjukhusmaterial (autoklav), lösnings- och sköljmedel av laboratorier, terapibehandling i bad och bassänger samt brandbekämpning, spolning och bevattning.

Utifrån texten ovan kan man se att de tekniska systemen i sjukhus har blivit mer moderna och kan därför också vara mer känsliga än förr. Vattendistributionen till sjukhus är viktig då vården förlitar sig på att vatten finns tillgängligt. Ett långvarigt avbrott i vattenleveransen skulle vara förödande.

Ett nytt sjukhus ska byggas i Karolinska området i Solna, Stockholm – Nya Karolinska Solna (NKS). Att börja med vattenkällan och studera hur vattenförsörjningen ser ut är en bra start. Då kan man börja med att göra en grovanalys av inkommande vatten till sjukhuset.

# 1 Bakgrund

## 1.1 Nya Karolinska Solna (NKS)

Den medicinska och medicintekniska utvecklingen går bestämt framåt idag. Gamla sjukdomar ersätts med nya och forskningen möter nya hinder varje dag. I slutet av 2001 beslutade Stockholms läns landsting sig för att tillsätta en Universitetssjukhusutredning, SNUS (Stockholms Nya Universitets Sjukhus) vars uppdrag var att undersöka möjligheterna till ett nytt universitetssjukhus. Man fann att ett nytt universitetssjukhus skulle lokaliseras till Karolinskas sjukhusområde i Solna. Detta nya universitetssjukhus skulle inte vara vilket sjukhus som helst utan detta skulle vara ett specialistsjukhus som bedriver specialistvård tillsammans med en omfattande forskning och utbildning av högst kvalitet [22].



Figur 1. En illustration av Nya Karolinska Solna. Ett torg planeras framför sjukhuset och dess huvudentré med anslutande uppgångar från tunnelbanan. Konceptbeskrivning White arkitekter. [23]

Nya Karolinska Solna (NKS), som det nya universitetssjukhuset ska heta, byggs bokstavligen ihop med delar av Karolinska Institutet. I anknytning till sjukhuset byggs även ett hotell/ patienthotell liksom en ny tunnelbanelinje och en ny pendeltågsstation för att göra kollektivresandet enklare. Planerad byggstart av sjukhuset är 2008 och start av vårdverksamheten beräknas till 2015.

### 1.1.1 Vård

Högspecialiserad och specialiserad sjukvård samt barnsjukvård ska bedrivas på sjukhuset. Akuten, den öppna och slutna vården samt de publika och professionella zonerna ska ligga åtskilda. Dagvård och öppenvård kommer att svara för ca 50 % av sjukhusets vårdaktiviteter. Det beräknas att följande platser finns:

- 100 dagvårdplatser – för patienter som genomgår undersökningar och behandlingar/operationer vilka ej behöver stanna över natten

- 100 vårdplatser vid patienthotellet – för patienter som genomgår upprepanade behandlingar och undersökningar men som ej kräver medicinsk övervakning och vård
- 600 slutenvårdplatser (enbäddsrum) varav 125 är intensivvårdplatser

Patientflödet beräknas till 1 600 besök per dag, varav ca 175 är akuta. Därtill räknar man med 6 000 medarbetare och ett 1 000-tal forskare och studenter som samverkar tillsammans.

### 1.1.2 Samverkan mellan vård, forskning och utbildning

Tanken med forskningsavdelningen är att den forskning som idag utförs på bl.a. Karolinska Institutets område samt på Kungliga Tekniska högskolan (KTH) ska kunna utföras i de nya forskningslokalerna på NKS för ett närmare samarbete mellan forskning, utbildning och vård.

Genom arkitektur och planlösning försöker man skapa ett nära samband mellan vårdlokaler, laboratorier, forsknings- och utbildningslokaler. Ett parkliknande grönt stråk – Akademiska stråket – delar upp byggnaden med en nordlig del bestående av de akademiska delarna såsom laboratorier och forskningsmiljöer samt den södra delen med dess mottagningar, vård- och operationsavdelningar. Tanken är att eftersträva en miljö som är attraktiv och kreativ för vårdpersonal, forskare och studenter och med detta hjälpa till att främja utvecklingen [24].



Figur 2. En illustration av Nya Karolinska Solna – det akademiska stråket. Tanken är ett samlat grönt rum med gång, cykeltrafik, vattenmotiv samt vistelsezoner. Konceptbeskrivning White arkitekter. [23]

### 1.1.3 Vattenförsörjning

Tänk dig att du kommer till sjukhuset för snabb och effektiv vård. Du får vatten att dricka men vattnet är förorenat vilket resulterar i att du blir mer sjuk eftersom ditt immunförsvar redan är nedsatt. Tanken när man kommer till ett sjukhus är att man ska gå därifrån frisk och inte ännu mer sjuk. Ett annat exempel är om det börjar brinna i lokalerna, visst där finns brandsläckare men om inte detta räcker och brandkåren kommer men vattenförsörjningen är avbruten, vart ska man få allt vatten från? En annan aspekt är att på sjukhuset finns svårutrymda människor. Av dessa orsaker är vattenförsörjningen en mycket viktig del i all vård som ska ges på NKS. Tanken att lokalerna kommer att befolkas med nästan 9 000 personer på en dag, är hisnande.

Med dagens alla stormar har elförsörjningen studerats noggrant och de flesta sjukhus har idag en ordentlig och säker reservkraft installerad ifall elavbrott skulle ske. Kraftiga stormar kan ofta vara orsaken till att elavbrott sker eftersom träd faller på elledningar vilka förstörs. Landstinget har satsat mycket på reservkraft men varför är intresset inte lika stort för att studera vattenavbrott? Flera gånger om året händer vattenrelaterade driftstörningar på sjukhus:

Ett exempel är ett sjukhus som levde under hot om vattenbrist i flera veckor sedan kommunen fått problem med en vattenläcka. Sjukhuset har inget reservsystem för vatten utan är helt beroende av att kommunen kan leverera det vatten som krävs för att vården ska fungera [33].

Ett annat exempel är ett sjukhus i Stockholm där vattenleveransen uteblev. Anledningen till detta var att trycksättningspumpar i vattentornet hade slutat fungera, vilket innebar att vatten inte kunde pumpas ut i ledningsnätet. Ett larm går 24 timmar innan trycket lägger av helt men detta larm hade förbigåtts vilket resulterade att man helt plötsligt stod utan tryck och vatten. Det fanns två reservvattenbrunnar som ej var i drift på grund av att kapaciteten inte räcker till för att försörja ens halva sjukhuset [7].

Klimathotet är något som i synnerhet påverkar vattenförsörjningen. Statens geotekniska institut (SGI) har presenterat tre tekniska rapporter vilka påpekar att riskerna för naturolyckor ökar och följderna av dessa blir skadliga samhällsstörningar om inte samhället får upp ögonen och anpassar vattendistributionen efter kommande klimat [2]. Klimatförändringarna ger mildare vintrar och på så sätt en ökad nederbörd vilket resulterar i algblomning. Mälaren står för merparten av vattenförsörjningen i Stockholm och skulle denna slås ut helt på grund av t.ex. algblomning eller att en tankbåt går på grund, blir konsekvenserna stora för Stockholms invånare. Ett skräckscenariö är att vattennivåerna i Östersjön stiger vilket kan medföra att saltvatten förorenar Mälaren som ytvattentäkt [25].

## 1.2 Syfte

Uppsatsens syfte är att på ett enkelt sätt med några tydliga exempel visa hur viktigt det är att försöka eftersträva nolltolerans i avbrott i vattensystem till sjukhus. Förhoppningsvis kan denna uppsats skapa ett större intresse hos allmänheten och poängtera att bl.a. vårt ändrade klimat påverkar miljön och på så sätt även vattenförsörjning. Att vattenförsörjningen är en mycket viktig del

för sjukhus och att ha ett inkopplat reservvattensystem borde vara ett måste. Genom att utföra en riskanalys i form av en grovanalys av inkommande vatten till NKS kommer uppsatsen att ge en översiktlig bild av de eventuella risker som kan uppstå från vattentäkt till sjukhus och på detta sätt börja arbetet med hur man ska kunna undvika dessa driftsstörningar i framtiden. Arbetet är också en förberedande analys till en, i ett senare skede, mer djupgående och detaljrik riskanalys.

Uppsatsen syftar till att utreda riskerna med att vattnet uteblir eller transporteras förorenat till sjukhus. Detta ska göras med avseende på vattentäkt, vattenverk, rörledningsnät och reservvatten.

### **1.3 Problemformulering**

Varför är det viktigt att studera vattenförsörjning till sjukhus? Hur påverkar vårt klimat vattenkvaliteten? Hur gör man när vattentillförseln avbryts? Varför krävs det en reservanordning och vad är det? De flesta sjukhus är helt beroende av den kommunala vattenförsörjningen och om denna mot förmodan skulle bli förorenad, få en läcka eller helt enkelt inte kan distribuera vatten till sjukhuset måste man se till att vatten kan tas från något annat ställe, t.ex. en reservvattentäkt. För att visa på arbetets relevans kan det nämnas att det är endast två av ett 80-tal akutsjukhus i Sverige som är väl förberedda för en vattenbrist [33].

### **1.4 Avgränsningar**

Olika tekniska system oftast är beroende av varandra och vattensystemen är i allra högsta grad beroende av el. Då riskanalyser lätt kan urarta till oöverskådligt stora arbeten kommer endast inkommande vatten studeras. Elens inverkan kommer att kommenteras men ingen fördjupning sker i det ämnesområdet.

Vattnets kretslopp är beroende av att vattentäkten fylls på med vatten kontinuerligt, detta sker bl.a. genom nederbörd men också via reningsverken vilka släpper ut renat avloppsvatten. Reningsverkets och avloppsvattnets effekter kommer att nämnas men ingen noggrann utredning görs.

Sabotage av sjukhusets vattenförsörjning är något som inte alls beaktas i denna rapport.

### **1.5 Metod**

Detta arbete kommer att beskriva de risker som kan förekomma på sjukhus med avseende på driftsstörningar och föroreningar av inkommande vatten.



Arbetet kommer att beakta följande frågeställningar; Vad kan konsekvenserna bli om vattenförsörjningen stryps? Varför är ett reservvattensystem viktigt? Hur kan man säkerställa vattenleveransen till NKS? Dessa frågor besvaras genom intervjuer och ifyllda enkäter från 4 st VVS-konsulter, 1 st driftledare och 1 st teknikförvaltare där deras svar tillsammans med min egen bedömning sammanställs i form av en grovanalys. Även en genomgång av begreppet riskanalys görs.

## 2 Vattendistributionen

Hur ser vattentransporten ut? Alla vet att man får vatten ur kranen om man vrider om kranen men hur kommer vattnet fram dit? I detta kapitel kommer en beskrivning om hur Norrvatten, som är vattenleverantör till Karolinska området idag och det i framtiden Nya Karolinska Solna, renar ytvatten och sedan distribuerar dricksvatten ut i samhället.

### 2.1 Generellt om vattenförsörjningen i Stockholm

Stockholms län är stort, så stort att mer än en femtedel av landets befolkning bor i länet, dvs. av Sveriges 9 196 227<sup>1</sup> invånare bor ca 1 949 516<sup>2</sup> invånare i Stockholms län.

#### 2.1.1 Vattnets kretslopp

När det gäller produktion av dricksvatten brukar man föredra vattentäkter av grundvatten framför ytvatten. Detta för att grundvattnet har en jämnare och bättre vattenkvalitet än ytvatten. Ytvattnet kräver längre bearbetning då en lång reningsprocess kan bli nödvändig beroende på vattnets ursprungs-kvalitet. Vad är då skillnaden mellan grund- och ytvatten och hur bildas dessa?

Alla vattentäkter har ett tillrinningsområde, där vatten flödar mot vattentäkten som grund- eller ytvatten. Båda är en del av vattnets kretslopp. Vatten står i en ständig rörelse med hjälp av solen. Avdunstning av vattnet sker genom att solen värmer hav och mark. Vattenångorna stiger uppåt och när de kyls ner i atmosfären bildas moln som slutligen blir mättade och detta resulterar i regn. Här kommer vi fram till ytvattnet, där en del av regnet samlas i sjöar och vattendrag. En annan del tränger ner i marken och tas upp av vegetationen som sedan avger vattenånga tillbaka i atmosfären igen, via klyvöppning<sup>3</sup>. Den sista delen regn tränger ner i marken och bildar grundvatten, t.ex. genom att vatten magasineras i sprickor i berghällen [30].

Tyvärr är tillgången på grundvatten begränsad i stora delar av Sverige och Stockholms län är ett av de län där vattenförsörjningen till största del baseras på ytvatten. Detta sker genom tre stora vattenverk i Mälaren:

- **Stockholm Vattens** två vattenverk, Norsborgsverket och Lovö vattenverk
- **Norrvattens** Görvälnverket

---

<sup>1</sup> Enligt statistiska centralbyrån, SCB, Sveriges folkmängd den 31 mars 2008. [26]

<sup>2</sup> Enligt statistiska centralbyrån, SCB, Stockholm läns folkmängd den 31 december 2007. [27]

<sup>3</sup> Då klyvöppningar är öppna tar bladet upp koldioxid och avger samtidigt vatten och syrgas. Det är så växten andas. [3]

Ca 90 % av länets befolkning, dvs. ungefär 1,7 miljoner, försörjs med dricksvatten från Mälaren medan resterande får sitt dricksvatten genom lokala vattenverk eller egna brunnar [16].

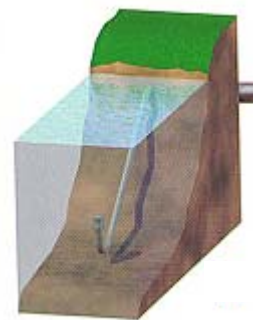
## 2.2 Norrvatten

Norrvatten försörjer de nordliga kommunerna i Stockholms län, vilket resulterar i ca 500 000 personer i 13 kommuner, bl.a. Solna kommun där NKS ska byggas. Görvålverket ligger vid Görvål i Järfälla kommun där råvattnet tas från Görvålsfjärden. Mälarens vattenkvalitet håller relativt hög standard men är mycket sårbar. Närsalter<sup>4</sup> från främst åkermark och enskilda avlopp läcker ut i Mälaren vilket resulterar i kraftig algblooming som i sin tur avsevärt stör reningsprocessen. Tyvärr är inte detta det enda hotet utan föroreningar från båttrafik, industrier, dagvattenutsläpp är även de ett hot mot vattenkvaliteten [16].

### 2.2.1 Reningsprocess

Råvatten kallas det vatten som tas från ytvatten eller grundvatten, dvs. det vatten som tas direkt från källan utan att ha renats. Norrvatten tar sitt råvatten från Görvålsfjärden i Mälaren. Vattenverket har tre ledningar med intagsdjup på både 4m och 22m, se figur 3. Detta bidrar till ökad driftsäkerhet då råvattnet kan tas från det vattenskiakt som har den bästa kvaliteten vad avser temperatur och sammansättning.

Innan råvattnet rinner vidare till en pumpstation silas råvattnet i en stor mikrosil för att rensa bort fisk och större föremål som löv och vattenväxter. Råvattenpumparna i pumpstationen ser till att rätt mängd vatten pumpas vidare till reningsprocessen, se figur 4. Nu leds vattnet in i verket genom en blandningsränna och aluminiumsulfat tillsätts. Aluminiumsulfatet klumpar ihop föroreningarna vilka sjunker till botten, dvs. sedimenteras. Aluminiumsulfatet är en kemikalie som rensar bort lerpartiklar, organiska växtrester och bakterier. Vattnet ska efter sedimenteringen genom ett sandfilter som rensar bort de sista flockarna av föroreningar.



Figur 3. Exempel på råvattenintag. Ledning tar vatten från ett visst djup. [21]



Figur 4. Pumpstationen består av råvattenpumpar. [21]

<sup>4</sup> Närsalter är ämnen som växter behöver för att genomföra sin livscykel. De viktigaste är fosfor och kväve, som växter måste ta upp från omgivningen i form av lösa salter. [15]

Härefter leds vattnet till en reservoar och även om vattnet är färglöst och känns klart måste det rinna genom ännu ett filter, ett kolfilter, för att få bort lukt- och smakstörande ämnen. Vattnet fortsätter sin väg till fyra stycken UV-reaktorer som med hjälp av ultraviolett ljus kan desinfektera vattnet, dvs. renar vattnet från smittämnen.

Kalk tillsätts för att pH-justera det sura vattnet samt en mycket låg dos monokloramin<sup>5</sup> för att förhindra bakterietillväxt i ledningsnätet. Slutligen leds det färdiga dricksvattnet till lågreservoarer för att därifrån pumpas ut till användarna, se figur 5 till höger [21].



Figur 5. Pumpstationen består av renvattenpumpar. [21]

Hela den här processen kontrolleras noggrant av ett modernt, välutrustat och ackrediterat laboratorium. De följer de lagstadgade egenkontroller av dricksvattnets kvalitet enligt livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten (LIVSFS 2005:10). I kapitlet egenkontrollprogram och undersökning föreskrivs följande paragrafer [13]:

*10 § säger att den som producerar dricksvatten, oavsett om detta sker yrkesmässigt eller inte, ska upprätta förslag till egenkontrollprogram.*

*12 § ska den som upprättar förslag till egenkontrollprogram utföra regelbundna undersökningar för att kontrollera att det dricksvatten som är tillgängligt för användarna uppfyller de kvalitetskrav som livsmedelverket föreskriver i bilaga 2.*

*13 § säger att de undersökningar enligt 12 § ska utföras på ett laboratorium som enligt 50 § är ackrediterat för sådana undersökningar och analysmetoder som livsmedelsförordningen kräver.*

*14 § säger att vid bedömning av resultat från en undersökning av dricksvattenprov ska provet bedömas som tjänligt, tjänligt med anmärkning eller otjänligt.*

Med hänsyn till detta tas kontinuerliga prover på råvattnet och vid de olika stegen i reningsprocessen samt på kranvattnet hos konsumenterna. För att klara av detta är Görnälverket bemannat dygnet runt av kvalificerad driftpersonal. Med hjälp av analys- och processövervakningsinstrument kan man kontrollera att dricksvattnet ligger inom de fastställda gränserna och på så sätt producera en jämn och hög kvalitet [20].

---

<sup>5</sup> En mild form av klor.

## 2.2.2 Distributionssystem

Norrvattens distributionssystem består av låg- och högreservoarer, tryckstegningspumpar, rörnät och huvudledningar. Det är kommunens VA-verksamhet som får ansvaret efter huvudledningsnätet. Detta betyder att kommunen har det slutliga ansvaret för att de lokala vattenledningsnäten till fastighetsägare, abonnent och konsument fungerar.

### 2.2.2.1 Reservoarer

Reservoarer innehåller en viss vattenvolym. Dessa reservoarer har som uppgift att klara dygnets toppförbrukningar vilket oftast sker på morgonen och kvällen. Med toppförbrukning menar man då flest människor använder sina vattenkranar; matlagning, dusch, tvättmaskin, diskmaskin mm. På flera ställen i Sverige kan man se ståtliga och mindre ståtliga vattentorn (högreservoar) vilka ska klara toppförbrukningen men som också ska vara reserv för brandsläckning och vattenläckor.

### 2.2.2.2 Driftcentral

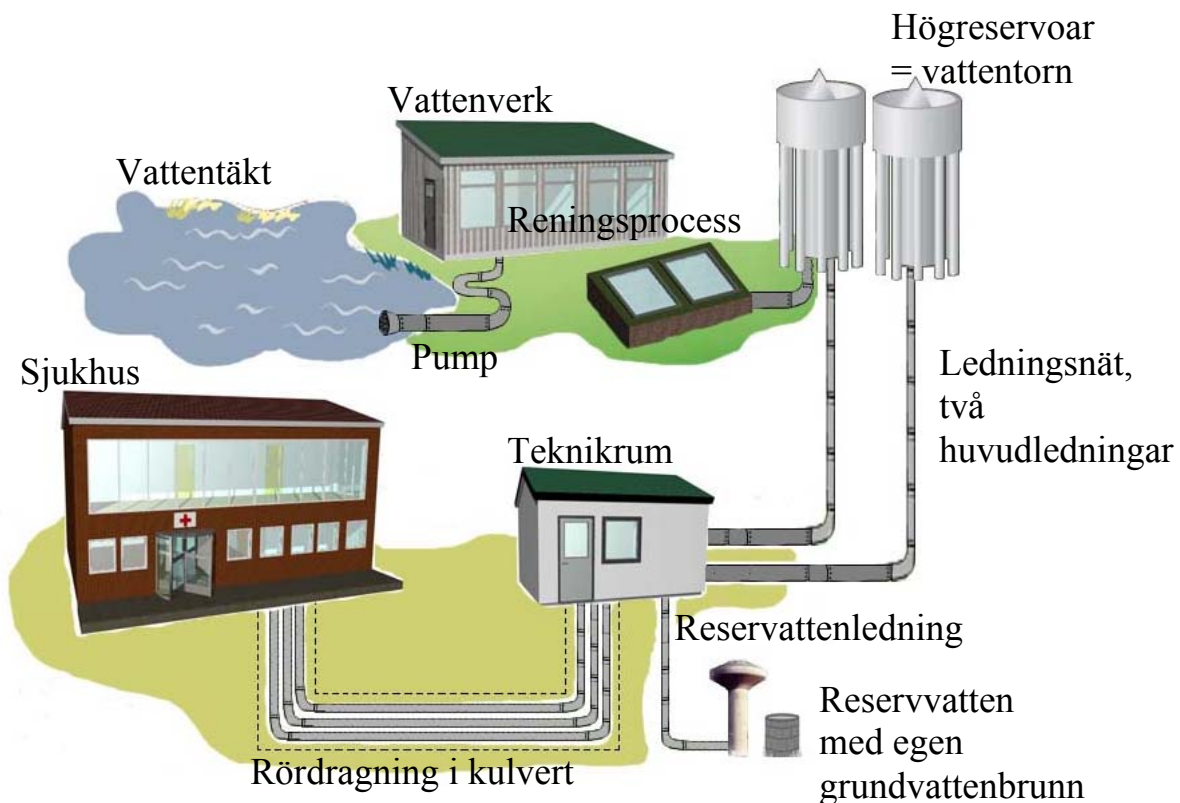
För att hålla reda på att reservoarer och övriga distributionsnätet fungerar som de ska har driftpersonalen ett datorbaserat styr- och övervakningssystem där reservoarnivåer, tryck och larmsignaler visas. Driftcentralen är bemannad dygnet runt och hanterar bl.a. start och stopp av pumpar i huvudledningssystemet.

### 2.2.2.3 Huvudledningssystem

Huvudledningssystemet består till största del av stål- och betongrör. Systemet rundmatas, dvs. matas runt i en slinga, för att säkerställa kontinuerlig drift. De flesta förbrukningsområden får även vatten från mer än en huvudledning för att säkerställa vattenleveransen. Ledningarna i sig delas upp i sektioner genom avstängningsventiler, vilket innebär att endast en begränsad sträcka behöver tas ur drift vid skada.

Det är driftpersonalen som sköter drift, underhåll och tillsyn av ledningarna och det är de som lagar läckagen. Eftersom abonnenten endast betalar för vatten som verkligen levereras till dem och inte vad som skickas från vattenverket gör man kontinuerliga läcksökningar. Denna mätning av vattenförbrukning görs i vattenmätare som installerats i varje fastighet [19].

## 2.3 Generell väg från vattentäkt – sjukhus



Figur 6. Vattnets väg från vattentäkt, vattenverk, reservoar ut i ledningsnät till sjukhusets teknikrum.

Som beskrivits i förgående kapitel tas råvatten från en vattentäkt, i detta fall Mälaren. Se figur 6 och följ vattnets väg runt. Råvattnet pumpas i sin tur in i vattenverket där det renas till dricksvatten. Därefter fylls reservoarer med vatten som i sin tur ska leverera vatten ut i ledningsnätet. Det är rekommenderat att två huvudledningar leds fram till sjukhus. Med detta menar man att två huvudledningar oberoende av varandra dras in i teknikrummet, dvs. två huvudledningar från två olika reservoarer. Väl inne i teknikrummet omvandlas vattnet på olika sätt, t.ex. varmvatten i varmvattenberedare. Om vattenleverans skulle falla är det nödvändigt för ett akutsjukhus att ha tillgång till reservvatten. Detta reservvatten kan bestå av en egen borrarbrunn med grundvatten samt en mindre reservoar. Från reservoaren går en separat vattenledning med reservvatten in till teknikrummet, som ska kunna användas i nödfall. Slutligen dras ofta rör i kulvert<sup>6</sup> in till sjukhusets undercentral i källaren. Det är från undercentralen rör dras fram till olika tappställen.

<sup>6</sup> Kulvert kan vara en underjordisk gång, t.ex. under väg. [17]

### 2.3.1 Reservvattentäkt

Om den kommunala vattenförsörjningen slås ut har ett sjukhus en viss begränsad tid på sig att koppla in reservvatten. Detta kan röra sig från några timmar upp till ett halvt dygn [28]. Vill man ha en uthållig dricksvattenförsörjning på sjukhus är tillgången till en reservvattentäkt av avgörande betydelse. Dock ställer inte livsmedelslagstiftningen något krav på att en producent ska anordna alternativ dricksvattenförsörjning, dvs. en reservvattentäkt [31].

Vad är en reservvattentäkt? En reservvattentäkt kan anordnas antingen som grund- eller ytvattentäkt beroende på lokala förhållanden. Det kan vara en egen borrhälsbrunn som tar grundvatten, eller ytvatten från en sjö eller ett vattendrag i närheten.

#### 2.3.1.1 Anslutning av reservvattentäkt

Att koppla in en reservvattentäkt innebär att ett nytt egenkontrollprogram ska utföras, dvs. samma gäller som kap 2.2.1 beskriver enligt Livsmedelverkets föreskrifter om dricksvatten [31].

För vattenverk som:

- Producerar  $10\text{m}^3/\text{dygn}$  eller mer
- Försörjer fler än 50 personer (eller anläggningar som tillhandahålls eller används som en del av en kommersiell eller offentlig verksamhet)

gäller Livsmedelsverket föreskrifter om dricksvatten, 2 § (LIVSFS 2005:19). Detta innebär för reservvattensystem del att kvalitetskraven i dricksvattenföreskrifterna enligt 7 § och 8 § ska vara uppfyllda när reservvattnet tas i bruk vid ett sjukhus [13].

Uppgifter visar att ett 80-tal akutsjukhus skulle kunna koppla in ett eget reservvattensystem men tyvärr är det endast ett fåtal sjukhus som gjort det. Problemet ligger oftast i att det saknas både rutiner för hur provtagning av reservvatten ska ske samt rutiner för in- och urkoppling av reservvattnet.

Endast ca 30 % av sjukhusen idag (2008) har en grundvattentäkt för reservvatten som täcker mer än 70 % av normala vattenförbrukningen. Flertalet av dessa är dock inte inkopplade för en fungerande reservvattendrift [34].

Praktikfall för sjukhusanläggningar som har ett fungerande reservvattensystem är t.ex. lasarettet i Eksjö vilket har tre grundvattentäkter sammankopplade inom sjukhusområdet. Dessa klarar ca 85 % av sjukhusets normala

förbrukning. Ett annat exempel är lasarettet i Karlskrona som anlade en ny separat ledning från en kommunal grundvattentäkt. Denna klarar 100 % av sjukhusets normala förbrukning [34].

## **2.4 Reningsverkens funktion**

Reningsverk är ett måste för naturens egna kretslopp. Renat avloppsvatten släpps ut i havet efter reningsprocessen och ger på så sätt tillbaka det vatten vattenverken pumpat upp för tillverkning av dricksvatten. Vattnet kring Stockholm är av mycket bra kvalitet. Jämfört med storstäder i övriga delar av världen är det unikt, att det t.ex. är möjligt att bada så gott som överallt runt Stockholm och att fisk kan fångas både mitt i storstan och i skärgården. Det beror dock bl.a. på vad den enskilde individen bestämmer sig för att spola ner i toaletten [12].

### **2.4.1 Avloppssystem**

Ett avloppssystem består av rörnät, pumpstationer, reningsverk och utloppsledning till havet. Det som vanligen räknas som avloppsvatten är spillvatten, det vi spolar ut från hushåll och företag, grundvatten, som består av dräneringsvatten, och dagvatten vilket är regn- och smältvatten. Problemet med rening av dessa är t.ex. att miljöfarliga ämnen i lösningsmedel hålls ut i köksavlopp och att regn- och smältvatten kan vara förorenade. Detta påverkar reningsprocessen eftersom mängden föroreningar i avloppsvattnet kan variera avsevärt samt att man inte kan rena bort alla kemiska föroreningar. Avloppsvattnet innehåller även näringsämnen kväve och fosfor vilka kan orsaka övergödning om man inte kan rena bort dem tillräckligt [29].

Själva spillvattennätet utgörs av rör från de abonnenter som är anslutna och leds med självfall i ett ca 60 km långt tunnelsystem till pumpstationer för vidare transport till Käppalaverket i Lidingö [10].

### **2.4.2 Käppalaverket**

När väl avloppsvattnet har kommit till reningsverket Käppala, vilket bland annat tar hand om Solna kommuns avloppsvatten, ska vattnet renas genom flera steg innan det slutligen släpps ut i Saltsjön mellan Lidingö och Nacka. Denna reningsprocess påminner om den reningsprocess man gör i Norrvatten för att framställa dricksvatten. Stegen består av en mekanisk-, biologisk- och kemisk rening samt filtrering. Den mekaniska reningen går ut på att avloppsvattnet först passerar ett galler för att sila bort större föremål och partiklar. Därefter renas vattnet biologiskt genom att mikroorganismer i vattnet sakta bryter ner organiska föreningar såsom smuts och avföring men även näringsämnen kväve och fosfor. Slutligen sker den kemiska reningen



där järnsulfat tillsätts i vattnet för att få den överblivna fosfor från den biologiska reningen att flocka sig och sjunka till botten. Vattnet filtreras genom en sandbädd så att kvarstående partiklar fastnar för att sedan ledas ut i havet. Det reade vattnet är inte drickbart men tillräckligt rent för att det ska kunna gå tillbaka till kretsloppet i naturen [11].

December 1993 gavs förbundet Käppala tillstånd av koncessionsnämnden för miljöskydd, enligt miljöbalkens bestämmelser, till utsläpp av avloppsvatten från tätorter [11]. Eftersom verket skulle utvidgas och omhänderta flera kommuners avloppsvatten behövde de ansöka om nya tillstånd för att klara reningskraven. Miljöbalken säger i 9 kap, Miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd, följande [18]:

*1 § med miljöfarlig verksamhet avses utsläpp av avloppsvatten i mark, vattenområden eller grundvatten.*

*2 § med avloppsvatten avses spillvatten eller annan flytande orenlighet.*

*7 § avloppsvatten ska avledas och renas eller tas om hand på något annat sätt så att olägenhet för människors hälsa eller miljön inte uppkommer. För detta ändamål ska lämpliga avloppsanordningar eller andra inrättningar utföras.*

Käppalaverket renar vatten dygnet runt, året om för motsvarande ca 500 000 personer. Verket är bemannat dagtid under vardagar. Den övriga tiden bevakas verket av automatiskt larm. Vid larm underrättas jourhavande maskinist som kan åtgärda larmet via Internet eller vid behov på plats vid verket [10].

### 3 Allmänt om riskanalys

Varför gör man riskanalyser? Den viktigaste funktionen som riskanalyser har är att identifiera eventuella riskkällor och dess konsekvenser innan möjliga skadehändelser inträffar. Man ska dock inte i första hand se riskanalysen som en användbar handling för att ge tillförlitliga svar på frågor om lokalisering eller skyddsåtgärder. Denna är till för att användas som hjälpmedlen för att ta fram underlag för de beslut som rör hanteringen av de risker som är förknippade med den givna verksamheten. På detta sätt får man möjlighet att i god tid sätta in nödvändiga åtgärder för att förhindra olyckor [5].

#### 3.1 Risk

Vad är en risk? Definitionen av en risk är kombinationen av en slumpmässig händelse med negativa konsekvenser för människors hälsa, liv eller miljö samt sannolikheten för denna händelse. Med enklare ord kan man säga att en risk innebär en skadlig händelse som kan komma att inträffa, men inte säkert gör det [6]. Rent tekniskt kan en risk svara på tre frågor [1]:

- Vad kan hända (vilka scenarion kan uppstå)?
- Hur troligt är det att det händer (sannolikheten)?
- Vilka är konsekvenserna av händelsen och hur värderar man dessa?

Storleken på risken är bunden av hur troligt det är att händelsen sker samt konsekvenserna av att den inträffar. Många gånger är den upplevda risken större än den faktiska risken då händelsen skapar stora konsekvenser. Som ett exempel är rädslan för olycka vid bilkörning i hög grad mindre än den rädsla som upplevs vid flygning. Ändå vet vi att det är en mycket mindre sannolikhet att omkomma i en flygolycka.

Konsekvensen i sin tur kan innebära t.ex. personskada, miljöutsläpp, driftstörningar och kvalitetsproblem.

Risken kan även skattas grovt utifrån våra erfarenheter eller genom att beräkna den med någon metod [36]. Ett exempel på metod är empirisk skattning som nämns i kap 3.2.4. Risken kan här ges ett numeriskt värde och uttryckas t.ex. som sannolikheten att dö i förtid, som antalet förlorade människoliv per år eller som förlorat kapital [17].



Figur 7. En illustration av ordet risk. [9]

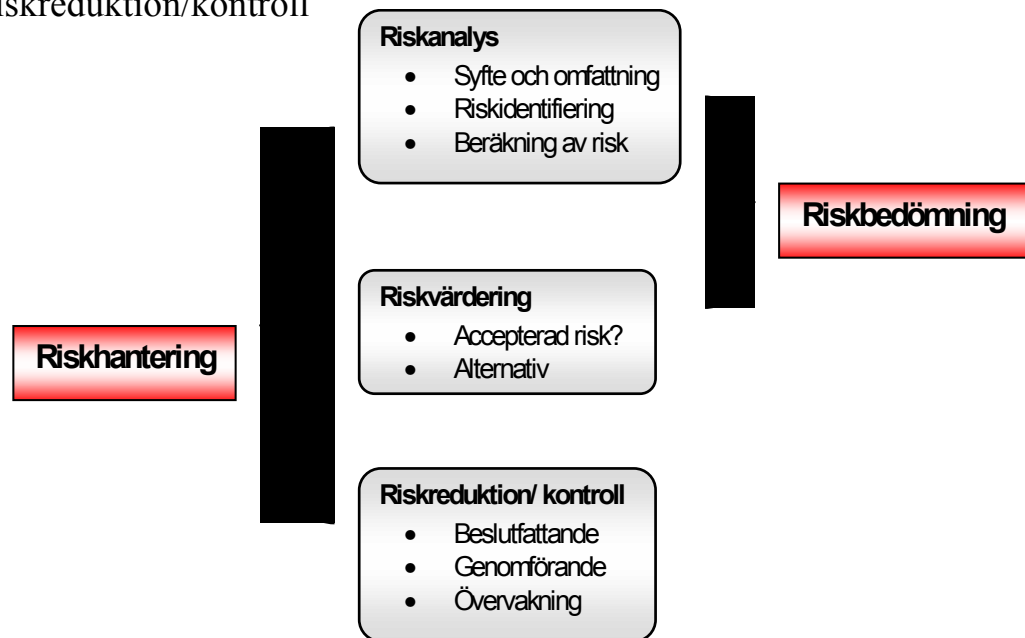
## 3.2 Allmän arbetsgång för riskanalys

### 3.2.1 Riskhanteringsprocessen

Riskhantering avser processen från det att risker och riskkällor identifierats fram till dess att de beslut som fattas om eventuella åtgärder har genomförts och följts upp. Riskbedömning innebär att riskanalys och riskvärdering tillsammans utgör en bedömning av riskerna, dvs. identifiering av möjliga skadehändelser, uppskattning av risken och en värdering om risken kan accepteras eller ej [8].

I figur 8 nedan kan man se att riskhanteringen delats in i tre steg:

- Riskanalys
- Riskvärdering
- Riskreduktion/kontroll



Figur 8. Riskhanteringsprocessen. [8]

*I följande kapitel beskrivs viktiga begrepp och för att ge exempel på varje begrepp och för att visa på begreppens tillämpningar kommer en händelse beskrivas. Denna händelse är olika risker med att en autoklav inte kan fungera. En autoklav är en diskmaskinliknande maskin som med hjälp av ånga steriliserar medicintekniska produkter inom sjukvården.*

### 3.2.2 Definition av syfte och omfattning

Syftet med riskanalyser är att klargöra var och hur olyckor, mindre olyckshändelser och störningar kan inträffa. Hur ofta de kan tänkas inträffa och vad konsekvenserna kan bli. För att analysen ska bli relevant är det viktigt

att formulera tydliga mål samt att ange vad syftet med analysen är och dess omfattning. Målen kan beskrivas enligt följande:

- ✦ Syfte med arbetet
  - *Vad ska arbetet leda fram till?*
  - *Vilka beslut ska arbetet ligga till grund för?*
- ✦ Erforderlig detaljeringsgrad
- ✦ Avgränsningar med t.ex. avseende på:
  - *Fysiska gränser och gränssnitt gentemot användare och anslutande system*
  - *Vilka risker som ska beaktas (person, miljö, ekonomi)*
  - *Tidsgränser – Vilken tidshorisont arbetar vi med?*
  - *Vilka faser av verksamhetens livstid ska beaktas (byggnation, drift, avställning)?*

Man ska även i ett tidigt skede fundera över vilka kriterier man ska ha för värdering av risken [5].

*Exempel autoklav: Syftet är att studera vilka risker och vad dess konsekvenser blir om vattenförsörjning avbryts. På grund av förväntade små konsekvenser beslutas detaljeringsgraden till mycket grov. Avgränsningarna bestämmer att inte fördjupa sig i vad som händer om elavbrott sker, endast beakta risken ur ekonomisk synvinkel samt att verksamheten studeras när den är i drift. Detta har bestämts genom ovan punkter från kapitel 3.2.2.*

### 3.2.3 Riskidentifiering

Utifrån de mål man formulerat kan man påbörja en identifiering av riskkällor och dess uppkomst. Utgångspunkter för identifieringen kan bl.a. vara ritningar, beskrivningar och instruktioner eller egna och andras erfarenheter. Se figur 9 nedan för några olika typer av händelser som ska och bör identifieras [5].

Typer av händelser som **ska** identifieras

1. Händelser som har inträffat inom egen eller annan verksamhet
2. Uppenbara händelser med tanke på verksamhetens karaktär
3. Händelser som kan härledas utgående från punkt 1 och 2 ovan
4. Enkla kombinationer av separata händelser

Typer av händelser som **bör** identifieras

5. Komplexa kombinationer av händelser som tidigare ej inträffat
6. Identifierade händelser som förhindras av system, operationella rutiner eller underhåll
7. Potentiella händelser, identifieras genom systematiskt ifrågasättande av systemets användning och funktionskrav

Figur 9. Några olika typer av olyckshändelser som ska och bör identifieras. [5]

*Exempel autoklav: Autoklav är som en typ av diskmaskin vilken desinfekterar medicinteknisk utrustning. För att denna ska fungera behövs en vattenanslutning med en genomsnittlig förbrukning på ca 50 liter kranvatten. Utifrån punkt 2 i figur 9, finns risken att följande inträffar med tanke på verksamhetens karaktär; att vattenleverans uteblir vilket resulterar i att maskinen ej fungerar vilket leder till i att sjukhusutrustning ej blir steriliserad. Om detta tidigare hänt i verksamheten kan man även relatera punkt 1 till denna händelse.*

### 3.2.4 Bedömning av sannolikheter

Till följd av riskidentifieringen måste man ställa sig frågan hur ofta händelsen kan tänkas inträffa, dvs. sannolikheten för att det händer? Det finns några olika huvudprinciper man utgår ifrån för att beräkna eller uppskatta sannolikheten. Dessa är empiriska skattningar, logiska system och expertbedömningar [5].

#### **Empirisk skattning**

Detta är den mest exakta metoden för skattning eftersom sannolikheten direkt bedöms från tidigare inträffade händelser. Detta förutsätter att färdig olycksstatistik eller omfattande observationsmaterial finns att tillgå. Exempelvis kan man genom ett linjärt samband räkna fram att 10 cigaretter om dagen ökar sannolikheten att få lungcancer med en faktor 25, 20 cigaretter om dagen med en faktor 50 [17].

#### **Logiska system**

Här kartlägger man de orsaker som tillsammans eller var för sig kan leda till händelsen. Genom att sedan uppskatta sannolikheten för varje delhändelse kan man beräkna sannolikheten för skadehändelsen.

#### **Expertbedömningar**

När det är brist på statistik från tidigare inträffade händelser blir resultatet att man inte har något relevant underlag. Då uppskattas sannolikheten subjektivt<sup>7</sup> av personer med god kännedom av det undersökta systemet. Man använder sig därför framför allt av denna metod vid kvalitativa<sup>8</sup> analyser, varvid man klassar sannolikheterna enligt ett för varje situation unikt system och ett förslag på ett klassningssystem för inkommande vatten skulle kunna vara en 4-gradig skala, se figur 10. Expertbedömningar kan även användas som komplement till andra sannolikhetsbedömningar.

<sup>7</sup> Subjektiv sannolikhet; uppgift som anger hur säker en person är på ett påstående eller en händelse. Den är alltså knuten till en viss person och beror på dennes erfarenhet och bakgrund. [17]

<sup>8</sup> Kvalitativ metod; ett samlingsbegrepp för olika arbetssätt, t.ex. via observationer och intervjuer. Man vill åstadkomma en helhetsbeskrivning av det undersökta, t.ex. hur en viss livssituation i sin totalitet gestaltar sig. [17]

Nivå	Sannolikhet	Beskrivning	Frekvens
A	Mycket osannolik	Händelsen inträffar endast under mycket sällsynta förhållanden	Mindre än en gång per 50 år
B	Osannolik	Det är inte otänkbart att händelsen inträffar	En gång per 10-50 år
C	Sannolik	Det är troligt att händelsen inträffar	En gång per 1-10 år
D	Mycket sannolik	Händelsen förväntas inträffa	Mer än en gång per år

Figur 10. Ett exempel på en 4-gradig skala på sannolikhetbedömning.

*Exempel autoklav: Vad är sannolikheten att vattenförsörjningen avbryts? Om det finns utredningar och statistik på hur ofta detta händer för en autoklav använder man sig av empirisk skattning annars är det vanligare att med hjälp av erfarenhet bedöma vad sannolikheten är för händelsen. Hur ofta brukar det hända? Genom figur 10 ovan kan man skatta sannolikheten till D, dvs. att händelsen uppskattas hända mer än en gång per år.*

### 3.2.5 Bedömning av konsekvens

För att kunna bedöma konsekvenserna måste man till en början ta reda på vilka direkta effekter som kan uppstå om en viss olycka inträffar, t.ex. vilken skada som uppstår på en konstruktion vid en viss belastning?

När sedan de direkta effekterna har uppskattats kan de skador som uppstår på omgivningen utvärderas. Dessa skador kan bestå av hur konsekvensen påverkar människor och byggnader i närmiljön. Denna konsekvensbedömning kan både vara av kvantitativ<sup>9</sup> eller kvalitativ karaktär. Som exempel beräknas och uttrycks konsekvensen i en kvantitativ analys i absoluta tal, t.ex. förväntat antal omkomna eller förväntad ekonomisk skada medan man i en kvalitativ analys, såsom i sannolikhetsbedömningen, gör en erfarenhetsbaserad bedömning i en 4-gradig skala, se figur 11. Detta blir en kvalitativ bedömning av vilken nivå händelsen får [5].

<sup>9</sup> Kvantitativ metod; ett samlingsbegrepp för arbetssättet att systematiskt samla in empiriska och kvantifierbar data vilka man sammanfattar i statistik form och utifrån dem analysera utfallet med utgångspunkt i testbara hypoteser. Man gör ett lämpligt urval i en befolkning och undersöker dessa med olika former av mätinstrument som ska knyta samman samband, fördelning och variation i det som studeras. [17]

Nivå	Konsekvens	Omfattning
1	Liten konsekvens	Liten omfattning Inga personskador Små kostnader
2	Medel konsekvens	Stor omfattning Enstaka skadade Måttliga kostnader
3	Stor konsekvens	Stor omfattning Stora personskador Stora kostnader
4	Katastrofal konsekvens	Mycket stor omfattning Dödsfall Mycket stora kostnader

Figur 11. Ett exempel på en 4-gradig skala på konsekvensbedömning.

*Exempel autoklav: Vad blir konsekvensen av att vattenförsörjningen avbryts? Hur stor är omfattningen? Genom figur 11 ovan kan man med erfarenhetsbedömning skatta konsekvensen till 1, dvs. en liten konsekvens med liten omfattning, inga personskador och små kostnader. I en kvantitativ analys kan man beräkna och räkna med att den ekonomiska skadan blir ett tal, t.ex. 100 000 kr på grund av uteblivna operationer då ren och steriliserad sjukhusutrustning saknas.*

### 3.2.6 Bedömning av risknivå

Efter att riskidentifiering, sannolikhets- och konsekvensbedömning utförts är följande känt: vad som kan inträffa, hur ofta det kan tänkas ske och vilka konsekvenserna kan bli. Nu följer bedömning av risknivå och som hjälp till detta kan följande frågor ställas:

- Hur ska risknivån bedömas?
- Hur ska resultatet presenteras?
- Hur ska riskerna värderas?

Det finns två huvudprinciper för resultatpresentationen. Den ena är konsekvensorienterad resultatpresentation där man fokuserar på vilka konsekvenserna kan bli av en viss olycka. Den andra är riskorienterad resultatpresentation där både sannolikhet och konsekvens av en möjlig olycka beaktas. För att bedömning av sannolikhet och konsekvens ska bli mätbar används skalor. Dessa skalor består normalt av 3-5 steg där varje steg definierar något mätbart, som man kan se exempel på i figur 12. Genom denna andra huvudprincip får man en mer informativ presentation av risksituationen vilken kan redovisas i en riskmatris. Denna riskmatris gör det möjligt att grovt

rangordna olika skadehändelsers risknivå. De händelser som har hög sannolikhet och konsekvens består av risker som bör elimineras omedelbart.

Risknivån kan även presenteras på ett mer detaljerat sätt då sannolikhets- och konsekvensskattningarna är mer detaljrika. Detta kan då presenteras i FN-kurvor, som visar sambandet mellan skadehändelsers frekvens (F) och antal omkomna (N) [5].

Sannolikhet	Konsekvens			
	1 Liten	2 Medel	3 Stor	4 Katastrofal
A Mycket osannolik	Låg risk	Låg risk	Medium risk	Hög risk
B Osannolik	Låg risk	Låg risk	Hög risk	Hög risk
C Sannolik	Låg risk	Hög risk	Hög risk	Hög risk
D Mycket sannolik	Låg risk	Hög risk	Hög risk	Akut risk

Låg risk  
  Medium risk  
  Hög risk  
  Akut risk

Figur 12. Exempel på riskmatris där sannolikhet och konsekvens har delats upp i skalor. [14]

*Exempel autoklav: Nu har händelsen, att vattenleverans uteblir till autoklaven, identifierats. Sannolikheten D och konsekvensen 1 har skattats och kan föras in i riskmatrisen som beskrivs i figur 12. I den kan man se att risken, att autoklaven står utan vatten, anses vara en låg risk.*

### 3.2.7 Riskvärdering

I samband med bedömning av risknivå sker även en värdering av dessa. Dessa värderingar är subjektiva. Eftersom det idag inte finns några lagstadgade kriterier för värdering av risker måste man ta ställning till vad som är acceptabelt för det specifika systemet [6]. Ett hjälpmedel är att använda sig av riskkriterier för att kommunicera resultatet från riskanalysen till beslutfattaren och allmänheten. Här följer några grundregler för hur utformningen av riskkriterier kan vara [5]:

#### Rimlighetsprincip

De risker i en verksamhet som med tekniskt eller ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras ska alltid åtgärdas, oberoende risknivån.

#### Proportionalitetsprincipen

De totala riskerna som en verksamhet medför bör inte vara oproportionerligt stora i förhållande till de fördelar, t.ex. intäkter, produkter och tjänster, som verksamheten innebär.



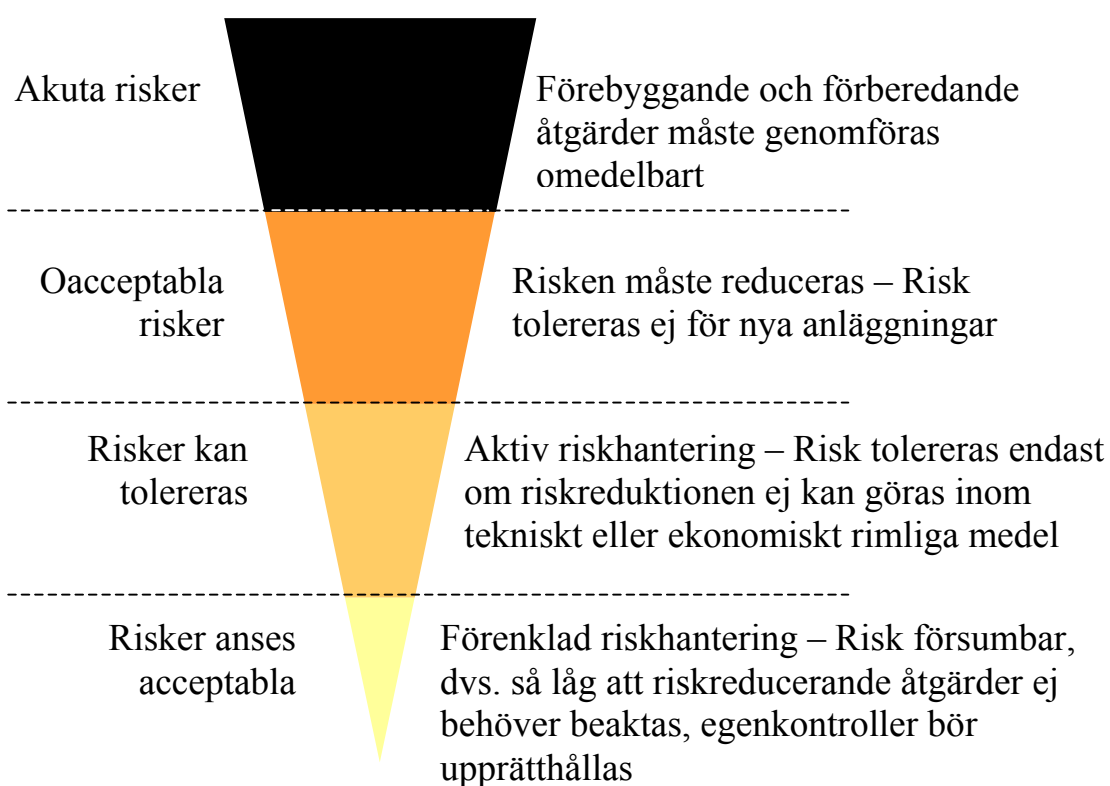
## Fördelningsprincipen

De risker som finns inom samhället bör vara skäligt fördelade i relation till de fördelar som olika verksamheter medför.

## Principen om undvikande av katastrofer

Riskerna bör hellre realiseras i olyckor med en högre sannolikhet men lägre konsekvens än genom olyckor med en lägre sannolikhet men allvarligare konsekvens. Detta då samhället är bättre på att hantera dessa typer av scenarier med dess tillgängliga räddningsresurser.

Värderingen av risker kan även delas upp i fyra bedömningsområden, se figur 13 nedan.



Figur 13. Exempel på struktur av hur värdering av risker kan bedömas. [5,14]

*Exempel autoklav: Utifrån risknivån sker en värdering av risken. Enligt figur 13 ovan bedöms låg risknivå att risker anses acceptabla. Detta betyder att riskreducerande åtgärder ej behöver beaktas. Konsekvensen ur ekonomisk synvinkel var i exemplet 100 000 kr. Detta är en relativ liten summa om man jämför med vad det skulle kosta att eliminera risken helt med hjälp av att t.ex. idriftsätta en reservtank med reservvatten. Sett från personperspektiv kan man fundera vad en människas liv är värt då en livsviktig operation ställdes in eller gav en infektion. Detta får studeras i en analys där man tar hänsyn till personskada.*

### 3.2.8 Riskreduktion/ kontroll

Efter det att riskerna har värderats som acceptabla eller oacceptabla måste beslut fattas om hur man ska gå vidare med dessa. De risker som inte accepteras är oftast inte ekonomiskt och praktiskt möjliga att eliminera. Då måste man istället ta beslut om olika åtgärder för att reduceras dessa. Ännu viktigare är att uppföljningar och kontroller genomförs senare och kontinuerligt [8].

*Exempel autoklav: På frågan om risken kan accepteras, svaras JA för den här händelsen. Riskreduceringar är ej ekonomisk försvarbara dock ska kontinuerliga egenkontroller och uppföljningar ske. Detta görs via service och underhåll av autoklaven. Riskkällan ska studeras för att komma fram till vad man kan göra för att reducera risken i framtiden.*

### 3.3 Val av analysmetod

Det första som skall avgöras är om det ska vara en grov eller detaljerad analys? Är det möjligt att utföra en kvantitativ analys med mitt underlag eller bör en kvalitativ analys göras?

Vid val av metod är det också viktigt att det system som ska analyseras definieras mycket tydligt. Detaljeringsgraden, som även är beroende av valet av metod, bestäms i första hand av följande [5]:

- **Var i riskhanteringsprocessen man befinner sig**  
Är man i ett inledande skede bör man börja med en grövre metodik för att skapa en överblick och ett bra underlag för framtida fortsatt arbete.
- **I vilken fas verksamheten som ska analyseras befinner sig i**  
Analysarbetet bör anpassas efter vilken information och underlag man har för t.ex. projektet. I en tidig fas av ett projekt är bristen på detaljerat underlag stor och då bör analysen anpassas efter det. Vartefter projektet skiftar fas höjs även detaljeringsgraden.
- **Syftet med analysen**  
Vad vill man få ut av arbetet och vad ska resultatet man kommer fram till användas för?
- **Tillgängliga resurser**  
De resurser man har att tillgå är ofta begränsade. Detta påverkar också val av metod då olika analysmetoder tar olika lång tid.

### 3.3.1 Kvantitativ eller kvalitativ analys?

Den kvantitativa analysen behöver en stor tillgång av numerisk data av bl.a. sannolikheter för olika händelser, t.ex. förväntat antal skadade personer under en viss tidsperiod. Om man inte har dessa data när man utför en kvantitativ analys kan resultatet av analysen brista. Då hade en mer kvalitativ analys varit ett bättre val som gett ett bättre och mer trovärdigt resultat.

Den kvalitativa analysen definieras mer som en grövre analys. Dessa kräver i sig mindre arbetsinsats och kostnaderna blir på så vis lägre. Oftast finns inte tillgång till relevant data och då får man helt enkelt välja den kvalitativa analysen [5].

### 3.3.2 Riskanalysmetoder

Självklart finns det olika metoder för att utföra riskanalyser på. Detta för att det finns en mängd olika typer av risker. Nedan följer exempel på några tillsammans med en kort förklaring samt en mer utförlig beskrivning av grovanalysen eftersom den kommer att användas i analysfasen av uppsatsen i kapitel 4:

- **Grovanalys**
- **What-if**
- **FMEA**
- **Felträdsanalys**
- **Händelseträdsanalys**

### 3.3.3 Grovanalys

Grovanalys görs ofta vid tidiga skeden av t.ex. en verksamhet eller ett system. Metoden kallas även för preliminär riskanalys och syftar till att användas som en översiktlig identifiering och bedömning av riskkällor.

Genomförs grovanalysen i ett tidigt skede av ett system, t.ex. i projekteringsfasen, är syftet att fastställa systemets eventuella risker för att senare kunna undvika dessa. Är systemet redan befintligt är syftet att identifiera de redan inbyggda risker som finns i systemet för att ha möjlighet att eliminera eller kontrollera dessa [8].

#### 3.3.3.1 Metodbeskrivning

Grovanalysen bygger på att begrunda och diskutera alla tänkbara scenarier för att identifiera de risker som är förknippade med systemet, även de scenarier som i dagsläget anses rent av överdrivna. De identifierade riskerna analyseras sedan var för sig och händelseförloppet beskrivs tillsammans med möjliga orsaker, konsekvenser och sannolikheter. Här bör en grov uppskattning av

sannolikheterna och konsekvenserna göras för att underlätta en jämförelse av riskerna.

Till sist har man fått sig en översiktlig bild av systemets risker vilket sedan används som underlag till förslag och beslut på förebyggande och förbättrande åtgärder. En sammanställning av resultatet görs ofta i ett diagram eller schema, ett så kallat grovanalyschema. Denna sammanställning bör vara kortfattad men med mycket information om de identifierade riskerna och dess konsekvenser och sannolikheter som belysts i analysen, se figur 14 nedan [8].

Identifierad risk/scenario	Orsak	Konsekvenser	Riskvärdering		Kommentar
			S	K	

Figur 14. Exempel på grovanalyschema.

### 3.3.4 What-if

What-if, ”vad händer om”, metoden är en analys av oplanerade händelser som avviker från ett systems funktion. Man ställer sig helt enkelt frågan om vad som händer om man t.ex. får en förorening i råvaran eller om ventilen inte öppnar?

Metoden är relativ enkel men mycket mer detaljrik än en grovanalys då man inriktar sig på att finna eventuella skadehändelser och dess orsaker om någon funktion i systemet slutar fungera [5].

### 3.3.5 FMEA

Feleffektsanalysen (FMEA) används för att identifiera och eliminera t.ex. kända eller möjliga fel och störningar för att förhindra problem. Denna metod används i första hand för att utforma tekniska system samt för att undersöka alla de sätt där fel och störningar kan inträffa. Detta innebär att systemets komponenter går igenom och de kritiska delarna identifieras och analyseras och slutligen åtgärdas [5].

FMEA svarar på frågorna;

- Vad kan gå fel hos denna komponent?
- Vad händer om denna komponent felfungerar?

Detta är en mycket arbetskrävande metod och omfattningen blir snabbt mycket stor även för små system [8].

### 3.3.6 Felträdsanalys

Felträdsanalys används för att ta reda på vad som kan vara orsakerna till en avvikelse i ett system. Avvikelsen kan vara oönskade händelser (topphändelser), t.ex. en olycka, som uppkommer i ett system. Här utgår man ifrån topphändelsen och undersöker vad som är orsaken till dess uppkomst samt undersöker vad som låg bakom just den händelsen.

Resultatet av analysen redovisas i ett trädidiagram, ett s.k. felträd. Metoden används ofta för att fördjupa analysen av t.ex. en what-if eller grovanalys [5].

### 3.3.7 Händelseträdsanalys

Händelseträdsanalysen utgår som felträdsanalysen från en oönskad händelse men här studerar man inte orsaken till dess uppkomst utan arbetar med att finna möjliga konsekvenser framåt i tiden.

Även här redovisas resultatet av analysen i ett trädidiagram, felträd. Felträds- och händelseträdsanalys kan mycket väl användas i samma analys då de omfattar olika delar av händelseförloppet [5].

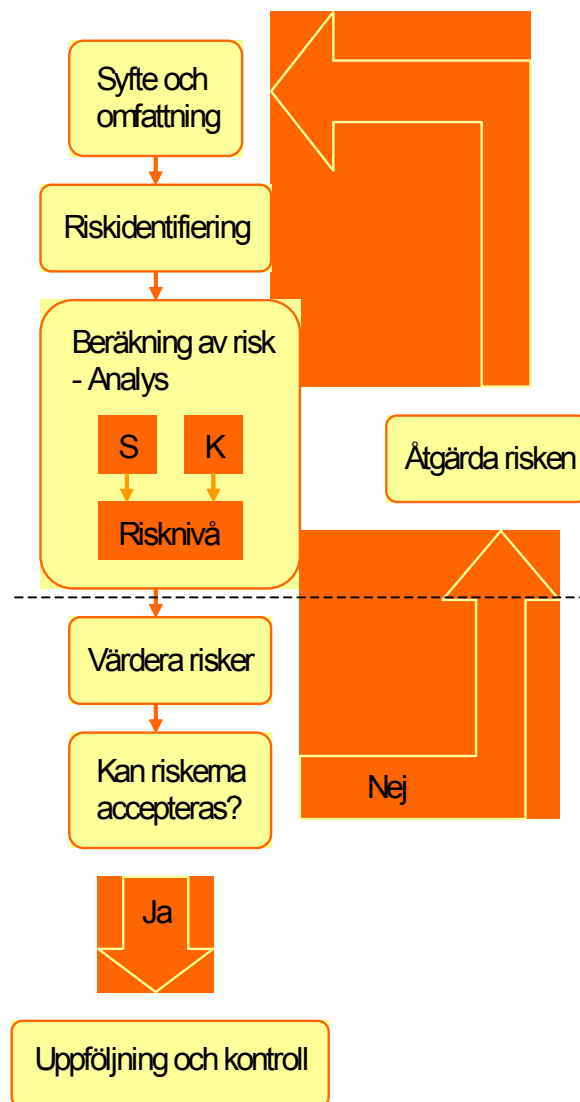
## 4 Grovanalys av inkommande vatten till NKS

Grovanalys är en kvalitativ metod för kartläggning av de risker som finns i ett system. Det är alltså en metod som utgörs av expertbedömningar som är lämpliga att göra tidigt i projekten. T.ex. kan grovanalysen utföras på ett system i projekteringsstadiet för att tydliggöra potentiella risker i systemet för att i sin tur ha möjlighet att undvika dem. Detta är också syftet med följande grovanalys av inkommande vatten till det i planerade Nya Karolinska Solna.

Till höger ses figur 15 som visar den arbetsgång grovanalysen kommer att ha i följande kapitel. Rubrikerna kommer att följa ”Allmän arbetsgång för riskanalys” (kap. 3).

### 4.1 Syfte och omfattning

Tanken med uppsatsen är att klarlägga de största riskerna med framledning och kvalitet hos inkommande vatten som kan leda till förödande konsekvenser för NKS. Att förutse framtida olyckor och var dessa kan inträffa.



Figur 15. Arbetsgång vid riskanalys. Denna figur fram till risknivå (den streckade linjen) kommer användas som grund i grovanalysen för inkommande vatten till NKS. [5]

- \* Syftet med följande kapitel, är genom att utföra en mycket enkel grovanalys av de eventuella risker som kan uppstå under vattendistributionen till NKS, ge en översiktlig bild av systemets risker för att kunna undvika dessa. Med vattendistributionen avses vattnets väg från vattentäkt, vattenverk, ledningsnät och fram till NKS sjukhusets teknikcentral.

Det finns en förhoppning att denna analys kan skapa ett större intresse hos både politiker och allmänheten för vattensäkerhet. Hos alltför många sjukhus skulle en avbruten vattenleverans leda till förödande

konsekvenser då de ej har något reservvatten. Att påpeka var de största riskerna i utebliven vattenleverans från distributören finns, gör förhoppningsvis problemet mer överskådligt. Tanken är dessutom att denna grovanalys ska fungera som en förberedande analys för att ge en uppfattning om vad en fullständig riskanalys skulle kunna ge för typ av svar samt dessutom vara underlag för en i framtiden mer detaljerad riskanalys över vattendistributionen till NKS.

- ✘ Detaljeringsgraden kommer att vara låg. Sannolikheter och konsekvenser sammanställs med hjälp av 4-gradiga skalor såsom i figur 10 och 11.
- ✘ I detta skede vinner inte analysen på att bli alltför detaljrik då arbetet riskerar att bli oöverskådligt. Därför blir avgränsningen att endast studera riskerna med vattenleveranser från vattentäkt, vattenverk, ledningsnät och fram till sjukhusets teknikrum. Elens och avloppsvattens inverkan kommer enbart att kommenteras. Sabotage av sjukhusets vattenförsörjning ingår ej. Riskerna som beaktas är främst skador på miljö och person samt kostnader. Grovanalysen kommer inte att fördjupa sig i riskvärdering eller riskreduktion utan endast sammanfattas ur personlig synvinkel.

## 4.2 Riskidentifiering

Utifrån kapitel 2.2 och 2.3 kan man påbörja en identifiering av riskkällor. Lämpligast är att börja från start, dvs. källan till vattenförekomsten. Här utgår man från figur 9, typer av händelser som ska/bör identifieras, där tyngdpunkten ligger på punkt 1, 2 och 5. Riskidentifieringen sammanfattas även i ett grovanalyschema som kan ses i bilaga 2.

### 4.2.1 Vattentäkt

Den vattentäkt som Norrvatten tar vatten från, är ytvattentäkten Mälaren, vilket ska bli dricksvatten till NKS. Vår natur blir mer och mer förorenad och tyvärr gäller detsamma för Mälaren. Föroreningar från båt- och vägtrafik, industrier m.fl. hotar vattenkvaliteten. Ett skräckscenario är ett utbrett kemikalieutsläpp eller en tankbil som kör ner i Mälaren vid Norrvattens inlopp. Även vårt ändrade klimat är ett mycket stort hot för vattenförsörjningen. SMHI meddelar att medeltemperaturen i Sverige till år 2100 kan öka med 2,5 – 4,5 °C. Följderna av detta blir mildare vintrar och varmare somrar samt en ökad nederbörd i de flesta delar av Sverige. En kraftigare nederbörd för med sig mer ämnen till vattnet som gynnar



Figur 16. Mälaren som ytvattentäkten blir förorenad.

övergödning vilket leder till kraftig algblomning i vattnet [2]. Ett annat hot är att råvattnet förorenas av avloppsvatten. Detta kan bero på felaktiga brunnskonstruktioner, att brunnarna är dåligt underhållna eller läckage i avloppsledningsnätet. Utsläppen kommer huvudsakligen från åkrar där gödningsmedel används för jordbruket. Även läckage från skogsmark och nedfall från luften är orsaker till föroreningen. Utsläppen är inte bara bönderna och industrins fel utan även den enskilde individen påverkar.

*Identifierad risk 1: Mälaren blir förorenad pga. kemikalieutsläpp, tankbil med bensin eller dieselolja, övergödning eller avloppsvatten*

#### 4.2.2 Vattenpump

De pumpar som leder in råvattnet i vattenverket för rening kallas råvattenpumpar. De har beskrivits i kapitel 2.2.1 som en pumpstation vilka ser till att rätt mängd vatten pumpas vidare till reningsprocessen.

Den pumpstation som slutligen pumpar ut det färdiga dricksvattnet till allmänheten kallas renvattenpumpar. Pumparna är beroende av el för att fungera. Risken finns att ett elavbrott sker vilket kan leda till att råvattenpumparna doserar fel mängd vatten vilket medför att reningsprocessen inte fungerar som den ska. För renvattenpumparnas del kan ett elavbrott leda till att vattentornen ej fylls upp med vatten och att vattenleveransen därför uteblir till brukarna. Om pumpen skulle gå sönder finns det en risk att de eventuella reservkrafter, t.ex. tvillingpump, som är anslutna till systemet inte fungerar. En tvillingpump kan ha som funktion att gå in som reserv om den ena pumpen går sönder. Den kan även gå i parallell-drift vilket innebär att en pump kör så länge dennas kapacitet räcker till sedan startar den andra pumpen då systemet kräver en större kapacitet än vad en pump kan ge.

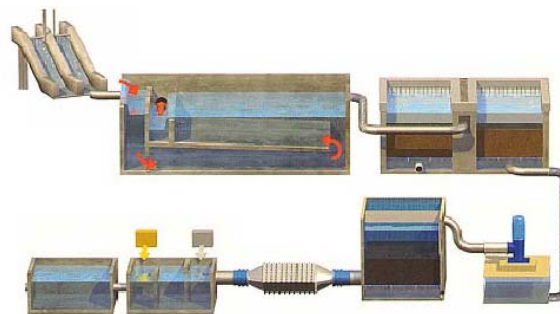


Figur 17. Avbrott i pumpstation för råvatten och renvatten

*Identifierad risk 2: Avbrott i respektive pumpstation pga. elavbrott eller pump går sönder och reservutrustning ej fungerar*

#### 4.2.3 Reningsprocess

Reningsprocessen består av en hel del olika steg som beskrivits i kapitel 2.2.1. Kortfattat börjar processen med att aluminiumsulfat tillsätts för att avskilja vattnet från föroreningar. Sedan fortsätter vattnet in genom ett sandfilter för ytterligare rening.



Figur 18. Reningsprocessen från blandningsrännan, sedimentbassäng, till sandfilter, kolfilter, UV-reaktor och slutligen kemikalietillsättning misslyckas. [21]



Vattnet rinner genom ett kolfilter för att få bort lukt- och smakstörande ämnen och fortsätter till UV-reaktorn för desinfektering. Reningsprocessen avslutas med tillsättning av ytterligare kemikalier, kalk och klor.

Trots alla kontroller finns risken att reningsprocessen misslyckas. Det kan bero på att råvattenkvaliteten är dålig eller otillräcklig vattenberedning, t.ex. tillsättning av kemikalier och rening genom filter. Det kan även vara att leveransen av processkemikalier uteblivit eller att rörledningen är förorenad. Exempelvis varnades invånarna i Sätters kommun sommaren 2007 om att kommunens dricksvatten var förorenat [32]. Det kom också mycket regn under sommaren 2007 vilket bl.a. förorenade dricksvattnet. När ytvatten tar sig in i vattenreservoarer riskerar bakterier att komma med, vilket hade hänt på ett par orter bl.a. i Röstånga [35].

*Identifierad risk 3: Reningsprocess misslyckas pga. dålig råvattenkvalitet, otillräcklig vattenberedning, utebliven kemikalieleverans eller förorenad rörledning*

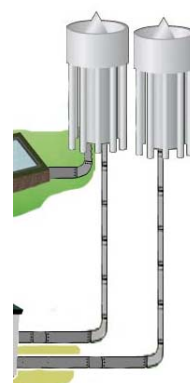
#### 4.2.4 Huvudledningsnät

Huvudledningsnätet består oftast av två frammatningsledningar till sjukhusets teknikrum, vilket är fallet för NKS.

Vattensystemet matas runt i en slinga för att säkerställa kontinuerlig drift vilken dock kan haverera av olika anledningar, t.ex. pga. igensättning av kalk eller rost eller av att ledningarna ej är täta. Tryckstegningspumpar är beroende av el och risken att dessa skulle stanna av pga. elavbrott ger

följderna att vattenkonsumenterna på högt belägna områden snabbt kan bli utan vatten [29]. Ledningarna delas upp i sektioner med avstängningsventiler för att kunna stänga av en sträcka för reparation utan att störa övrig vattendistribution. Risken att vattenledningarna läcker och att avloppsföroreningar tränger in är stor för gamla vattenledningar. Ventilerna kan vara dåligt underhållna och rostade sönder. En annan risk är att ledningar felkopplas vid underhålls- och ombyggnadsarbeten.

*Identifierad risk 4: Läckage/avbrott i huvudledningsnätet pga. Förträngningar, elavbrott, tätningsbrist, sönderlig avstängningsventil och felkoppling*



Figur 19. Läckage i huvudledningsnät

#### 4.2.5 Reservvattentäkt

Man ska kunna ta reservvatten från en reservvattentäkt vilken håller samma standard och krav som det kommunala dricksvattnet. Ett riskscenario är att man



Figur 20. Reservvattentäkt fungerar eller finns ej

har kopplat in reservvatten till sjukhuset men att detta inte har tillräcklig kapacitet för att försörja sjukhuset vid avbrott i det kommunala nätet. Det finns exempel är sjukhus borrar två grundvattenbrunnar men där flödet var försumbart i förhållande till behovet. Risker kan vara att reservvattnets vattenkvalitet ej klarar kraven, brist på kompetent personal eller brist på rutin för hur provtagning av reservvatten ska ske samt rutiner för in- och urkoppling av reservvattnet. En annan risk är elavbrott om ingen reservkraft för el finns.

*Identifierad risk 5: Reservvattentäkt fungerar/finns ej pga. att vattenkvaliteten är för låg, brist på kompetent personal, rutiner, elavbrott och inga regelbundna tester*

#### 4.2.6 Larmhantering av vattenleverantör

I samband med framfarten av dagens teknik har även larmhanteringen utvecklats. För att ha kontroll över att bl.a. reservoarer fungerar som de ska har driftpersonalen ett datorbaserat styr- och övervakningssystem där reservoarnivåer, tryck och larmsignaler visas. En risk kan vara att vattenleverantören missar ett larm. Detta beror oftast på den mänskliga faktorn vilket också är det som minst uppmärksammas när man söker efter varför händelsen inträffade. En händelse som redan har nämnts i kapitel 1.1.3 visar att personalen missade ett viktigt larm som kom från ett vattentorn vilket meddelade att det var fel på vattentrycket i tornet. Ansvarig missade detta och om sjukhuset själv inte hade upptäckt problemet hade vattenförsörjningen avbrutits helt. Brist på personal och/eller kompetens ligger till grund för problemet.



Figur 21. Larmhantering av vattenleverantör.

*Identifierad risk 6: Larmhantering av vattenleverantör brister pga. mänsklig faktor*

### 4.3 Bedömning av sannolikheter

En uppskattning av sannolikheten för varje riskidentifiering ovan följer genom en av de tre huvudprinciper som berörts i kapitel 3.2.4. dvs. expertbedömning. Med hjälp av ett antal VVS-konsulter, teknikförvaltare, driftledare och mig själv har sannolikheterna uppskattas subjektivt. Med sannolikhet menar man hur ofta en oönskad händelse bedöms kunna inträffa. Skattningarna kommer att följa figur 22. Följande bedömningar kan även ses i det sammanfattade grovanalys-schemat i bilaga 2.

Nivå	Sannolikhet	Beskrivning	Frekvens
A	Mycket osannolik	Händelsen inträffar endast under mycket sällsynta förhållanden	Mindre än en gång per 50 år
B	Osannolik	Det är inte otänkbart att händelsen inträffar	En gång per 10-50 år
C	Sannolik	Det är troligt att händelsen inträffar	En gång per 1-10 år
D	Mycket sannolik	Händelsen förväntas inträffa	Mer än en gång per år

Figur 22. Sannolikhetsbedömning som de identifierade riskerna i kapitel 4.2 kommer att följa.

#### 4.3.1 Vattentäkt

Sannolikheten att Mälaren, som Norrvatten tar sitt råvatten ifrån, skulle blir förorenad anses som liten. Det har tidigare inte hänt men är inte omöjligt att det skulle kunna hända inom 50 år. Med dagens ökade tåg-, buss-, lastbil- och båttrafik är det inte osannolikt att en olycka med en tankbil eller tankbåt inträffar, vilket skulle förorena vattnet. Även vårt ändrande klimat med kraftig nederbörd påverkar vattenkvaliteten och kan resultera till okontrollerbar algbloomning, vilket i sin tur orsakar syrebrist och fiskdöd. Reningsverket Käppala anses kunna rena avloppsvatten avsevärt bra. Det skulle dock kunna hända något i deras reningsprocess, t.ex. ökad mängd föroreningar i avloppsvattnet vilka ej går att rena bort helt, som försvårar. Till exempel för dagvatten med sig mängder av kväve och fosfor från bebyggelse-, jord- och skogsbruk.

*Sannolikhet 1: Risken uppskattas till B*

#### 4.3.2 Vattenpump

Pumparna är beroende av el för att fungera. Reservkraft är ett måste. Skulle elavbrott ske ska reservkraften träda in och starta pumparna på nytt. Systemet är troligtvis uppbyggt med flera tvillingpumpar. Detta innebär att om den ena pumpen går sönder kan den andra pumpen gå in som reserv. De kan även gå i paralleldrift vilket innebär att en pump kör så länge dennas kapacitet räcker till sedan startar den andra pumpen då systemet kräver en större kapacitet än vad en pump kan ge. Med tanke på att pumparna ska vara i drift hela tiden, är det inte otänkbart att ett relä kan gå sönder, ett kort elavbrott kan ske, att reservdelar ej finns eller inte är funktionella. Därför anses sannolikheten att ett avbrott, om så bara för någon minut, i vattenpumpen troligtvis inträffar fler än en gång per 1-10 år. Dock är inte sannolikheten stor att reservoarerna hinner tömmas helt på vatten tills pumparna är igång igen.

*Sannolikhet 2: Risken uppskattas till C*

### 4.3.3 Reningsprocess

Det tas kontinuerliga prover på råvattnet, både vid de olika stegen i reningsprocessen samt på kranvattnet hos konsumenterna. Ändå händer det årligen att förorenat vatten levereras i olika kommuner i Sverige. Orsaken till detta är inte klarlagt. Det kan vara reningsprocessen som misslyckas pga. dålig råvattenkvalitet och brist på kemikalier. En annan anledning kan vara att vattenledningsnätet kan förorenas av avloppsvatten. På grund av denna osäkerhet i var risken ligger uppskattas händelsen osannolik men ej otänkbar att det händer en gång per 10-50 år.

*Sannolikhet 3: Risken uppskattas till B*

### 4.3.4 Huvudledningsnät

Även om två oberoende huvudledningar dras fram till sjukhusets teknikrum är sannolikheten trolig att läckage inträffar någon gång inom 10 år. Det kan vara stopp i rörledningarna så att vattnet ej kommer fram eller att rörledningarna ej är täta. Speciell stor risk är det för gamla vattenledningar där ventiler kan ha rostet sönder. Sannolikheten är stor att ledningarna kan vara dåligt underhållna pga. personalbrist och även leda till att de felkopplas vilket i sin tur kan leda till läckage och möjligen att avloppsföroreningar tränger in.

*Sannolikhet 4: Risken uppskattas till C*

### 4.3.5 Reservvattentäkt

Vid sjukhus som har reservvatten är sannolikheten hundra procentig att reservvattnet inte fungerar om inget flöde finns. Dock får man skatta det generellt och då uppgifter från ett 80-tal akutsjukhus finns vilka säger att de skulle kunna koppla in ett eget reservvattensystem borde man bedöma sannolikheten till sannolik, troligt att det händer. En annan aspekt är att personalbrist och brist på kompetent personal orsakar brist på rutiner.

*Sannolikhet 5: Risken uppskattas till C*

### 4.3.6 Larmhantering av vattenleverantör

Att larmhantering har missats av vattenleverantör är det ingen tvekan om men i hur stor omfattning är osäkert. Sannolikheten uppskattas därför till att det troligen kan hända en gång per 1-10 år.

*Sannolikhet 6: Risken uppskattas till C*

## 4.4 Bedömning av konsekvens

Nedan följer en bedömning av konsekvenserna för varje riskidentifiering. De direkta effekterna från varje händelse beskrivs och sedan uppskattas de skador som uppstår på omgivningen. Även här görs en erfarenhetsbaserad bedömning med hjälp av ett antal VVS-konsulter, teknikförvaltare, driftledare och mig själv. Skattningarna bedöms subjektivt och utgår från figur 23 nedan. Följande bedömningar kan även ses i det sammanfattade grovanalys-schemat i bilaga 2.

Nivå	Konsekvens	Omfattning
1	Liten konsekvens	Liten omfattning Inga personskador Små kostnader
2	Medel konsekvens	Stor omfattning Enstaka skadade Måttliga kostnader
3	Stor konsekvens	Stor omfattning Stora personskador Stora kostnader
4	Katastrofal konsekvens	Mycket stor omfattning Dödsfall Mycket stora kostnader

Figur 23. Konsekvensbedömning som de identifierade riskerna i kapitel 4.2 kommer att följa.

### 4.4.1 Vattentäkt

Konsekvenserna om Mälaren skulle bli förorenad anses stor. Eftersom det är den enda ytvattentäkt som både Norrvatten och Stockholm Vatten (som försörjer Stockholm läns södra del) tar råvatten ifrån skulle omfattningarna bli stora. Även om det finns reservvattentäkter för både Norrvatten och Stockholm Vatten är dessa inte i dagsläget inte tillräckliga om Mälaren slås ut. Stockholm Vattens reserv, Bornsjön, klarar endast 70 % av den normala vattenförsörjningen och Norrvattens fyra grundvattenreserver klarar ej dagens vattenbehov i sitt förvaltningsområde [16]. Skräckscenariot med en tankbåtsolycka som leder till att stora mängder olja släpps ut vilket i sin tur skulle leda till att råvatten ej kan pumpas från Mälaren och att vattenförsörjningen avbryts eftersom vattenverket ej kan hålla rätt kvalitet på vattnet. Riskerna med övergödning pga. kraftig nederbörd och risken för inträngande avloppsvatten kan möjligen hanteras med Görvälnsverkets tre intagsledningar på olika djup eftersom chansen är större att kvaliteten är bra på något ställe eller djup.

*Konsekvens 1: Risken uppskattas till 3*

#### 4.4.2 Vattenpump

Konsekvensen av att råvatten- och renvattenpumparna slutar att fungera pga. elavbrott eller att de går sönder anses liten. Detta eftersom reservkraft och tvillingpumpar oftast finns. Skulle det trots allt inträffa anses konsekvensen av ett elavbrott vid råvattenpumparna större än vid ett elavbrott av renvattenpumparna. Detta eftersom risken finns att fel mängd vatten uppmätts vilket medför att reningsprocessen ej fungerar som den ska vilket kan leda till förorenat dricksvatten. För renvattenpumparnas del kan ett elavbrott leda till att vattentornen ej fylls upp med vatten och att vattenleveransen till brukarna uteblir. Sett från denna synvinkel bedöms konsekvensen som medel då enstaka personer kan skadas av förorenat eller utebliven leverans av vatten.

*Konsekvens 2: Risken uppskattas till 2*

#### 4.4.3 Reningsprocess

Konsekvensen, om reningsprocessen misslyckas, kan leda till att vattenverket distribuerar förorenat vatten. Detta kan ha till följd att människor insjuknar eller ännu värre avlider. Följden är speciellt stor på ett sjukhus som NKS där människor med redan sänkt immunförsvar finns. Om vattnet är förorenat kan processen för vattenrening och reservoar stanna av för minst ett dygn. Baserat på detta uppskattas konsekvensen som stor då stora personskador kan förekomma.

*Konsekvens 3: Risken uppskattas till 3*

#### 4.4.4 Huvudledningsnät

Ett avbrott i ledningssystemet kan leda till att otillräcklig mängd vatten levereras eller uteblir helt. Vid otäta eller igensatta ledningar kan vattenkvaliteten påverkas och följderna av detta kan bli stora. Konsekvensen anses vara stor om inget reservvattensystem finns tillgängligt då vattenledningsnätet i så fall står helt utan vatten. Dock uppskattas konsekvensen till medel då åtgärder för stopp i vattenledningssystemet borde kunna ordnas snabbt samt att elkraft för tryckstegningspumpar borde finnas och finns.

*Konsekvens 4: Risken uppskattas till 2*

#### 4.4.5 Reservvattentäkt

Konsekvensen skulle bli stor om ordinarie vattenförsörjning uteblir och inget reservvatten finns tillgängligt. Dock är det svårt att helt värdera vad vårdkonsekvenserna av detta skulle bli. Konsekvensen av hur reservvattnets vattenkvalitet ter sig beror mycket på hur rutiner ser ut och fungerar på

sjukhuset. Kontinuerliga vattenprover måste tas minst en gång om året samt regelbundna motionskörningar, dvs. att man kontinuerligt testkör vatten-systemet, minst två gånger i månaden. Konsekvensen uppskattas därför som stor.

*Konsekvens 5: Risken uppskattas till 3*

#### 4.4.6 Larmhantering av vattenleverantör

En missad larmhantering kan leda till omfattande konsekvenser för vattenförsörjningen och på så sätt även leda till personskada. Följderna av detta kan bli att sjukhuset måste evakueras, då läkare ej kan garantera patienters liv och hälsa. Detta blir kostsamt för sjukhus och påverkar i allra högsta grad patienters välmående och bedöms därför som en stor konsekvens.

*Konsekvens 6: Risken uppskattas till 3*

#### 4.5 Bedömning av risknivå

Nu har en riskidentifiering, sannolikhets- och konsekvensbedömning utförts och vi har skaffat oss kunskap om vad som kan inträffa, hur ofta det kan tänkas ske och vilka konsekvenserna kan bli. Som hjälp inför bedömning av risknivå kommer riskmatrisen i figur 24 följas. Resultatet för varje risk presenteras i riskmatrisen i nummerordning, se nedan:

- (1) Vattentäkt blir förorenad
- (2) Avbrott i vattenpump
- (3) Reningsprocess misslyckas
- (4) Läckage i huvudledningsnät
- (5) Reservvattentäkt finns ej/fungerar ej
- (6) Larmhantering av vattenleverantör

Sannolikhet	Konsekvens			
	1 Liten	2 Medel	3 Stor	4 Katastrofal
A Mycket osannolik				
B Osannolik			(1) (3)	
C Sannolik		(2) (4)	(5) (6)	
D Mycket sannolik				

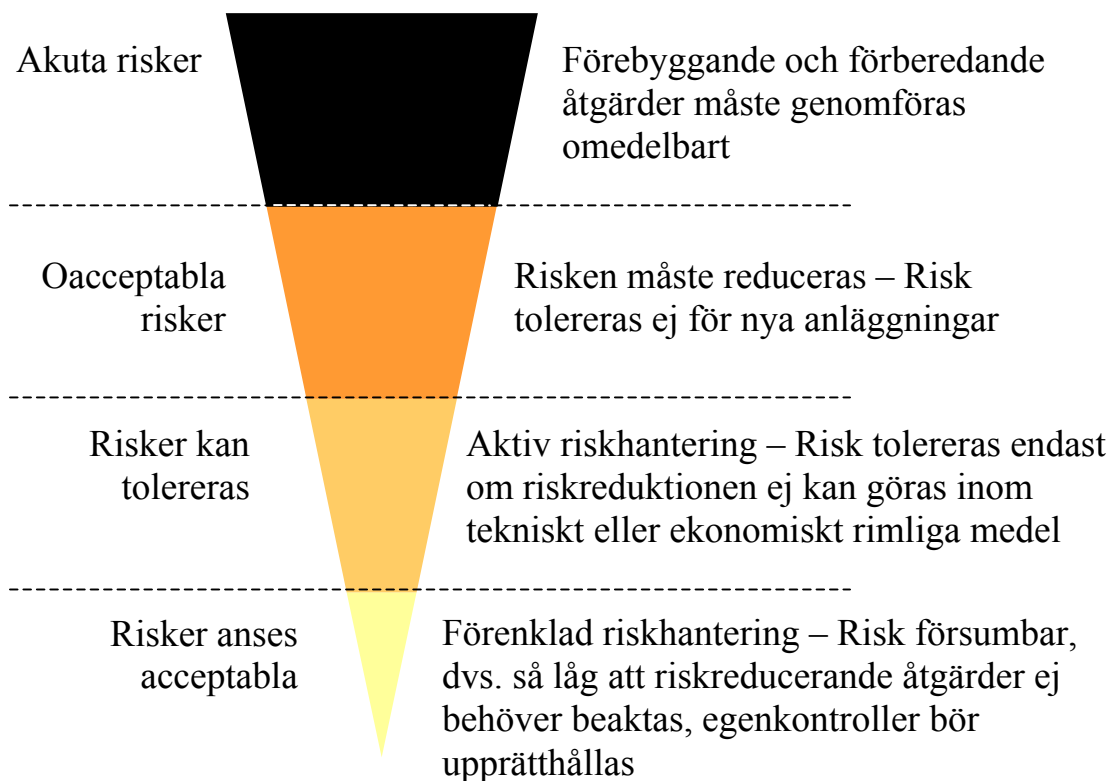
Låg risk
  Medium risk
  Hög risk
  Akut risk

Figur 24. Bedömning av risknivå via riskmatris där sannolikhet och konsekvens har delats upp i skalor.

## 4.6 Riskvärdering och riskreduktion/ kontroll

I samband med bedömning av risknivå sker även en värdering av dessa. Dessa kommer att värderas genom fyra bedömningsområden enligt figur 25.

Värderingen och riskreduktionen är endast en grov uppskattning. Då detta endast är en grovanalys och inte en fullständig analys är det svårt att värdera riskerna då man ej gått på djupet med analysen. Viktigare är att uppföljningar och kontroller av de identifierade riskerna genomförs kontinuerligt. Tanken är att man ska ha denna grovanalys som underlag för framtida riskanalys.



Figur 25. Bedömningsområden för riskvärdering.

Följande bedömning av risknivåerna för inkommande vatten till sjukhus diskuteras allmänt och NKS i synnerhet:

- (1) Att vattentäkt skulle bli förorenad bedöms som en medel risk. Enligt figur 25 kan denna risk tolereras endast om riskreduktion inte kan göras med tekniska eller ekonomiska rimliga medel. När väl vattentäkten är förorenad krävs det oändliga insatser, både tekniska som ekonomiska, för att få tillbaka en bra kvalitet på råvattnet, om det ens går. Sett ur denna synvinkel borde inte denna händelse tolereras över huvudtaget och ett bättre samarbete för att minska risken att det händer borde vara ett krav. Det som är viktigt för varje enskild individ,



kommun och landsting är att kontrollera miljöförstöringen. Det är viktigt att få ut information till samhället som visar att man inte kan fortsätta släppa ut näringsämnen i naturen och inte spola ner vad som helst i toalett och köksavlopp. Här kan var och en påverka hur framtiden kommer att se ut. Det kommande klimatet blir svårt att påverka om vi inte börjar nu och anpassar vattendistributionen och förbereder för eventuella naturolyckor. Det som är viktigt för sjukhus i allmänhet är att anordna en egen reservvattentäkt. För NKS del finns Norrvattens grundvattentäkt Ulriksdal beläget i Solna vilket är positivt då reservvatten eventuellt kan tas därifrån. Dock räcker inte kapacitet alltför länge om Mälaren skulle få en långvarig förorening.

- (2) *Att avbrott i råvatten- och renvattenpump sker bedöms enligt en medel risknivå. Enligt figur 25 kan denna risk tolereras endast om riskreduktion inte kan göras med tekniska eller ekonomiska rimliga medel.* Då reservkraft och tvillingpump finns och fungerar anses inte detta vara ett stort problem. Då det finns flera intagsledningarna och pumpar för råvatten i Görvålsverket och att vattentornet klarar ett visst elavbrott bör inte detta orsaka allt för stora problem. Problemen finns i de fall där det inte finns reservkraft och tillräckligt bra underhåll på pumparna. Riskreducerande åtgärder kan vara kontinuerligt underhåll av pumparna, stort lager av reservdelar och reservkraft vid elavbrott.
- (3) *Att reningsprocessen misslyckas bedöms som en medel risk. Enligt figur 25 kan denna risk tolereras endast om riskreduktion inte kan göras med tekniska eller ekonomiska rimliga medel.* Trots kontinuerliga kontroller av råvatten och renvatten inkommer ibland förorenat vatten i våra kranar. Varför kan man inte hålla nolltolerans på föroreningar i dricksvattnet? Riskreducerande åtgärder kan vara att utveckla säkrare metoder för rening, kontrollera hur kontinuerligt kontrollerna utförs på vattenverket, utbilda personalen, kontrollera omgivningen runt reservoarerna så att dessa inte förorenas m.m. Det tolereras inte att ett sjukhus, NKS, får förorenat vatten som människor kan avlida av.
- (4) *Att läckor eller avbrott i huvudledningsnätet sker bedöms som en medel risk. Enligt figur 25 kan denna risk tolereras endast om riskreduktion inte kan göras med tekniska eller ekonomiska rimliga medel.* Dricksvattnet kan ha god kvalitet när det lämnar vattenverket men när det sen väl kommer ut i distributionsnätet kan det förorenas av exempelvis avloppsvatten. Detta är inte acceptabelt. Riskreducerande åtgärder kan vara att alla gamla rörledningarna ska bytas ut, ventiler ska kontrolleras och bytas, elkraftverk ska finnas, framtagning av nya renoveringsmetoder, kontinuerliga kontroller m.m. Även om två

oberoende huvudledningar dras till sjukhuset kan båda läcka eller ha stockningar. Stillastående vatten vid driftstörningar kan leda till tillväxt av mikroorganismer, t.ex. legionella, och det måste finnas kontrollplaner för detta. Åtgärder är rundmatning i systemet med kontinuerliga kontroller. Tyvärr styr kostnaderna omfattningen av reparationer och renovering alltför mycket vilket riskerar att ledningssystemet blir lidande och kan leda till en katastrof för oss vattenkonsumenter och speciellt för NKS.

- (5) *Att reservvattentäkt inte finns eller finns men fungerar ej bedöms som en hög risk. Enligt figur 25 är denna risk oacceptabel vilken måste reduceras.* Det är skrämmande att endast 30 % av landets sjukhus har ett reservvattensystem. Det pratas om att det är inte är ekonomiskt lönsamt att koppla in ett sådant som bara ska fungera vid krissituationer. Troligtvis måste det först hända något katastrofalt innan man ska börja tänka på reservvattenlösningar såsom man tänker på reserver för el. Ska NKS som ett nytt specialsjukhus bedriva specialistvård tillsammans med forskning och utbildning inte ha ett reservvattensystem? För äldre sjukhus som inte har möjligheten att borra brunn eller ta vatten från ett närliggande vattendrag blir det troligtvis svårt att ordna. Alla sjukhus borde tänka efter och inse att kostnaderna för inkoppling av ett eget reservvattensystem är små i jämförelse med vad en människas liv är värt, speciellt då huvudsaken för sjukhus är att rädda liv. Riskreducerande åtgärder kan vara att staten skapar bättre förutsättningar för kommunerna att klara en eventuell kris. Stöd finns från myndigheter såsom SSIK (Sjukvårdens säkerhet i kris och krig) samt kunskapsöversikten, Det robusta sjukhuset, som Socialstyrelsen publicerat. Dock anses detta statliga stöd vara för litet och man är tveksam om på vilken nivå krisberedskapen ligger. Mer stöd krävs för att utbilda personal och informera om rutiner vid igångsättande av reservvattensystem. NKS bör kunna koppla in Norrvattens grundvattentäkt i Ulriksdal, Solna, och tillgå en 100 % kapacitet.
- (6) *Att larmhantering av vattenleverantör inte fungerar bedöms som en hög risk. Enligt figur 25 är denna risk oacceptabel vilken måste reduceras.* Att larmhanteringen fungerar borde vara en självklarhet. Det här är något som måste åtgärdas. Alla kan göra fel men i detta fall kan man inte lägga allt ansvar på en person, det borde finnas kontroller och back-up system. Kan driftpersonalen i driftcentralen sina uppgifter? Har de fått utbildning och blivit tillräckligt tränade? Högre krav borde ställas. NKS sjukhusledning bör ställa krav på kompetensen hos vattenleverantörens personal.

## 5 Slutsats

Arbetet har visat nödvändigheten av att utföra en riskanalys av det inkommande vattnet till NKS och andra sjukhus. Fokus har länge legat på elförsörjningen men som arbetet visar finns det många riskkällor att identifiera och värdera när det gäller vattensystemet då man vill undvika stora personskador och ekonomiska förluster. Att endast 30 % sjukhus har reservvattentäkter och av dem är det bara hälften vars täkter klarar 70 % av normalflödet är skrämmande.

Det är viktigt att studera vattenförsörjning till sjukhus då konsekvenserna kan bli förödande om vattenförsörjningen stryps. Om Mälaren, som försörjer större delen av Stockholms invånare med vatten, skulle bli utslagen av t.ex. kemikalier, bensin eller diesel blir konsekvenserna stora. Detta eftersom det är den enda ytvattentäkt som både Norrvatten och Stockholm Vatten tar råvatten ifrån. Även om det finns reservvattentäkter för både Norrvatten och Stockholm Vatten är dessa i dagsläget inte tillräckliga om Mälaren slås ut. Stockholm Vattens reserv, Bornsjön, klarar endast 70 % av den normala vattenförsörjningen och Norrvattens fyra grundvattenreserver klarar ej dagens vattenbehov i sitt förvaltningsområde.

Människor och speciellt patienter på sjukhus kan insjukna och avlida av utebliven vattenleverans eller leverans av förorenat vatten. Följderna av detta kan bli att sjukhuset måste evakueras, då läkare ej kan garantera patienters liv och hälsa. Detta blir kostsamt för sjukhus och har en stor inverkan på patienters välmående.

Ett reservvattensystem är speciellt viktigt eftersom risken för att vattentäkten Mälaren slås ut existerar. Då man strävar efter att höja den tekniska försörjningssäkerheten på sjukhus bör alla sjukhus klara av att försörja sig själva med vatten, el, värme och tele även om den yttre försörjningen är avbruten.

För att säkerställa vattenleveransen till NKS bör en reservvattentäkt installeras. Denna ska inte bara installeras utan även underhållas och kontrolleras. Kontinuerliga vattenprover ska tas minst en gång om året samt regelbundna motionskörningar bör ske minst två gånger i månaden. Rutiner för detta ska vara väl förankrade hos personalen.

Elförsörjningen har studerats noggrant och de flesta sjukhus har idag en ordentlig och säker reservkraft installerad ifall elavbrott skulle ske. Nu är det dags för Landstinget att på allvar studera säkerheten hos vattenförsörjningen.

## Referenser

1. Abrahamsson, M. & Magnusson, S-E. (2004). *Risk- och sårbarhetsanalyser: utgångspunkter för fortsatt arbete*. Stockholm: Krisberedskapsmyndigheten.
2. Andersson-Sköld, Y., Lind, B., Ottosson, E. & Rydell, B. (2006). *Klimatförändringar och naturolyckor*. Tillgänglig: <<http://miljoforskning.formas.se/formas/jsp/document.jsp?idocument=448>> (2008-05-22)
3. Azote. *Klyvöppningar*. Tillgänglig: <<http://azote.se/index.asp?q=klyvöppning&id=7417&n=1&grid=1,1>> (2008-05-16)
4. BBR 2008. (Boverkets byggregler). *Regelsamling för byggande, BBR*. Tillgänglig: <[http://www.boverket.se/upload/publicerat/bifogade%20filer/2008/BBR%2015/BBR\\_15\\_hela.pdf](http://www.boverket.se/upload/publicerat/bifogade%20filer/2008/BBR%2015/BBR_15_hela.pdf)> (2008-05-29)
5. Davidsson, G. (2003). *Handbok för riskanalys*. Karlstad: Statens räddningsverk.
6. Grimvall, G., Jacobsson, P. & Thedéen, T. (2003). *Risker i tekniska system*. Lund: Studentlitteratur.
7. Håkansson, Conny. *Intervju*. Ångpanneföreningen, Stockholm. (2008-03-25)
8. Ingvarson, J. & Roos, A. (2003). *Riskanalys: metodbeskrivning för beställare – utförare – granskare*. Stockholm: Svenska brandförsvarsföreningen.
9. Internet. *Bild*. Tillgänglig: <[http://www.commodityriskmanagement.com/Commodity\\_Risk\\_Management.jpg](http://www.commodityriskmanagement.com/Commodity_Risk_Management.jpg)> (2008-05-31)
10. Käppala. *OmKäppala*. Tillgänglig: <<http://www.kappala.se/default.asp?lid=1&ulid=20&show=1>> (2008-05-30)

11. Käppala. *Reningsprocessen*. Tillgänglig:  
<<http://www.kappala.se/default.asp?lid=1&ulid=24&uulid=31&show=2>> (2008-05-30)
12. Käppala. *Rent vatten*. Tillgänglig:  
<<http://www.kappala.se/default.asp?lid=1&ulid=24&uulid=34&show=2>> (2008-05-30)
13. LIVSFS 2005:10. (Livsmedelsverkets författningssamling). *Föreskrifter om ändring i Livsmedelsverkets föreskrifter (SLVFS 2001:30) om dricksvatten*. Tillgänglig:  
<<http://www.slv.se/upload/dokument/Lagstiftning/2005-2006/2005-10.pdf>> (2008-05-28)
14. Livsmedelsverket. (2007). *Risk- och sårbarhetsanalys för dricksvattenförsörjning*. Tillgänglig:  
<<http://www.slv.se/upload/dokument/livsmedelskontroll/dricksvatten/HANDBOK%20RSA%20DRICKSVATTENFORSORJNING%202007.pdf>> (2008-05-27)
15. Länsstyrelsen i Dalarnas län. (2002). *Närsalter i Dalälven 1990-2000 - Rapport för Dalälvens vattenvårdsförening*. Tillgänglig:  
<[http://www.dalalvensvuf.se/Publikationer/NP-rapporten\\_sammanfattning.pdf](http://www.dalalvensvuf.se/Publikationer/NP-rapporten_sammanfattning.pdf)> (2008-05-26)
16. Länsstyrelsen i Stockholms län. (2008). *Dricksvattenförekomster i Stockholms län – prioritering för långsiktigt skydd*. Tillgänglig:  
<[http://www.ab.lst.se/templates/InformationPage\\_\\_\\_11779.asp](http://www.ab.lst.se/templates/InformationPage___11779.asp)> (2008-05-15)
17. Nationalencyklopedin. *Ne.se*. (2008-05-26)
18. Miljöbalk. (1998:808). *Svensk författningssamling (SFS)*. Riksdagen: Miljödepartementet
19. Norrvatten. *Distribution*. Tillgänglig:  
<<http://www.norrvatten.se/verksamhet/distribution.shtml>> (2008-05-15)
20. Norrvatten. *Norrvattens dricksvatten är noga kontrollerat*. Tillgänglig:  
<<http://www.norrvatten.se/>> (2008-05-15)

21. Norrvatten. *Reningsprocessen*. Tillgänglig:  
<<http://www.norrvatten.se/verksamhet/reningsprocess.shtml>>  
(2008-05-15)
22. Nya Karolinska Solna. (NKS). *Bakgrund*. Tillgänglig:  
<<http://www.webbhotell.sll.se/sv/nks/Om-Nya-Karolinska-Solna/Bakgrund/>> (2008-05-22)
23. Nya Karolinska Solna. (NKS). *Bilder*. Tillgänglig:  
<<http://www.webbhotell.sll.se/sv/nks/Bilder1/>> (2008-05-22)
24. Nya Karolinska Solna. (NKS). *Broschyr om NKS*. Tillgänglig:  
<[http://www.webbhotell.sll.se/Global/Nya%20Karolinska%20Solna/Dokument/NKS\\_interimbroschyr\\_LOW-RES\\_sv.pdf](http://www.webbhotell.sll.se/Global/Nya%20Karolinska%20Solna/Dokument/NKS_interimbroschyr_LOW-RES_sv.pdf)> (2008-05-22)
25. Pettersson, J. (2008). Vattenbrist hotar i länet. *Stockholm City*, 8 april.
26. SCB. (Statistiska centralbyrån). *Befolkningsstatistik i Sverige, 1:a kvartalet 2008*. Tillgänglig:  
<[http://www.scb.se/templates/pressinfo\\_235860.asp](http://www.scb.se/templates/pressinfo_235860.asp)> (2008-05-15)
27. SCB. (Statistiska centralbyrån). *Folkmängd i Stockholms län, 4:e kvartalet 2007*. Tillgänglig:  
<[http://www.scb.se/templates/tableOrChart\\_228181.asp](http://www.scb.se/templates/tableOrChart_228181.asp)>  
(2008-05-15)
28. Socialstyrelsen. (1999). *Sjukvårdens tekniska säkerhet och reservsystem – synpunkter och checklistor för lokala riskanalyser*. Tillgänglig:  
<<http://www.sos.se/sos/publ/medblad/mb9909.htm>> (2008-05-30)
29. Störningar i vatten- och avloppsförsörjning. (1999). Tillgänglig:  
<<http://www.risknet.foi.se/va/fakta.htm>> (2008-05-31)
30. Svenskt Vatten. (2007). *Dricksvattenförsörjning i förändrat klimat – Underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen*. Tillgänglig:  
<<http://www.svensktvatten.se/Templates/News1.aspx?PageID=30a1f86d-a493-482f-b7ac-5774f2609bfe>> (2008-05-22)
31. Svenskt Vatten. *Vad gäller för reservvattentäkter?* Tillgänglig:  
<<http://www.svensktvatten.se/Templates/Article1.aspx?PageID=c95a1f80-a504-4741-abf0-b828399d3ee7>> (2008-05-31)

32. SVT. (Sverige ). *Förorenat dricksvatten i Ulfshyttan*, 27 augusti 2007.  
Tillgänglig: <<http://svt.se/svt/jsp/Crosslink.jsp?d=33557&a=893738&from=rss>>  
(2008-05-27)
33. Thorell, J. (2006). Få akutsjukhus redo att klara vattenbrist. *Dagens medicin* nr 44, 1 november.
34. Utdrag ur Det Robusta Sjukhuset, Utgåva 2008 – enskild papperskälla
35. Wagner, J. (2007). Ditt kranvatten kan göra dig sjuk. *Expressen*, 27 juli.  
Tillgänglig: <<http://www.expressen.se/nyheter/1.776310/ditt-kranvatten-kan-gora-dig-sjuk>> (2008-05-27)
36. Wennersten, R. (2004). *Vad är riskanalys?* Tillgänglig:  
<<http://www.ima.kth.se/im/3c1383/3C4365/PDF/Vad%20%C3%A4r%20riskanalys.pdf>> (2008-04-16)

#### Expertbedömare

Dalaryd, Göran. *Intervju*. Ångpanneföreningen, Stockholm.  
(2008-05-23)

Gandra, Pedro. & Holmström, Anders. *Expertbedömmare*. Locum, Stockholm.  
(2008-05-20)

Håkansson, Conny. *Expertbedömmare*. Ångpanneföreningen, Stockholm.  
(2008-05-20)

Karlsson, Bengt. & Rydh, Jan-Inge. *Expertbedömmare*. Ångpanneföreningen, Malmö. (2008-05-20)

## Bilaga 1

Rent hypotetiskt kan vi anta ett flerbostadshus med fem våningsplan och tre trappuppgångar. På varje våning och trappuppgång finns 2 lägenheter. Detta ger 6 lägenheter per våning och 30 lägenheter sammanlagt. Om varje lägenhet förbrukar samma som ett familjehus på fem personer gör, dvs. ca 1 l/s (se tabell 1 nedan), får vi ett sammanlagt flöde på 30 l/s.

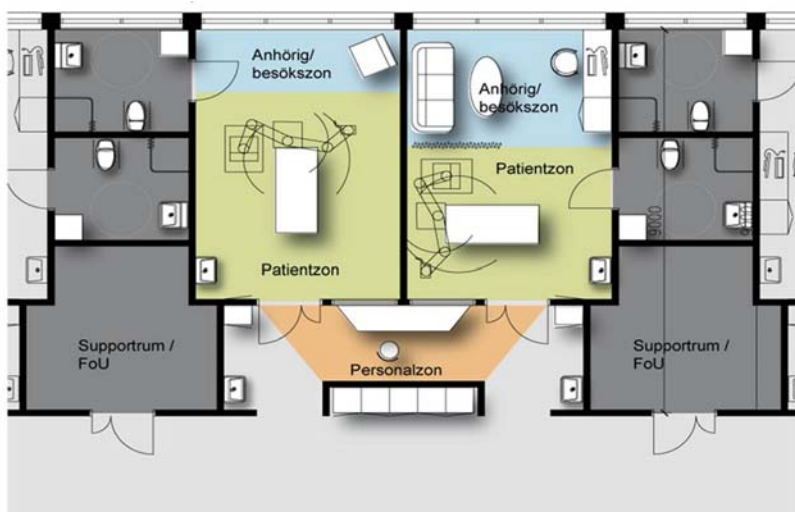
Förbrukningen för NKS räknas grovt: 700 vårdrum (100 dagvård och 600 slutenvård enligt kap 1.1.1). Det finns 350 st vårdsumsmoduler enligt bild 1 nedan. I dessa moduler finns 8 tvättställ, 4 toaletter (vattenklosett) och 4 duschar.

Detta ger sammanlagt 2 800 tvättställ,  
1 400 toaletter samt  
1 400 duschar

Uträkningen baseras enbart på vårdrummen utöver dessa finns det diagnos- och operationssal, flera kök, omklädningsrum, städ och förråd och offentliga toaletter, vilka ej räknas med här.

	Normflöde		Familjehus			Sjukhus		
	V	K	antal	summa		antal	summa	
Diskbänk	0,2	0,2	1	0,2	0,2			
Dusch	0,2	0,2	1	0,2	0,2	1 400	280	280
Tvättlåda	0,2	0,2	1	0,2	0,2			
Utslagsback	0,2	0,2	1	0,2	0,2			
Tvättställ	0,1	0,1	2	0,2	0,2	2 800	280	280
Vattenklosett		0,1	2		0,2	1 400		140
Summa				1	1,2		560	700

Beräkningen utgår endast från summerat normflöde, dvs. sannolikt flöde tas ej fram.



Tabell 1 ovan. En uträkning som visar summerat normflöde för ett familjehus av fem personer samt ett grovt antagande med summerat flöde på NKS.

Figur 1. Vårdsumsmodulen består av två vårdrum. Konceptbeskrivning White arkitekter. [23]



## Bilaga 2

### Grovanalyschema

	Identifierad risk/scenario	Orsak	Konsekvenser	Riskvärdering		Kommentar
				S	K	
(1)	Mälaren som <b>ytvattentäkt</b> blir förorenad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kemikalie utsläpp</li> <li>- Tankbåt/ tankbil med bensin, dieselolja</li> <li>- Övergödning leder till algbloomning</li> <li>- Avlopps-vatten</li> </ul>	Går ej att pumpa råvatten och vatten-försörjning avbryts eftersom vattenverk ej kan hålla rätt kvalitet på vattnet	B	3	Görvålnsverket har tre ledningar med intagsdjup på 4m och 22m. Verket har fyra reservvattentäkt er bl.a. grundvattentäkt i Ulriksdal (Solna)
(2)	Avbrott i <b>vattenpump</b> (råvatten och renvatten)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elavbrott</li> <li>- Pump går sönder samt reserv-utrustning ej fungerar</li> </ul>	Medel konsekvens då reservkraft och tvillingpump oftast finns	C	2	Tvillingpump är en reserv som kan ta över när huvudpump går sönder. Reservkraft finns till el
(3)	Rening i <b>vattenverk</b> misslyckas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dålig råvatten-kvalitet</li> <li>- Otillräcklig vatten-beredning</li> <li>- Rörledning är förorenad</li> </ul>	Vattenverk levererar förorenat vatten och människor kan insjukna (risk speciellt stor på sjukhus). Stor konsekvens vid dödsfall	B	3	Emellanåt får kommun-invånarna larm om att kranvattnet är förorenat och måste kokas innan användning
(4)	Läckage/ avbrott i <b>huvud-ledningsnät</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rörledningar ej täta</li> <li>- Stopp/ flaskhals i rundmatning</li> <li>- Elavbrott</li> <li>- Rostig avstängnings-ventil</li> <li>- Felkoppling av ledningar</li> </ul>	Tillräcklig mängd vatten levereras ej eller vatten uteblir helt. Stor konsekvens om inget reserv-vattensystem finns tillgängligt	C	2	Två helt oberoende huvudledningar dras fram till sjukhusets teknikrum

Fortsättning grovanalyschema

	Identifierad risk/scenario	Orsak	Konsekvenser	Riskvärdering		Kommentar
				S	K	
(5)	<b>Reservvattentäkt</b> fungerar/finns ej	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vattenkvaliteten håller ej</li> <li>- Otillräcklig kapacitet</li> <li>- Brist på kompetent personal</li> <li>- Rutiner</li> <li>- Elavbrott</li> <li>- Systemet ej regelbundet testat</li> </ul>	<p>Stor konsekvens om ordinarie vattenförsörjning uteblir och inget reservvatten finns tillgänglig. Resultatet blir att sjukhus står helt utan vatten</p>	C	3	Idag har endast 30 % av sjukhusen ett reservvattensystem. Norrvatten har reservvattentäkt i Ulriksdal, Solna, vilket man skulle kunna använda som reservvattentäkt?
(6)	<b>Larmhantering</b> av vattenleverantör	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mänsklig faktor</li> </ul>	<p>Sjukhus står utan vatten inom 24 tim</p>	C	3	Inträffat på sjukhus i Stockholm 2005