



UPPSALA  
UNIVERSITET



UPTEC W14025

Examensarbete 30 hp  
Augusti 2014

# Reservvattenförsörjning i Stockholms län

## en hållbarhetsanalys

---

Elin Andersson

## REFERAT

### Reservvattenförsörjning i Stockholms län – en hållbarhetsanalys

*Elin Andersson*

Befolkningen i Stockholms län väntas öka med omkring 445 000 personer från år 2010 till år 2030. Det ställer krav på många samhällsfunktioner, däribland dricksvattenförsörjningen. Idag försörjs mer än 90 % av länets invånare med vatten från Mälaren. Vattenförsörjningen kommer behöva anpassas efter befolkningsutvecklingen, både för att producera tillräckliga dricksvattenvolymer och för en driftsäker leverans. Vid problem med den reguljära dricksvattenförsörjningen kan vattenleveranserna säkerställas genom tillgång till reservvattentäkter. Redan idag (2014) är reservvattenförsörjningen i länet bristfällig och behöver utvecklas för att möta även det framtida vattenbehovet. Hur stora volymer reservvatten som behöver säkerställas, och till vilka områden, beror på vilka scenarier för driftsavbrott som ska kunna hanteras. Länet vattenresurser är geografiskt ojämnt fördelade och reservvattenbehovet är större i vissa delar av länet än i andra. Det innebär att för ett effektivt utnyttjande av de tillgängliga vattenresurserna krävs samordning mellan länets dricksvattenaktörer. Därför bör alternativ till hur reservvattenförsörjningen kan förbättras tas fram och utvärderas på regional nivå.

Syftet med examensarbetet var att studera scenarier och alternativ för reservvattenförsörjning i Stockholms län, framför allt genom en hållbarhetsanalys. Alternativen togs fram baserat på resultaten av tidigare studier av länets vattentillgångar. Fyra scenarier för avbrott i den reguljära vattenförsörjningen valdes ut. Med hänsyn till dessa och utifrån en uppskattning av vattenbehovet år 2030 identifierades två alternativ för reservvattenförsörjning, A och B, som kunde klara att ersätta hela vattenbehovet. Alternativen studerades med en hållbarhetsanalys, där de jämfördes med avseende på hållbarhetskriterier inom sex huvudkategorier: *Hälsa och hygien, Miljö, Ekonomi, Sociokultur, Teknisk funktionalitet* samt *Grad av oberoende*. Alternativen skiljde sig principiellt åt genom att systemalternativ A utnyttjade andra vattenresurser än Mälaren, medan systemalternativ B var fullständigt beroende av Mälaren.

Resultatet av hållbarhetsanalysen var att systemalternativ B är mer hållbart än systemalternativ A. Det beror framför allt på att systemalternativ B presterade bättre med avseende på de ekonomiska och miljömässiga kriterierna. Dock förutsattes i hållbarhetsanalysen att reservvattenlösningarna inte behövde vara oberoende av den ordinarie dricksvattentäkten (Mälaren). Om krav hade funnits på att reservvattenförsörjningen ska vara fullständigt oberoende av den reguljära vattentäkten skulle systemalternativ B inte uppfylla kravet. Om hållbarhetskategorin *Grad av oberoende* inte skulle ingått i analysen hade systemalternativ B blivit överlägset mer hållbart än systemalternativ A. Utifrån analysen kan konstateras att eventuella krav på reservvattenförsörjningens oberoende av den reguljära täkten behöver diskuteras i länet. Det är också intressant att diskutera om fördelarna med avseende på övriga hållbarhetsaspekter (förutom *Grad av oberoende*) överväger tillräckligt mycket hos systemalternativ B för att bortse från beroendet av Mälaren, även om det är olika delar av Mälaren som utnyttjas.

**Nyckelord:** Reservvatten, dricksvatten, hållbarhetsanalys, Stockholms län

*Institutionen för energi och teknik, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU),  
Box 7014, SE-750 07 Uppsala, Sverige  
ISSN 1401-5765*

## **ABSTRACT**

### **Backup water supply in Stockholm County – a sustainability analysis**

*Elin Andersson*

The population of Stockholm County will increase by approximately 445 000 people from 2010 until 2030. This makes demands on many societal services, including drinking water supply. Today more than 90 % of the Stockholm County inhabitants receive drinking water from Lake Mälaren. An adaption of the water supply to the population growth is necessary in order to produce enough water and to ensure reliable water supply. In case of problems in the regular water sources, water supply can be ensured by the use of backup water resources. Even today (2014), the backup water supply in the county is insufficient, and needs development in order to meet also the future water demand. The volumes of backup water needed, and their spatial distribution, depend on the scenarios for disruption of the regular supply to be handled. The water resources in the county are unevenly distributed and the need for backup water is greater in some parts of the county than in others. This means that in order to ensure an efficient use of the available water resources, coordination between the county's different drinking water actors is necessary. Therefore, alternatives for improvements of the backup water supply should be developed and evaluated on a regional level.

The aim of the master's thesis was to study scenarios and alternatives for backup water supply in Stockholm County, mainly by the use of sustainability analysis. The alternatives were developed based on results from earlier studies of the water resources in the county. Four scenarios for disruption of the regular water supply were chosen. In regards to these scenarios and based on an estimation of the water need 2030, two alternatives for backup water supply were identified, systems alternative A and B. The alternatives were assessed by a sustainability analysis, where they were compared based on six main categories: *Health and hygiene, Environment, Economy, Socio-culture, Technical robustness* and *Magnitude of independence*. The alternatives were principally different in that systems alternative A included exclusively other water resources than Lake Mälaren, while systems alternative B was fully dependent on Lake Mälaren.

The result of the sustainability analysis was that systems alternative B is more sustainable than systems alternative A. This is mainly due to the fact that systems alternative B had a better performance in terms of the economic and environmental criteria. However, in the sustainability analysis it was assumed that the backup water systems did not have to be independent of the regular water source (Lake Mälaren). If there would have been a requirement of the backup water supply to be fully independent of the regular water supply, then systems alternative B would not have been qualified. If the sustainability category *Magnitude of independence* would not have been included in the analysis, then systems alternative B would have been far superior to systems alternative A. From the analysis it is clear that possible requirements of independency of the backup water supply from the regular water supply, need to be discussed in the Stockholm County. It is also interesting to discuss whether the advantages in terms of the other sustainability aspects (besides *Magnitude of independence*) are large enough for systems alternative B to motivate a disregard of the dependency of Lake Mälaren, which however uses different parts of Lake Mälaren.

**Keywords:** Backup water, drinking water, sustainability analysis, Stockholm County

*Department of Energy and Technology, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Box 7014, SE-750 07 Uppsala, Sweden*  
*ISSN 1401-5765*

## FÖRORD

Detta examensarbete omfattar 30 högskolepoäng och utgör den sista terminen på civilingenjörsprogrammet i miljö- och vattenteknik på Uppsala universitet. Arbetet har utförts under vårterminen 2014 på uppdrag av Urban Water Management och i samarbete med Tyréns. Examensarbetet har delvis ingått i förstudieprojektet *Regional vattenförsörjningsplan i Stockholms län – en förstudie med fokus på sjön Yngern*, med finansiering från Stockholms läns landstings miljöbidrag, VAS-rådet, Tyréns och Urban Water Management. Erik Kärrman på Urban Water Management har varit handledare och Håkan Jönsson på Institutionen för energi och teknik på Sveriges lantbruksuniversitet har varit ämnesgranskare.

Jag vill rikta ett stort tack till alla som bidragit till stöd, uppmuntran och givande diskussioner inom examensarbetet. Framför allt vill jag tacka min handledare Erik för stöd och ledsagning i mitt arbete, särskilt kopplat till hållbarhetsanalysen. Tack Krister Törneke och Lena Tilly på Tyréns för alla intressanta diskussioner och guidning i länets dricksvattenfrågor. Även min ämnesgranskare Håkan ska ha ett särskilt tack för de värdefulla synpunkterna på rapportens utformning.

Slutligen vill jag också tacka alla medarbetare på Urban Water och övriga kontorsvänner för att ni fått mig att känna mig som en i gänget!

*Elin Andersson*  
Stockholm, juni 2014

# POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING

## Reservvattenförsörjning i Stockholms län – en hållbarhetsanalys

Elin Andersson

Invånarna i Stockholms län får sitt dricksvatten framför allt från Mälaren. Vid större avbrott i den normala vattenförsörjningen är länets reservvattentillgångar otillräckliga. Eftersom befolkningen i länet väntas öka kommer bristen på reservvatten bli ännu större i framtiden om inga åtgärder vidtas. Hur mycket reservvatten som behövs, och till vilka delar av länet, beror på vilka scenarier för avbrott i den reguljära dricksvattenförsörjningen som länet behöver kunna hantera. Länets vattenresurser är ojämnt fördelade. Genom samarbete mellan de som ansvarar för dricksvattenförsörjningen i olika delar av länet kan reservvattenlösningar tas fram som på ett så effektivt sätt som möjligt löser bristen i alla länets delar, vid olika scenarier som leder till avbrott i den normala försörjningen. Det finns flera typer av hot som kan leda till sådana avbrott. Ett hot som riskerar att orsaka långa avbrott är förorening av Mälaren genom till exempel förändrad avrinningsbildning, utsläpp av avloppsvatten eller oljeutsläpp till följd av en olycka.

Syftet med examensarbetet var att ta fram scenarier för avbrott i den normala vattenförsörjningen och att utifrån dessa, och med hänsyn till befolkningsutvecklingen i Stockholms län fram till år 2030, studera alternativ för reservvattenförsörjning med en hållbarhetsanalys. Fyra scenarier som kan orsaka avbrott i den normala vattenförsörjningen valdes ut. Därefter studerades olika typer av åtgärder som kan bidra till förbättrade reservvattentillgångar. Dessa inkluderade andra sjöar än Mälaren, nya grundvattentäkter, ett utökat utnyttjande av grundvattentäkter som redan används för reservvattenförsörjning, nya ledningar och sammankopplingar mellan olika distributionsområden samt vattenuttag från andra delar av Mälaren än de som utnyttjas idag. Utifrån studien kombinerades åtgärder till två olika alternativ som kan bidra med reservvatten till hela länet vid inträffande av de studerade scenarierna. De två alternativen skiljde sig principiellt åt genom att alternativ A enbart inkluderade lösningar som var oberoende av Mälaren (till exempel andra sjöar, grundvattentäkter och sammankopplingar av distributionssystem), medan alternativ B var fullständigt beroende av Mälaren eftersom reservvattnet antogs tas från Mälaren, om än från andra delar av Mälaren än normalt.

De två alternativen studerades med en hållbarhetsanalys. Hållbarhetsanalys är en metod som kan användas när det finns flera olika alternativ till lösningar som kan bidra med en viss funktion, till exempel reservvattenförsörjning. Analysen innebär att alternativen jämförs med avseende på olika kriterier, och bidrar till ett väl underbyggt val av alternativ. De olika kriterierna som ingår i analysen utgörs ofta av hälso- och miljömässiga, ekonomiska, sociala och tekniska aspekter. I examensarbetet studerades de två alternativen med avseende på kriterier inom ovan nämnda huvudkategorier. Dessutom användes en sjätte huvudkategori som var *Grad av oberoende*. Denna kategori speglade hur beroende alternativen var av Mälaren, den normala dricksvattenkällan. Resultatet av hållbarhetsanalysen var att alternativ B är att föredra framför alternativ A. Det beror främst på att alternativ B presterade bättre med avseende på de ekonomiska och miljömässiga kriterierna. Dock förutsattes i hållbarhetsanalysen att reservvattenlösningarna inte behövde vara oberoende av Mälaren. Om krav hade funnits på att reservvattenförsörjningen skulle vara fullständigt oberoende av Mälaren skulle systemalternativ B inte varit kvalificerat. Om hållbarhetskategori *Grad av oberoende* inte skulle ingått i analysen hade alternativ B blivit överlägset mer hållbart än alternativ A. Utifrån analysen kan konstateras att eventuella krav på reservvattenförsörjningens oberoende av Mälaren behöver diskuteras i länet. Det är också intressant att diskutera om fördelarna med

avseende på övriga hållbarhetsaspekter (förutom *Grad av oberoende*) överväger tillräckligt mycket hos alternativ B för att bortse från beroendet av Mälaren.

# INNEHÅLL

1.	INLEDNING.....	1
2.	SYFTE OCH AVGRÄNSNINGAR .....	2
3.	BAKGRUND .....	3
3.1.	DRICKSVATTENFÖRSÖRJNING .....	3
3.2.	RESERVVATTEN.....	4
3.3.	DRICKSVATTENFÖRSÖRJNING I STOCKHOLMS LÄN .....	5
3.3.1.	Reguljär dricksvattenförsörjning .....	5
3.3.2.	Reservvattenförsörjning .....	6
3.4.	LAGSTIFTNING OCH PLANER .....	7
3.5.	HOT MOT DRICKSVATTENFÖRSÖRJNINGEN.....	8
3.6.	VATTENBEHOV .....	9
3.7.	ANALYSMETOD FÖR VAL AV VATTENFÖRSÖRJNINGSSALTERNATIV.....	10
3.7.1.	Hållbarhetsanalys .....	10
3.7.2.	Kriterier.....	11
3.7.3.	Indikatorer .....	11
3.7.4.	Verktyg .....	12
3.7.4.	Hållbarhetsanalys för dricksvattensystem .....	14
4.	METODER .....	17
4.1.	RESERVVATTENLÖSNINGAR .....	17
4.2.	HÅLLBARHETSANALYS .....	18
5.	RESULTAT.....	20
5.1.	RESERVVATTENLÖSNINGAR .....	20
5.1.1.	Vattenproduktion år 2030.....	20
5.1.2.	Nuvarande reservvattenkapacitet.....	21
5.1.3.	Scenarier.....	21
5.1.4.	Reservvattenbrist 2030 .....	22
5.1.5.	Åtgärder mot reservvattenbrist .....	23
5.1.6.	Principalalternativ .....	26
5.1.7.	Principalalternativens bidrag per scenario.....	29
5.2.	HÅLLBARHETSANALYS .....	29
5.2.1.	Problemdefinition.....	29
5.2.2.	Hållbarhetskriterier .....	30
5.2.3.	Systemalternativ.....	31
5.2.4.	Dimensionering av ledningar och ledningsgravar .....	32

5.2.5.	Metod för betygssättning .....	34
5.2.6.	Analys och betygssättning.....	34
6.	DISKUSSION .....	56
7.	SLUTSATS .....	60
8.	REFERENSER .....	61
	Bilaga 1 – Kommunvis sammanställning av dricksvattenförsörjningen.....	67
	Bilaga 2 – Data från VeVa .....	69



## 1. INLEDNING

Befolkningen i Stockholms län försörjs till mer än 90 % med dricksvatten från Mälaren genom tre dricksvattenproducenter: Norrvatten, Stockholm Vatten och Telge Nät (Lindström m.fl., 2009). Generellt finns god tillgång till dricksvatten i länet. Det har dock identifierats flera riskhändelser som kan hota den reguljära dricksvattenförsörjningen (Olofsson m.fl., 2001b; Olofsson och Törneke, 2006; Törneke och Pettersson, 2008 m.fl.). Därför är det viktigt att det finns reservvattensystem som kan tas i bruk då den reguljära försörjningen inte fungerar. Med reservvatten menas vatten som kommer från en alternativ källa, eller via en alternativ huvudledning, och distribueras via det ordinarie ledningsnätet (Livsmedelsverket, 2007). I dessa sammanhang talas också ofta om nödvatten. Nödvatten är dricksvatten som inte distribueras via ett ledningsnät, utan levereras med vattentankar direkt till berört område. Tillgången till reservvatten är bristfällig i stora delar av länet. Ett avbrott i den reguljära försörjningen från något eller flera av de stora dricksvattenverken kan därför få allvarliga konsekvenser, då en stor del av länets befolkning riskerar att stå utan dricksvatten. Situationen tenderar att bli svårare eftersom befolkningen i länet kommer att fortsätta växa (Stockholms läns landsting, 2010). Det medför både fler abonnenter som kan beröras av reservvattenbristen, såväl som förstärkt hot mot dricksvattentäkterna. Det är därför viktigt att beslut fattas om hur länets reservvattenbrist ska lösas.

Möjligheter till reservvattenförsörjning har diskuterats i tidigare utredningar. Framförallt i VAS-rådets rapport nr 6, *Dricksvattenförekomster i Stockholms län*, har länets aktuella och potentiella dricksvattenkällor inventerats (Lindström m.fl., 2009). I utredningen har ett stort antal potentiella dricksvattentäkter identifierats, men inte närmare utretts. I andra konsultrapporter har reservvattenlösningar på lokal nivå utretts för exempelvis enskilda kommuner, eller för de olika vattenproducenterna. Inga utredningar har hittills tagit ett samlat grepp om hela länet vad gäller reservvattenfrågan.

Att samordna reservvattenfrågan på länsnivå är viktigt och det krävs gemensamma beslut om vilka åtgärder som ska satsas på för att förbättra reservvattenförsörjningen. På så sätt uppnås en effektivitet i utbyggnaden av de nya tekniska systemen och de ojämnt fördelade vattenresurserna kan utnyttjas på bästa sätt. Den stora geografiska skalan och det stora antalet berörda aktörer innebär att frågan om vilka åtgärder som ska vidtas är komplex. Därför behövs ett välstrukturerat arbetssätt för valet av åtgärder, där de olika aspekterna som påverkar valet utreds. Det kan till exempel göras genom att använda hållbarhetsanalys. Hållbarhetsanalys innebär att olika alternativ som uppfyller en önskad funktion jämförs med avseende på ett antal kriterier. Kriterierna värderar alternativens prestationer, ofta med avseende på hälso- och miljömässiga, ekonomiska, sociala och tekniska aspekter. Metoden har tidigare använts i VA-sammanhang, men hittills framför allt på avloppssidan.

## **2. SYFTE OCH AVGRÄNSNINGAR**

Syftet med examensarbetet var att studera scenarier och alternativ för reservvattenförsörjning i Stockholms län, framför allt genom en hållbarhetsanalys. Scenarier för avbrott i den reguljära vattenförsörjningen valdes utifrån tidigare utredningar och erfarenheter. Med hänsyn till scenarierna och tidigare studier av länets vattenresurser togs alternativ för reservvattenförsörjningen fram. Alternativen skulle hantera vattenbehovet år 2030 och krävde därför en analys av befolkningsutvecklingen och den framtida vattenanvändningen. De främsta alternativen som kunde hantera reservvattenbristen i hela länet analyserades med en hållbarhetsanalys, i syftet att bedöma vilket alternativ som är att föredra. Före analysen skulle lämpliga kriterier och metoder för analys av reservvattenalternativen utredas. Hållbarhetsanalysen syftade också till att beskriva arbetsgången inför en mer genomgripande analys som kan göras då scenarier och alternativ utretts mera detaljerat än vad som var möjligt i examensarbetet.

Arbetet avgränsades till att enbart omfatta de invånare som har vattenförsörjning från de tre stora dricksvattenproducenterna i länet (Norrvatten, Stockholm Vatten och Telge Nät). Det ingick inte heller någon riskanalys eller närmare utredning av orsakerna till avbrott i den reguljära dricksvattenförsörjningen. Studien innefattade inte nödvattenförsörjning.

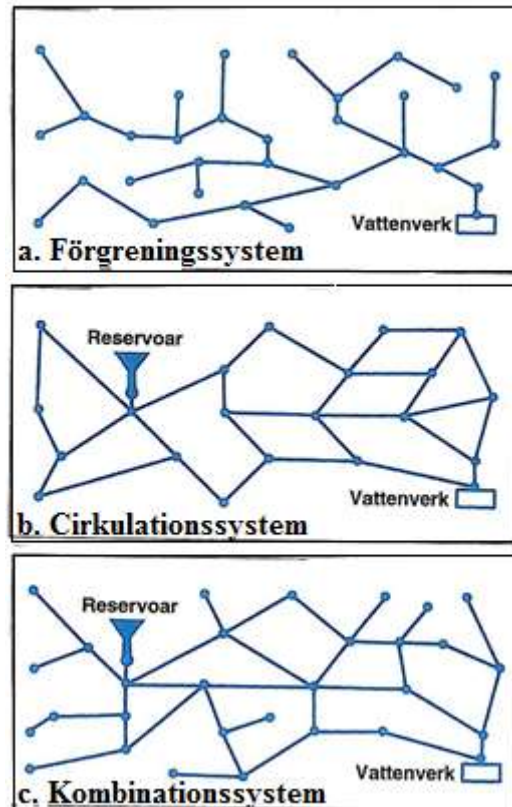
### **3. BAKGRUND**

#### **3.1. DRICKSVATTENFÖRSÖRJNING**

Tekniska system för dricksvattenförsörjning består av tre delar: råvattentäkt, dricksvattenverk och ledningsnät (Lindhe m.fl., 2009). Vattentäkten där råvattnet tas kan vara antingen en ytvattentäkt eller en grundvattentäkt. Oftast är vattnet i grundvattenmagasin renare än ytvatten, och kräver därför mindre rening innan det kan tjäna som dricksvatten. För att öka vattentillgången i ett grundvattenmagasin utnyttjas ofta konstgjord grundvattenbildning, vilket innebär att vatten på artificiell väg tillförs ett grundvattenmagasin. I Sverige är den vanligaste typen av konstgjord grundvattenbildning så kallad bassänginfiltration där ytvatten leds från till exempel en närbelägen sjö till bassänger på sand- och grusavlagringar (Engblom och Lundh, 2006). Vattnet infiltreras i grundvattenmagasinet och på så sätt förstärks magasinets grundvattenbildning. En annan typ av konstgjord grundvattenbildning är inducerad infiltration, där grundvattenytan vid uttaget sänks för att på så sätt tvinga fram infiltration av högre stående ytvatten till grundvattenmagasinet. I Sverige kommer ungefär hälften av det producerade dricksvattnet från ytvatten. Resten kommer till lika delar från konstgjort och naturligt grundvatten (Ojala m.fl., 2007).

Reningen i vattenverken ser olika ut beroende på råvattnets kvalitet. För grundvatten består reningen ofta av luftning, filtrering, pH-justering och desinfektion (Svenskt Vatten, 2010a), medan det vid ytvattenrening ofta även krävs kemisk fällning, sedimentering och flotation (Svenskt Vatten, 2010b). Renat dricksvatten distribueras till abonnenterna via ett ledningsnät. Generellt består ledningsnätet av större huvudledningar som förgrenar sig i allt mindre distributionsledningar. Det finns olika typer av ledningssystem. I ett förgreningssystem kan vatten till en punkt i nätet endast fås från ett håll (enkelmatning) (figur 1a). Cirkulationssystem å andra sidan är utformade på ett sådant sätt att varje punkt i nätet kan förse med vatten från två eller flera håll, vilket innebär större leveranssäkerhet (figur 1b). Ofta används kombinationer av de två systemen där mer perifera områden vanligen förse med enkelmatning medan de centrala delarna består av cirkulationssystem (figur 1c).

Vid dimensionering av ett ledningsnät tas hänsyn till topografi och bebyggelse genom att distributionsområdet delas in i tryckzoner så att trycket hos användarna ligger inom givna gränser. För att kunna förse högt belägna områden med vatten utgörs ledningssystemet där ofta av en högzon, där vattentrycket höjs i tryckstegringsstationer. På samma sätt sänks trycket i lågt belägna områden med hjälp av tryckreducering. För att utjämna tryckskillnader och för att bistå med mindre reservvattenvolymer används ofta vattenreservoarer eller vattentorn på lämpliga platser i distributionsområdet (VAV, 2001).



Figur 1 Olika typer av ledningssystem. Modifierad efter VAV (2001).

### 3.2. RESERVVATTEN

Livsmedelsverket, som är tillsynsmyndighet för dricksvatten, definierar reservvatten som vatten för dricksvattenförsörjning som tas från en alternativ källa, eller via en alternativ huvudledning, och distribueras via det ordinarie ledningsnätet (Livsmedelsverket, 2007). Denna definition säger ingenting om hur oberoende den alternativa källan bör vara av den ordinarie dricksvattentäkten. Det är därför oklart om till exempel en täkt på en annan plats än den ordinarie täkten i en vattenresurs kan räknas som en reservvattentäkt. Med nödvatten avses dricksvatten som inte distribueras via ett ledningsnät utan levereras med vattentankar direkt till berört område. Det är således en stor skillnad i vilka kvantiteter reservvatten- och nödvattenlösningar kan leverera vatten. Nödvattenförsörjningen är enbart avsedd att räcka till mat, dryck och personlig hygien, medan reservvattenförsörjningen kan motsvara hela den ordinarie dricksvattenförsörjningen.

Detta examensarbete avser reservvattenförsörjning och behandlar inte nödvattenförsörjning. Här har antagits att det inte finns något krav på att reservvattenförsörjningen måste vara fullständigt oberoende av de reguljära dricksvattenanläggningarna, vare sig med avseende på täkt eller vattenverk. Dricksvatten från en reservvattentäkt ska skyddas och motsvara vattenkvaliteten hos den ordinarie täkten. Det bör kunna användas i samma kvantiteter som primärvattnet (SGU, 2009). Viktiga frågeställningar i anslutning till reservvattenförsörjning är under hur lång tid en reservvattentäkt bör kunna utnyttjas och i vilken omfattning den ska kunna ersätta den reguljära vattenförsörjningen. Det kan analyseras genom en riskanalys där risker med hög sannolikhet och stora konsekvenser avgör lämplig kapacitet hos reservvattenförsörjningen.

### 3.3. DRICKSVATTENFÖRSÖRJNING I STOCKHOLMS LÄN

#### 3.3.1. Reguljär dricksvattenförsörjning

Stockholms län har knappt 2,2 miljoner invånare (Statistiska centralbyrån, 2014a), varav cirka 95 % får sitt dricksvatten genom allmän dricksvattenförsörjning (Törneke m.fl., 2011). Mälaren är den överlägset största källan då mer än 90 % av länets dricksvatten kommer därifrån (Lindström m.fl., 2009). Endast cirka 5 % av länets befolkning har enskild vattenförsörjning (Törneke m.fl., 2011). De största producenterna av det allmänna dricksvattnet utgörs av Stockholm Vatten, Norrvatten och Telge Nät. Därutöver har flera kommuner egna vattentäkter. Figur 2 visar den huvudsakliga uppdelningen mellan de tre huvudproducenternas distributionsområden.



**Figur 2** Ungefärlig indelning av distributionsområdena hos Stockholms läns tre stora dricksvattenproducenter. Figuren visar även lokaliseringen av de fyra stora dricksvattenverken (bakgrundskarta från Eniro, 2014).

#### Försörjningsområden och råvattentäkter

Norrvatten försörjer cirka en halv miljon människor i de norra delarna av länet. Det motsvarar cirka 25 % av länets totala dricksvattenförsörjning (Törneke m.fl., 2011). Råvattnet tas från Görvålnfjärden i Mälaren och leds till Görvålnverket där dricksvattenproduktionen sker (Norrvatten, 2014a).

Stockholm Vatten försörjer cirka 1,3 miljoner människor i de centrala och södra delarna av länet (Stockholm Vatten, 2014a). Det motsvarar cirka 65 % av länets totala dricksvatten-

försörjning (Törneke m.fl., 2011). Råvattnet tas från Mörbyfjärden och Rödstensfjärden i Mälaren och renas i Lovöverket respektive Norsborgsverket.

Telge Nät försörjer stora delar av befolkningen i Södertälje och Nykvarns kommuner med dricksvatten, motsvarande cirka 5 % av länets totala försörjning (Törneke m.fl., 2011). Råvattnet tas vid Bastmora i Mälaren, och leds till Malmsjöåsen där det infiltreras för att skapa konstgjord grundvattenbildning. Grundvatten ur åsen tas sedan från flera platser, men framför allt i Djupdal där det renas i Djupdals vattenverk (Lindström m.fl., 2009).

Kommuner som även har egen dricksvattenproduktion inkluderar Norrtälje, Nynäshamn, Haninge, Botkyrka och Värmdö. I Norrtälje kommun sker en stor del av dricksvattenproduktionen i Nånöverket där råvattnet tas från sjön Erken. För närvarande pågår dock en ledningsutbyggnad för att abonnenter med vatten från Nånöverket från år 2015 ska försörjas av Norrvatten (Berggren, pers. medd.). Övrig kommunal dricksvattenproduktion sker främst från lokala grundvattentäkter. I bilaga 1 finns en kommunvis sammanställning av dricksvattenförsörjningen i länet och en karta som visar samtliga länets kommuner.

#### Behandlingsteknik och distributionsområden

I Görveln- Lovö- och Norsborgsverken används i huvudsak samma behandlingsteknik för råvattnet. Den består bland annat av kemisk fällning, filtrering och desinfektion. I Djupdals vattenverk behandlas vattnet framför allt genom luftning, filtrering och desinfektion.

Distributionsystemen i länet består till största delen av cirkulationsnät. Det finns dock mindre områden som enbart försörjs genom enkelmatning. Norrvatten, Stockholm Vatten och Telge Nät ansvarar för huvudledningarna, medan kommunerna ofta ansvarar för de mindre distributionsledningarna. Inom hela länet finns ett flertal pumpstationer och reservoarer för tryck- och flödesutjämning. Reservoarerna kan även användas vid mindre driftavbrott (Törneke m.fl., 2011). För att reducera påverkan av driftavbrott är distributionsområdena ofta indelade i mindre zoner som är sammankopplade och kan regleras med hjälp av ventiler (Norrvatten, 2014b). Dessutom är Stockholm Vattens och Norrvattens distributionsområden sammankopplade i två punkter, i syftet att fungera som vattenreserver åt varandra (Törneke, 2014). Telge Näts område är dock inte kopplat till övriga system. Hos de kommuner som har delvis egen vattenförsörjning finns också mindre områden som inte är kopplade till de större systemen (Törneke m.fl., 2011).

#### **3.3.2. Reservvattenförsörjning**

Att distributionssystemen främst består av cirkulationsnät innebär en större säkerhet vid leveransavbrott jämfört med enkelmatning. Vattnet i reservoarerna kan ersätta den reguljära försörjningen vid kortare driftavbrott, upp till cirka ett dygn. Vid längre avbrott behövs andra reservvattenkällor (Törneke m.fl., 2011).

Länets främsta reservvattenkälla är Bornsjön som ligger inom Stockholm Vattens område och är ansluten till Norsborgsverket. Den kan bidra till en produktion av 180 000 - 200 000 m<sup>3</sup>/dygn under 3-5 månaders tid (Ekvall, pers. medd.). Norrvattens främsta reservvattenkälla utgörs av fyra grundvattentäkter i Stockholmsåsen. Ur dessa tillåts enligt gällande vattendom ett uttag av 90 000 m<sup>3</sup>/dygn i fyra dygn (Johansson, B., pers. medd.). Telge Näts område kring Södertälje saknar uttalat reservvattensystem. Dock kan grundvattenuttaget ur tälkten i Malmsjöåsen fortgå i flera månader utan tillförsel av Mälarevatten. Inom länet finns också ett

flertal kommunala grundvattentäkter för reservvattenförsörjning, bland annat i Norrtälje, Botkyrka, Ekerö, Haninge, Nynäshamn och Värmdö kommuner (Lindström m.fl., 2009).

VAS-rådet initierade projektet *Dricksvattenförekomster i Stockholms län - Prioriteringar för långsiktigt skydd* som blev klart 2009 (Lindström m.fl., 2009). Inom projektet identifierades och utvärderades vattenförekomster av intresse för länets framtida vattenförsörjning. Utvärderingen innefattade både vattenförekomsternas potential för primär- och reservvattenförsörjning och deras behov av långsiktigt skydd. Ett stort antal regionala och nationella aktörer var inblandade i projektet som mynnade ut i ett gediget underlag för prioriteringar för primär- och reservvattenförsörjningen i länet. I rapporten bedöms dagens reservvattenkällor inte kunna kompensera i tillräcklig utsträckning för eventuella avbrott i den reguljära dricksvattenförsörjningen. Ett krisläge där vattenintagen från Mälaren slås ut kan därför ge svåra konsekvenser för dricksvattenförsörjningen i stora delar av länet. Därför är det av stor vikt att planera och utveckla reservvattensystemen inom länet. Förutom i VAS-rådets rapport från 2009 har reservvattenförsörjningen i länet diskuterats i ett flertal andra utredningar (Törneke m.fl., 2011; Olofsson och Törneke, 2006; Törneke och Pettersson, 2008 m.fl.)

### **3.4. LAGSTIFTNING OCH PLANER**

Dricksvattenfrågor regleras inom EU:s ramdirektiv för vatten (2000/60/EG). Direktivet omfattar både yt- och grundvatten och har bland annat som mål att hindra och minska föroreningar och att främja hållbar användning av vatten (Europa, 2014). För att möta målen i EU:s vattendirektiv har vattenförvaltningen i Sverige delats in i fem vattendistrikt med en vattenmyndighet i varje distrikt. Vattenmyndigheterna ansvarar för att analysera och beskriva tillståndet i Sveriges vattenförekomster och ta fram åtgärdsprogram, förvaltningsplaner och miljö kvalitetsnormer för dessa (Vattenmyndigheterna, 2014). Det finns även ett flertal andra myndigheter som har ansvar för dricksvattenfrågor, bland annat Havs- och vattenmyndigheten (HaV) som arbetar med bevarande, restaurering och hållbar användning av sjöar, hav och vattendrag (HaV, 2014a). HaV har centralt tillsynsansvar för till exempel skydd av dricksvattenförekomster, vattenskyddsområden och dricksvattentäkter (Svenskt Vatten, 2014a). Även Livsmedelsverket fungerar som en central tillsynsmyndighet för dricksvatten från allmänna anläggningar. EU:s direktiv om dricksvatten (98/83/EG) som innehåller krav på dricksvattenkvaliteten har införlivats i Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten. Bland annat regleras här produktion och distribution samt gränsvärden för olika ämnen i dricksvattnet (Livsmedelsverket, 2014). Dricksvattenfrågor hanteras även inom flera andra nationella lagstiftningar, bland annat i miljöbalken (1998:808), plan- och bygglagen (1987:10) och i lagen om allmänna vattentjänster (2006:412). De berörs också av de nationella miljömålen, särskilt målen om grundvatten av god kvalitet, levande sjöar och vattendrag och hav i balans samt levande kust och skärgård.

Livsmedelsverkets föreskrifter skiljer inte på om dricksvattnet kommer från en reguljär vattentäkt eller från en reservvattentäkt. Det är samma kontroll- och kvalitetskrav på reservvatten som på primärvatten, oavsett under vilken tidsperiod reservvattnet nyttjas. I föreskrifterna framhävs också vikten av att reservvattentäkter finns tillgängliga, i synnerhet om riskerna för avbrott i dricksvattenförsörjningen är stora. Det finns dock inga krav på att en producent ska tillhandahålla alternativ till den reguljära försörjningen (Livsmedelsverket, 2006). VA-bolagen har med andra ord ingen juridisk skyldighet att ordna med reservvatten.

Dricksvattenförsörjningen regleras också, tillsammans med spillvatten- och dagvattenhanteringen, i kommunernas VA-planer. Dessa syftar till att bidra till en mer effektiv samhällsplanering och till ett genomtänkt resursanvändande i VA-verksamheterna. Det finns

idag inga lagkrav på att kommunerna ska upprätta VA-planer. Däremot finns lagar (se ovan) som reglerar VA-frågor, vilket indirekt nödvändiggör kommunal VA-planering. Dessutom ingår upprättandet av kommunala VA-planer som en del i vattenmyndigheternas åtgärdsprogram för att genomföra EU:s ramdirektiv för vatten. VA-planerna bygger delvis på kommunernas vattenförsörjningsplaner som syftar till att säkra dricksvattenförsörjningen i ett område på lång sikt (HaV, 2014b). Vattenförsörjningsplanerna bygger på inventeringar av kommunernas vattentillgångar och innehåller bland annat vattenskyddsbestämmelser och åtgärder för att effektivisera vattenanvändningen (Blad m.fl., 2009). Inte heller vattenförsörjningsplaner fordras enligt lag men liksom för VA-planerna finns ett indirekt behov av dem. Blad m.fl. (2009) åberopar också värdet av att ta fram regionala vattenförsörjningsplaner som kan användas som underlag i den kommunala vattenförsörjningsplaneringen.

### **3.5. HOT MOT DRICKSVATTENFÖRSÖRJNINGEN**

I Livsmedelsverkets handbok om risk- och sårbarhetsanalys för dricksvatten har oönskade händelser som kan påverka vattenförsörjningen listats. Listan inkluderar akut förorening av vattentäkten eller dess tillrinningsområde, akut förorening i vattenverket, förorening från ledningsgrav till ledningsnätet, felkoppling av ledningar vid underhålls- eller ombyggnadsarbete, kritiskt ledningsbrott, driftavbrott i pumpar, skadegörelse och sabotage, omfattande olycka i området, översvämning, långvarig torka med mera (Livsmedelsverket, 2007).

För Stockholms län har det starka beroendet av östra Mälaren som vattentäkt fört med sig flera hotbilder mot dricksvattenförsörjningen, vilket ställer krav på en säkrare reservvattenförsörjning. Förhöjda temperaturer och nederbörd i samband med klimatförändringarna kommer att innebära en höjning av havsvattennivån. Det medför förhöjda risker för saltvatteninträngning och en större avrinning till Mälaren. Saltvatten och ökad tillrinning påverkar vattenkvaliteten negativt. Förutom klimatrelaterade risker finns risker som är mer direkt kopplade till mänskliga aktiviteter i eller i närheten av Mälaren. Enligt Törneke m.fl. (2011) är de största riskerna för vattenförsörjningen:

- Utsläpp direkt i vattnet från fartyg eller fritidsbåtar (latrin, olja m.m.)
- Utsläpp genom bräddning av avloppsvatten eller läckage från sjöförlagd avloppsledning
- Utsläpp från olycka vid transport av farligt gods på väg eller järnväg
- Utsläpp från närliggande industrier
- Utsläpp av förorenat släckvatten vid större brand

Inom länet finns också ett flertal grundvattentäkter. Generellt är grundvattentäkter inte lika sårbara som ytvattentäkter då de skyddas av marklagren. Om förorening av grundvatten sker kan problemet dock kvarstå under en betydligt längre tid än för ytvatten, då omsättningstiden är stor och saneringsarbeten svåra. I Södertälje används Mälarvatten för infiltration i grundvattentäkter, vilket ger en extra stor sårbarhet (Tilly m.fl., 2011).

I reservvattenplaneringen måste hänsyn tas både till risker som medför kapacitetsbrist och till risker som medför kvalitetsproblem. I händelse av sämre vattenkvalitet i en dricksvattentäkt ställs man inför ett val. Antingen kan distributionen fortgå i normal kvantitet men med ett vatten av sämre kvalitet, alternativt stoppas uttaget från täkten och reservvattendistributionen sker med ett vatten i normal eller mindre kvantitet och med normal kvalitet. Om reservvatten inte finns tillgängligt kan det bli nödvändigt att distribuera ett vatten som är otjänligt som dricksvatten. Detta vatten behövs och kan riskfritt användas till exempelvis toalettspolning. Eventuellt kan det användas som dricksvatten efter kokning (Kärman m.fl., 2014).



### 3.6. VATTENBEHOV

I planeringen av reservvattensystemen måste hänsyn tas till befolkningsutvecklingen i länet. Både den kvantitativa och den geografiska befolkningsförändringen måste analyseras. Länets befolkningsökning har sedan 1970 skett genom lika delar förtätning och geografisk utbredning. I planeringen av länets utveckling, bland annat inom den regionala utvecklingsplanen för Stockholms län (RUFSS), strävar man efter att möjliggöra för en ökad förtätning och en utvecklad flerkärnighet. Bland annat görs detta genom förbättringar av transportkommunikationerna. I RUFSS (2010) har man tagit hänsyn till osäkerheter i befolkningsprognoser genom att redovisa två alternativ som motsvarar en lägsta och en högsta utvecklingstakt. I planeringen av dricksvattenförsörjningen bör man för att vara på den säkra sidan räkna med den högre utvecklingstakten. Enligt denna kommer länets totala befolkning öka med 445 000 personer från år 2010 fram till år 2030. Det innebär en befolkning på 2,5 miljoner i länet år 2030. I RUFSS betonas vikten av att göra den idag starkt enkärniga regionen mer flerkärnig. Detta ska göras genom att satsa på utveckling i åtta yttre regionala stadskärnor: Barkarby-Jakobsberg, Kista-Sollentuna-Häggvik, Arlanda-Märsta, Täby-Arninge (Täby kommun), Kungens kurva-Skärholmen, Flemingsberg, Haninge centrum samt Södertälje (figur 3).



**Figur 3** Centrala regionkärnan och de åtta yttre regionala stadskärnorna (Stockholms läns landsting: Tillväxt, miljö och regionplanekontoret, 2014).

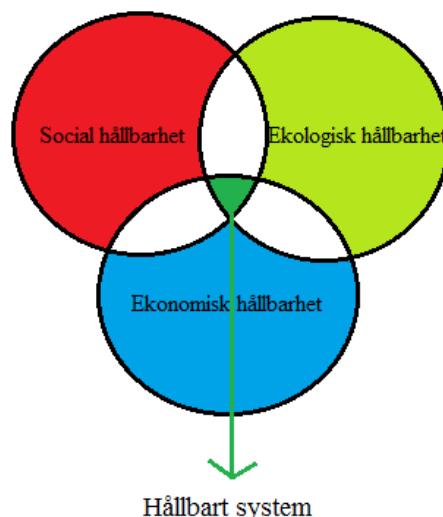
Vattenanvändningen är idag i medeltal 160 liter per person och dygn (Svenskt Vatten, 2014b), och dricksvattenbehovet förväntas öka i ungefär samma takt som befolkningen. De senaste årtiondena har trenden varit att dricksvattenanvändningen per person minskat samtidigt som befolkningen ökat. Detta förlopp har skett på ett sådant sätt att den totala vattenanvändningen i hushållen varit relativt jämn i tiden. Att den specifika vattenanvändningen minskat beror dels på en ökad miljömedvetenhet, dels på effektiviseringar i våra vattenförbrukande system (Statistiska centralbyrån, 2007; Norrvatten, 2014c). Det är dock troligt att vattenanvändningen

per person inte kommer att fortsätta minska i samma takt som tidigare. De senaste åren har man noterat en ökning i den totala vattenanvändningen i hushållen (Statistiska centralbyrån, 2012).

### 3.7. ANALYSMETOD FÖR VAL AV VATTENFÖRSÖRJNINGSAKTERNATIV

#### 3.7.1. Hållbarhetsanalys

Begreppet hållbar utveckling fick sitt stora genomslag i och med FN-rapporten *Vår gemensamma framtid* (även kallad Bruntlandsrapporten) från år 1987 (Palme, 2007). Idag används begreppet flitigt och med många olika meningar. Därför finns flera olika definitioner på hållbar utveckling. Bruntlandskommissionen definierade det år 1987 som ”en utveckling som tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov”. Den växande medvetenheten om vikten av ett hållbart samhälle har inneburit att vi lägger mer och mer resurser på att uppnå hållbarhet. Tillvägagångssättet och omfattningen varierar från situation till situation, vilket är naturligt med tanke på begreppets vida mening och dynamiska natur (Hedenfelt, 2013). Att hållbarhet är dynamiskt är en nödvändighet då det behöver återspegla vårt snabbt föränderliga och dynamiska samhälle (Bossel, 1999). Hållbarhetsutvärderingar brukar traditionellt delas in i tre delar där man studerar ekologiska, sociala och ekonomiska aspekter av hållbarhet. Ett hållbart system kan uppnås då hänsyn tas till samtliga av de tre delarna (figur 4). Ekologisk hållbarhet innebär att naturresurser används och ekosystem påverkas på ett sätt så att våra ekosystem bevaras i gott skick till kommande generationer (Hedenfelt, 2013). Social hållbarhet innebär att människan står i fokus. Ett helt samhälles allmänna välbefinnande och förmåga att klara kriser kan åsyftas, men begreppet kan också användas på individnivå och behandla varje människas rätt till en god hälsa och rättvis behandling i samhället (Dempsey m.fl., 2011). Ekonomisk hållbarhet är starkt kopplad till de övriga två delarna då den inbegriper att ekonomisera användandet av resurser, påverkan på miljön och arbetskraft (Hedenfelt, 2013). Det är dock vanligt att kostnader för skador på människor och miljö inte vägs in i kostnadsanalyser (Alfredsson m.fl., 2006). I själva verket är till exempel de ekosystemtjänster vi nyttjar mycket värdefulla, varför förlusten av dem innebär stora ekonomiska konsekvenser (Hedenfelt, 2013).



**Figur 4** Ett system är hållbart då det uppfyller hållbarhetskrav med avseende på samtliga av de tre traditionella hållbarhetskategorierna.

För att studera hållbar utveckling används olika typer av analysmetoder. Dessa kan vara av mycket varierande karaktär, eftersom de avspeglar vår dynamiska uppfattning om hållbarhet. Hållbarhetsanalyser kan både syfta till att utgöra underlag inför beslutsfattande och till att utvärdera resultat efter att en förändring genomförts. Valet av metod beror på syftet med utredningen, dess kontext och tillgängliga resurser. Omfattningen av analysen kan variera och innefatta allt från enskilda produktvärderingar till utredningar av hela länders eller kontinenters hållbarhet. Gemensamt för de flesta hållbarhetsanalyser är dock att indikatorer används för att mäta hållbarheten (Hedenfelt, 2013). I en fullständig hållbarhetsanalys bör inkluderas systemets påverkan från vagga till grav utan rumsliga avgränsningar (Kissinger och Rees, 2010). Ofta används begreppet systemanalys synonymt med hållbarhetsanalys, trots att systemanalys kan betraktas som en bredare metod för att utvärdera ett system och ta fram beslutsunderlag med hjälp av ett systematiskt arbetssätt (Kärrman m.fl., 2004).

### **3.7.2. Kriterier**

I en hållbarhetsanalys behöver kriterier för kraven på hållbarhet fastställas. Vanligen beskriver hållbarhetskriterierna systemets prestation med avseende på hälsa och hygien, sociala, kulturella och organisatoriska aspekter, miljöaspekter, ekonomi samt teknik (Hellström m.fl., 2000; Bracken m.fl., 2005; Kärrman, 2000). För vattensystem bör enligt Olofsson m.fl. (2001a) följande kategorier av kriterier användas:

- Vattenkvalitet och smittskydd
- Teknisk robusthet
- Resurshushållning
- Miljöpåverkan
- Ekonomi
- Brukaraspekter
- Ansvar

Kategorierna behöver delas in i kvantifierbara underkriterier. Dessa måste vara tydligt formulerade och kunna kopplas till mätbara indikatorer (avsnitt 3.7.3.) som kan användas för att analysera hållbarheten (Hellström, m.fl., 2000). Hur många kriterier som studeras beror på den aktuella studiens syfte, precisionskrav och tidsramar, samt på vilka resurser för utvärdering som finns tillgängliga. Man måste dock vara uppmärksam på att kriterier inte väljs bort på ett sådant sätt att vissa systemalternativ får missvisande fördelar eller nackdelar. Ibland är det inte möjligt att kvantifiera ett systems prestation utifrån vissa kriterier. Då kan systemen som ingår i analysen kvalitativt jämföras relativt ett referenssystem, med hjälp av +, 0 eller -. Ofta anses kategorierna av kriterier vara olika värdefulla. Då kan det vara aktuellt att använda sig av viktning av kategorierna så att de som anses mer betydelsefulla får en högre vikt (Olofsson m.fl., 2001a).

### **3.7.3. Indikatorer**

Utvärderingen av ett systems prestation med avseende på valda hållbarhetskriterier sker normalt med hjälp av hållbarhetsindikatorer. Indikatorerna ska på ett representativt sätt kunna mäta systemens prestationer för att svara mot hållbarhetskriterierna. Detta förutsätter att det finns en stark koppling mellan kriterium och indikator. Samma krav på precision och resurstillgänglighet som hos kriterierna gäller för indikatorerna (Cornelissen, 2003). Hedenfelt (2013) har sammanställt önskvärda egenskaper hos en indikator. Bland annat ingår att en indikator ska vara objektiv, relevant, tillgänglig, mätbar, praktisk, lättförståelig, pålitlig, entydig, ej överlappande, statistiskt representativ, jämförbar, konsekvent och hållbar över tid.

Det är dock få indikatorer som fullt ut uppfyller de önskade egenskaperna. För att förenklat beskriva de viktigaste egenskaperna används ofta akronymen SMART som står för *Specific* (specifik), *Measurable* (mätbar), *Achievable* (genomförbar), *Relevant* (relevant) och *Time related* (tidssatt) (Hedenfelt, 2013).

Ofta används indikatorer för att bedöma förändringar och utvärdera resultat av dessa, men de kan också användas i framtidsblickande syfte som hjälp för beslutsfattande. Indikatorerna kan vara antingen kvantitativa eller kvalitativa, där de kvantitativa är att föredra då de förenklar jämförelsen mellan olika system (Lundin, 2003). Exempel på ekologiska hållbarhetsindikatorer som är av det kvantitativa slaget inkluderar energianvändning som antal kilowattimmar per år och andelen utrotningshotade arter. Kvalitativa indikatorer är ofta särskilt viktiga vid analys av social hållbarhet då de speglar människors känslor och värderingar (Hedenfelt, 2013). Hållbarhetsindikatorer, och framför allt miljömässiga sådana, har främst utvecklats för att användas på stads-, regions- eller landsskala men de har också använts för att analysera till exempel infrastruktur, jordbruk och produktion (Lundin och Morrison, 2002). Generellt anses det bättre att använda ett fåtal centrala och avgörande indikatorer än att ta hänsyn till alla tänkbara variabler som kan påverka det studerade systemet (Coulibaly och Rodriguez, 2004; Lundin och Morrison, 2002).

#### **3.7.4. Verktyg**

Hållbarhetsanalyser kan göras med hjälp av en mängd olika verktyg. Ofta används olika typer av verktyg för utredning av olika kriterier. Nedan beskrivs några av de verktyg som ofta används för hållbarhetsanalys i beslutsfattande syfte.

##### Livscykelanalys (LCA)

Livscykelanalys är en väletablerad metod för att studera en produkts, ett systems eller en aktivitets miljöpåverkan från vaggga till grav. Med miljöpåverkan menas produktens direkta och indirekta effekter på miljön i form av bland annat resursåtgång, föroreningsutsläpp och energikonsumtion. LCA kan användas för att identifiera potential till ökad miljövänlighet men också i förutsägande syfte inom beslutsfattning och samhällsplanering (Horne m.fl., 2009). I många analyser inför systemval används en förenklad metodik där samma tankesätt som vid LCA används, men utan att inkludera de fullständiga livscyklerna för systemalternativen.

##### Risk- och sårbarhetsanalys

Risk- och sårbarhetsanalys innefattar olika metoder för att studera ett systems exponering för risk och dess sårbarhet vid uppkomst av olika risker. Med risk menas en sammanvägning av sannolikhet och konsekvens för en händelse som påverkar ett system. Med sårbarhet menas systemets påverkan eller svar på en uppkommen risksituation. Analysmetoderna behandlar därmed scenarier, sannolikhet och konsekvens. Begreppen risk och sårbarhet kan vara svåra att hålla isär. Ofta kan skillnaden beskrivas på följande sätt: Risk utreds för ett system som befinner sig i normalt tillstånd och analysen behandlar sannolikhet och konsekvens om systemet skulle lämna normaltillståndet. Sårbarhet utreds för ett system givet att ett scenario inträffat som inneburit en påfrestning på systemet. Systemet befinner sig alltså inte i normalt tillstånd och analysen syftar till att utreda hur väl systemet kan hantera påfrestningen (Johansson och Jönsson, 2007).

I vattenförsörjningssammanhang används risk- och sårbarhetsanalys i förebyggande syfte i beredskapsplanering. Enligt *Lag (2006:544) om kommuners och landstings åtgärder inför och vid extraordinära händelser i fredstid och höjd beredskap* ska risk- och sårbarhetsanalys

görs för extraordinära händelser som kan påverka samhällsfunktioner (Wikström, 2006). Risk- och sårbarhetsanalyser kan också användas på en mindre skala för till exempel beslut om produkt- eller systemval. Det finns många olika analysmetoder, både sådana som är särskilt anpassade för specifika problem och sådana som är mer generella. Bland annat finns seminariebaserade metoder som bygger på diskussioner mellan intressenter och sakkunniga och metoder som bygger på felträdsanalys och händelseträdanalys (Johansson och Jönsson, 2007).

#### Mikrobiell och kemisk riskanalys

Mikrobiella och kemiska riskanalysmetoder syftar till att bedöma risker kopplade till exempelvis vattenkvalitet med avseende på mikroorganismer och kemikalier. Analyserna består av identifiering av potentiella patogener eller kemiska substanser som kan utgöra hot, utredning av exponeringsvägar samt uppskattning av möjliga doser och vilka effekter de kan få (Ottosson, 2005).

#### Ekonomiska analyser

Någon form av ekonomisk analys används nästan alltid i hållbarhetsanalyser. Omfattningen och komplexiteten hos analysen, och huruvida särskilda verktyg för att analysera de ekonomiska aspekterna används eller inte, skiljer sig från fall till fall. Exempel på verktyg är kostnad-nyttanalys, samhällsekonomisk analys och diverse kalkylmodeller. Investeringskostnaden för ett systemalternativ är i princip alltid intressant. En metod för investeringskalkylering som ofta används är annuitetsmetoden där årskostnaden beräknas genom att kapitalkostnaden slås ut till en konstant årskostnad under systemets förväntade livslängd. Beräkningen bör göras med hänsyn till en kalkylränta (Nilsson och Persson, 1990). Det kan också vara intressant att slå ut kostnaden på det antal personer som systemet kommer användas av.

#### Multikriterieanalys (MKA)

Innan en MKA påbörjas har varje studerat kriterium utvärderats med hjälp av passande analysverktyg. Den efterföljande multikriterieanalysen syftar till att möjliggöra en jämförelse av hållbarheten hos de studerade systemalternativen. I multikriterieanalysen ingår viktning mellan kriterier och betygssättning av systemalternativen för varje kriterium. Viktning och betygssättning bör göras av sakkunniga i samarbete med intressenter. Det är viktigt att inte värdera en aspekt flera gånger inom olika kriterier då det medför att systemalternativens prestation med avseende på studerad aspekt förstärks på ett missvisande sätt. MKA:er kan antingen utformas enbart så att det optimala systemalternativet identifieras eller genom en ranking av alternativens fördelaktighet (Rosén m.fl., 2009). Ibland används tröskelnivåer för alternativens prestation. Om ett systemalternativ presterar under tröskelvärdet för någon av de studerade indikatorerna så utesluts detta systemalternativ från vidare utredning (Lundin, 2003).

Det finns flera olika typer av MKA-metoder som varierar i komplexitet. En enkel och ofta använd metod är den linjära additiva metoden där varje kriterium poängsätts utifrån dess prestation och viktas utifrån dess betydelse. De viktade poängen summeras sedan för varje studerat kriterium för att ge ett slutbetyg till varje enskilt systemalternativ, enligt ekvation 1

$$\text{Slutbetyg} = \sum_{i=1}^N W_i R_i \quad (1)$$

där  $i$  representerar ingående kriterier,  $W$  vikten,  $R$  poängen och  $N$  totalt antalet kriterier. En vanlig poängskala är 1-100 och de givna vikterna ska summeras till 100 %. Metoden

förutsätter att kriterierna är oberoende av varandra. Det finns många fördelar med att använda sig av MKA i beslutsfattande. Bland annat medför metoden att beslutsfattarna på ett strukturerat sätt får framföra sina åsikter samtidigt som den inbjuder till en diskussion som är (relativt) fri från förutfattade meningar (Rosén m.fl., 2009).

#### **3.7.4. Hållbarhetsanalys för dricksvattensystem**

Framtagandet av hållbarhetskriterier i fallet reservvattenförstärkning i Stockholms län kan lämpligen baseras på tre typer av underlag: regionala mål, erfarenheter från tidigare hållbarhetsanalyser samt synpunkter från intressenter och sakkunniga. Nedan beskrivs dessa tre underlag.

##### Regionala mål

Kriterierna måste formuleras i enlighet med lagar och de nationella miljömålen. För dricksvattenförsörjningen är det särskilt viktigt att beakta miljömålen om grundvatten av god kvalitet, levande sjöar och vattendrag och hav i balans samt levande kust och skärgård. På ett djupare plan finns regionala mål som bör beaktas. För Stockholms län finns Stockholms läns landstings regionala miljöstrategi för vatten. I denna framhålls tre övergripande mål:

- God dricksvattenkvalitet
- God kvalitet i havsvatten
- Hållbara ekosystem och ekosystemtjänster

Inom målet för god dricksvattenkvalitet ingår att säkra goda primärvattenresurser men också att säkra tillräcklig reservvattenkapacitet. Bland annat har förekomst av miljögifter och läkemedelsrester prioriterats som viktiga vattenmiljöfrågor. Inom miljöstrategin prioriteras också särskilt de natur-, kultur- och rekreationsvärden som finns i länet (Stockholms läns landsting, 2013). Inom den regionala utvecklingsplanen för Stockholms län (RUFSS) behandlas bland annat länets vattenresurshantering. Framför allt framhålls vikten av att ta hänsyn till klimatförändringarna, att bygga robusta samhällssystem och att bibehålla en god vattenkvalitet. Att vara en resurseffektiv region utgör också ett viktigt mål (RUFSS, 2010).

##### Erfarenheter från tidigare hållbarhetsanalyser

Inom VA-planering har hållbarhetsanalys tidigare använts för allt från mindre bebyggelsegrupper till planering på regional skala. Erfarenheterna från tidigare studier är värdefulla i framtagandet av hållbarhetskriterier för reservvattenförsörjningen i Stockholms län. Tidigare utförda hållbarhetsanalyser och metodbeskrivningar i VA-sammanhang har främst behandlat avloppslösningar, snarare än dricksvattenlösningar (Lundin, 2003). Dock är systemstrukturen liknande för de båda områdena, varför lärdomar från avloppslösningar är viktiga i dricksvattensammanhang. I tabell 1 redovisas exempel på lämpliga hållbarhetskriterier, indikatorer och verktyg att använda i VA-planering.

##### Intressenter och sakkunniga

Då förutsättningarna inom hållbarhetsanalys varierar från fall till fall är synpunkter och åsikter från intressenter och sakkunniga av stort värde i det slutliga valet av hållbarhetskriterier. Kriterier kan till exempel tas fram och diskuteras i en workshop. På samma sätt kan de olika kategorierna av kriterier och de enskilda kriterierna viktas gemensamt.

**Tabell 1** Exempel på kriterier, indikatorer och verktyg vid hållbarhetsanalys av VA-system. Alla kriterier och indikatorer används normalt inte inom en och samma analys. Informationen baseras på uppgifter från Bracken m.fl., 2005<sup>1</sup>; Hellström m.fl, 2000<sup>2</sup>; Lundin och Morrison, 2002<sup>3</sup>, Olofsson m.fl, 2001a<sup>4</sup> och Palme, 2007<sup>5</sup>.

Kriterium	Indikator	Verktyg
<b>Hälsa och hygien</b>		
Tillgång till rent vatten	% av prover av tjänlig dricksvattenkvalitet <sup>2</sup> Dricksvattenbrist (timmar/p, år) <sup>2</sup>	
Infektionsrisk	Vattenburna utbrott (Antal utbrott/100 000 p, år) <sup>2</sup> Antal påverkade personer (Påverkade/100 000 p, år) <sup>2</sup>	Mikrobiell och kemisk riskbedömning, statistik
Exponering för giftiga föreningar	Dricksvattenkvalitet <sup>1,2</sup>	
Arbetsmiljö	Antal olyckor <sup>2,5</sup>	
Möjlighet att åtgärda vattenkvalitetsbrist	Kvalitativt <sup>4</sup>	
<b>Miljö</b>		
Påverkan på grundvatten	Grundvattennivå <sup>2</sup>	
Övergödning	N till vatten (kg/(p, år)) <sup>1,2,3</sup> P till vatten (g/(p, år)) <sup>1,2,3</sup>	
Bidrag till försurning	H+-ekvivalenter (mol/p, år) <sup>2</sup>	
Bidrag till global uppvärmning	CO <sub>2</sub> -ekvivalenter (kg/p,år) <sup>1,2</sup>	
Spridning av giftiga ämnen till vatten	Cd, Hg, Cu, Pb (g/p, år) <sup>2,3</sup>	
Spridning av giftiga ämnen till jordbruksmark	Cd, Hg, Cu, Pb (g/p, år) <sup>2,3,5</sup>	
Naturresursförbrukning	Markanspråk (m <sup>2</sup> /p) <sup>1,2,4</sup> Förbrukning av el och fossila bränslen (MJ/p, år) <sup>2,3,5</sup> % av el och bränsle från förnyelsebara källor <sup>2,3</sup> Total energianvändning (MJ/p, år) <sup>1,2,4</sup> Vattenanvändning (m <sup>3</sup> /p, år) <sup>1,2,3,4,6</sup> Kemikalieanvändning (typ och volym) <sup>1,2,3,4</sup> Materialanvändning vid konstruktion (m ledning/p, alt. materialtyp och volym) <sup>1,2</sup>	LCA, materielflödesanalys, energianalys, statistik
Buller	Kvalitativt <sup>4</sup>	
Förändrad landskapsbild	Kvalitativt <sup>4</sup>	

<b>Ekonomi</b>		
Totalkostnad	Kapitalkostnad (kr/p, år) <sup>1,2</sup> Drift och underhållskostnad (kr/p, år) <sup>1,2,4</sup>	Kostnad-nyttaanalys, kalkylmodeller
Lokal utveckling	Kvalitativt <sup>1</sup>	
<b>Sociokultur</b>		
Lättförståeligt	Kvalitativt <sup>2</sup>	
Arbetskrävande	Kvalitativt <sup>2,4</sup>	
Acceptans	Kvalitativt <sup>1,2,5</sup>	
Tillgänglighet	Kvalitativt <sup>2</sup>	Aktörsanalys
Betalningsvilja (% av inkomst)	Rimlig % av inkomst <sup>1,4</sup>	
Legal tillåtlighet	Kvalitativt <sup>1</sup>	
Ansvarsfördelning	Kvalitativt <sup>1,4</sup>	
<b>Teknisk funktionalitet</b>		
Robusthet	Översvämning (m <sup>3</sup> /p, år) <sup>2</sup> Brist på rent vatten (h/p, år) <sup>2</sup> Driftavbrott (Antal/100 000 p, år) <sup>2</sup> Källaröversvämning (Antal/100 000 p, år) <sup>2</sup>	
Prestation	Utläckage (% eller m <sup>3</sup> /p, år) <sup>2,6</sup> Inläckage (% eller m <sup>3</sup> /p, år) <sup>2</sup>	Funktionell riskanalys, statistik
Flexibilitet	Kvalitativt <sup>1,2</sup>	
Varaktighet, livslängd	Kvalitativt <sup>1,4</sup>	
Kompatibilitet med existerande system	Kvalitativt <sup>1</sup>	



## 4. METODER

Nedan beskrivs det tillvägagångssätt som användes för att välja scenarier för avbrott i den reguljära vattenförsörjningen, ta fram alternativ för reservvattenförsörjning och studera alternativen med en hållbarhetsanalys.

### 4.1. RESERVVATTENLÖSNINGAR

Länets befolkningsutveckling och tidigare erfarenheter av förändringar i vattenbehov har beskrivits i avsnitt 3.6. Slutsatsen är att primär- och reservvattensystemen behöver dimensioneras för att kunna leverera vatten motsvarande nuvarande specifik vattenanvändning men med hänsyn tagen till den förväntade befolkningsökningen. För att bedöma hur reservvattenanvändningen bör utvecklas gjordes en analys av den framtida reservvattenbristen i länet. Analysen byggde på en översiktlig jämförelse mellan vattenproduktion och reservvattenkapacitet och var avgränsad till de tre stora producenterna (Stockholm Vatten, Norrvatten och Telge Nät). Övrigt kommunalt vatten utgör en betydligt mindre del av den totala vattenproduktionen och dessutom tas det från andra täkter än Mälaren, vilket innebär en liten risk för samtidig vattenbrist hos de stora och de små systemen. Den del av Norrtälje som idag försörjs av sjön Erken inkluderades i beräkningarna för Norrvatten, eftersom denna försörjning från år 2015 kommer att tillgodoses av Norrvatten.

Vattenproduktionen år 2030 i respektive verk (Görväln, Lovö, Norsborg och Djupdal) uppskattades utifrån nuvarande produktion och med hänsyn till den väntade befolkningsutvecklingen. Studien av befolkningsutvecklingen delades upp på verkens distributionsområden. Dagens invånarantal i de tre områdena beräknades med hjälp av befolkningsstatistik från Statistiska centralbyrån (2014a). Data för befolkningen år 2030 baserades på prognosen i RUFSS 2010, där den högre utvecklingstakten användes.

I uppskattningen av den framtida vattenproduktionen antogs att den ökar i samma takt som befolkningen enligt ekvation 2,

$$Produktion\ 2030 = \frac{Antal\ invånare\ 2030}{Antal\ invånare\ 2013-12-31} \cdot Produktion\ 2013 \quad (2)$$

där invånarna är de som bor i de kommuner som försörjs av respektive verk. Genom denna uppskattning har antagits att industriell- och övrig verksamhetsanvändning kommer att öka i samma takt som befolkningen. Dessa antaganden kan innebära en viss överskattning av den vattenproduktion som behövs. Ytterligare ett antagande är att andelen personer inom respektive område som försörjs av de stora producenterna inte förändras med tiden, vilket å sin sida kan innebära en viss underskattning, eftersom en viss del av den befintliga bebyggelsen på landsbygden kommer att anslutas till allmän vattenförsörjning.

Information om den nuvarande reservvattenkapaciteten i länet sammanställdes varpå en uppskattning av det kompletterande reservvattenbehovet år 2030 gjordes. Genom en översiktlig analys av resultaten i tidigare gjorda riskanalyser för dricksvattenförsörjningen i Stockholms län valdes fem scenarier som kan påverka dricksvattenförsörjningen ut. För vart och ett av dessa scenarier utvärderades sedan den framtida reservvattenbristen och åtgärder för att hantera den identifierades. Åtgärderna delades in i tre principalternativ som kan bidra till att minska reservvattenbristen. Principalternativens förmåga att hantera de studerade scenarierna studerades, för att senare ligga till grund för valet av systemalternativ i hållbarhetsanalysen.

## 4.2. HÅLLBARHETSANALYS

Hållbarhetsanalysen utformades enligt en struktur där det första steget var att formulera en problemdefinition. I den specificerades vilken funktion de ingående systemalternativen skulle fylla. Hållbarheten skulle analyseras med avseende på sex huvudkategorier:

1. Hälsa och hygien
2. Miljö
3. Ekonomi
4. Sociokultur
5. Teknisk funktionalitet
6. Grad av oberoende

Nästa steg i hållbarhetsanalysen var att dela in huvudkategorierna i kvantifierbara underkriterier. Urvalsprocessen för lämpliga hållbarhetskriterier baserades på erfarenheter från tidigare liknande studier av VA-system och på nationella och lokala mål för Stockholms län. Kriterierna anpassades efter den speciella och tidigare svagt utredda situation som reservvattenförsörjning på regional skala innebär. Försiktighet iaktogs så att kriterier inte valdes bort på ett sådant sätt att vissa systemalternativ gavs missvisande fördelar eller nackdelar. Det säkerställdes också att olika kriterier inte värderade samma aspekt på hållbarhet flera gånger inom en och samma huvudkategori. En viktig del i valet av hållbarhetskriterier, som tyvärr inte varit möjligt att inkludera i denna utredning, är samtal och diskussion med intressenter och sakkunniga.

Då valet av hållbarhetskriterier gjorts utformades två systemalternativ som skulle utvärderas inom hållbarhetsanalysen. Valet av reservvattenlösningar inom systemalternativen baserades på tidigare reservvattenutredningar i länet, och på examensarbetets studie av principalternativens förmåga att hantera reservvattenbristen vid de studerade scenarierna. Kraven på alternativen var att reservvattenförsörjningen skulle klara normalanvändningen för alla personer som är anslutna till kommunal vattenförsörjning i Stockholms län. Den stora skalan som reservvattenförsörjning på länsnivå innebär gjorde att flera separata åtgärder för ökad reservvattentillgång behövdes inom respektive systemalternativ. I utformningen av systemalternativen strävades efter en uppdelning så att de i så hög grad som möjligt innehöll principiellt olika delåtgärder.

Innan hållbarhetsanalysen kunde påbörjas dimensionerades de olika komponenterna inom systemalternativen och metoden för hur alternativen skulle jämföras och betygsättas fastställdes. Hållbarhetsanalysen begränsades till att enbart inkludera anläggande och framställning av material till systemen, samt driftsrelaterade aspekter som kan få en bestående påverkan efter drift, eller som påverkar systemens tekniska funktion. Till exempel ingick inte energi- och kostnadsanalys för drift, men däremot vissa miljö- och hälsoaspekter som bedömdes kunna ge en långvarig påverkan på ekosystem eller människa. Även tekniska aspekter som kan påverka systemens förmåga att leverera reservvatten ingick. Att fokus i övrigt främst låg på konstruktionsfasen hänger samman med att reservvattensystemen sällan ska användas.

Hållbarhetsanalysen var främst av kvalitativ och argumenterande karaktär, men för kriterierna under kategorierna miljö, ekonomi och teknisk funktionalitet ingick även kvantitativa analyser. Analysen baserades framför allt på litteratur och tillgängligt utredningsmaterial om länets vattenförsörjning och vattentillgångar, samt på samtal med aktörer inom vattenförsörjningen. Då samtliga hållbarhetskriterier analyserats sammanställdes system-

alternativens betyg med avseende på de olika huvudkategorierna, och den sammantagna hållbarheten hos alternativen jämfördes. Eftersom kategorier och kriterier inom kategorier ofta anses ha olika stor betydelse kan det vara aktuellt att använda sig av viktning. Viktningen kan genomföras i en workshop där intressenter väger samman mål och policier på lokal, regional och nationell nivå. Ett sådant diskussionstillfälle ingick inte i den här utredningen. Därför viktades inte kategorierna och kriterierna, utan alla fick samma värde i slutbedömningen. Däremot gjordes en känslighetsanalys för att studera hur olika viktning påverkar slutresultatet.

## 5. RESULTAT

### 5.1. RESERVVATTENLÖSNINGAR

#### 5.1.1. Vattenproduktion år 2030

Data om invånarantal och vattenproduktion som använts i bedömningen av den framtida reservvattenbristen ges i tabell 2. Beräkningen av 2030 års vattenproduktion baseras på ekvation 2 (avsnitt 4.1.). Resultatet visar att vattenproduktionen till år 2030 kommer att behöva öka med cirka 10 % eller mer i samtliga studerade verk. Ökningen är särskilt stor för Görvålverket som även ska försörja en del av Norrtälje kommun.

**Tabell 2** Invånarantal och vattenproduktion vid länets fyra största vattenverk. Invånarna är det totala antalet människor som bor i respektive verks distributionsområde.

Vattenverk	Antal invånare 2013-12-31	Antal invånare 2030	Vattenproduktion 2013 (m <sup>3</sup> /d)	Vattenproduktion 2030 (m <sup>3</sup> /d)
Norsborg	1 024 000	1 162 000	245 000	280 000
Lovö	471 000	513 000	163 000	180 000
Görvål	560 000	745 000	120 000	170 000
Djupdal	101 000	117 000	28 000	33 000

Här följer en förklaring av bakgrunden till värdena för dagens vattenproduktion (tabell 2, kolumn 4) uppdelat på respektive producent:

#### Stockholm Vatten

Data över Stockholm Vattens vattenproduktion för de senaste 16 åren visar en ökande trend i produktionsvolym, med den största volymen år 2013. Den ökande trenden beror på att Stockholm Vatten under de senaste åren börjat leverera vatten till fler områden, vilket ökat produktionen. Därför ansågs det inte representativt att använda ett medelvärde för 16-årsperioden som dagens normalproduktion. Istället uppskattades dagens normalproduktion utifrån 2013 års produktion. I uppdelningen på de två verken har uppskattats att cirka 60 % av produktionen sker i Norsborgsverket och 40 % i Lovöverket (Ekvall, pers. medd.). I beräkningarna antogs att detta förhållande kommer att kvarstå år 2030.

I Stockholms kommun och i Lidingö kommun fås blandvatten från båda Stockholm Vattens verk. Hur stor andel av vattenförsörjningen som sker från respektive verk i de båda kommunerna är svårt att uppskatta då det varierar (Ekvall, pers. medd.). I beräkningarna för vattenproduktionen har dock antagits att verken bidrar med lika andelar av vattenförsörjningen i kommunerna.

#### Norrsvatten (inklusive Norrtälje)

Den normala dricksvattenproduktionen i Görvålverket har varit mycket jämn de senaste åren och ligger på i medeltal 120 000 m<sup>3</sup>/dygn (Johansson, B., pers. medd.). Då Nånöverket står för cirka 78 % av den kommunala vattenproduktionen i Norrtälje kommun (Veolia Vatten, 2014), och detta är den del av Norrtäljes vattenproduktion som ska erhållas från Norrsvatten, har 78 % av Norrtälje kommuns invånare inkluderats i antalet invånare år 2030 som försörjs av Görvålverket.

Data över produktionen i Nånöverket för de senaste 12 åren visar att produktionen varit relativt jämn över åren, med en något ökande trend de senaste åren (Veolia Vatten, 2014).

Nånöverkets medeldygnproduktion år 2013 användes i uppskattningen av den framtida produktionen och adderades därmed till medelproduktionen i Görvålnverket.

#### Telge Nät

Telge Nät producerar allt sitt dricksvatten i Djupdals vattenverk. Beräkningen av den framtida vattenproduktionen baserades på medeldygnproduktionen år 2013. Data för produktionen har erhållits från Hållinder (pers. medd.).

### **5.1.2. Nuvarande reservvattenkapacitet**

#### Stockholm Vatten

Den uthålliga kapaciteten i Norsborgsverket och Lovöverket har i tidigare utredningar bedömts till 380 000 respektive 275 000 m<sup>3</sup>/dygn (Kärrman m.fl., 2014). Det innebär att det med avseende på verkens kapacitet är möjligt att ta ut cirka 100 000 m<sup>3</sup>/dygn mer än normalproduktionen ur varje verk. Dock begränsas denna uttagsmöjlighet av den befintliga ledningskapaciteten. Bornsjön är ansluten till Norsborgs vattenverk och kan bidra till en produktion av 180 000 - 200 000 m<sup>3</sup>/dygn under 3-5 månaders tid (Ekvall, pers. medd.). Det räcker för att ersätta cirka 80 % av den normala Norsborgsproduktionen. På grund av hydrauliska förluster och brist i ledningskapacitet kan vatten från Norsborgsverket inte levereras till hela Stockholm Vattens distributionsområde. Kapaciteten räcker inte till att täcka området kring Västerort som normalt försörjs av Lovöverket. Det är dock möjligt att koppla ihop Stockholm Vattens och Norrvattens nät i Västerort. På så sätt kan cirka 50 000 m<sup>3</sup>/dygn överföras från Norrvatten till området kring Västerort. Kapaciteten i Norsborgsverket är tillräckligt stor för att klara vattenförsörjningen i övriga delar av Stockholm Vattens distributionsområde, vilket innebär att Norsborgsverket tillsammans med de 50 000 m<sup>3</sup>/dygn från Norrvatten kan täcka ett bortfall av Lovöverket.

#### Norrvatten (inklusive Norrtälje)

Enligt rådande vattendom tillåts uttag av 90 000 m<sup>3</sup>/dygn i fyra dygn ur Norrvattens reservvattentäkter. Det finns planer på att undersöka möjligheterna till utökad uttag i dessa grundvattentäkter (Johansson, B., pers. medd.). Överföringskapaciteten från Stockholm Vattens nät till Norrvattens uppgår till cirka 80 000 m<sup>3</sup>/dygn. I Norrtälje kommun finns tre reservvattentäkter med en total kapacitet på cirka 4 700 m<sup>3</sup>/dygn (Lindström m.fl., 2009).

#### Telge Nät

Det finns i dagsläget inga reservvattentäkter anslutna till Telge Nätets distributionsområde.

### **5.1.3. Scenarier**

Med scenarier menas här situationer avseende påverkan på dricksvattenförsörjningen, till exempel stopp i vattenleverans från en täkt. Scenarierna baseras på tidigare utredningar (Olofsson och Törneke, 2006; Törneke och Pettersson, 2008 m.fl.) vars resultat har använts som grund vid framtagandet av scenarierna. Resultaten från de tidigare utredningarna visar bland annat att driftavbrott i vattenverk till följd av förorening av dricksvattentäkten är den typ av riskhändelse som innebär längst avbrott i dricksvattenleveransen, upp till några månader. Kortare leveransavbrott (upp till en vecka) kan i huvudsak hanteras mycket bra med dagens reservvattenförsörjning och är inte avgörande för behovet av utökad reservvattenkapacitet (med undantag för hos Telge Nät). Därför har scenarierna utarbetats med hänsyn till ett längre tidsperspektiv, det vill säga en månad eller längre. För detta tidsperspektiv är det framför allt problem med vattenkvaliteten i råvattentäkten som medför att produktionen i ett

verk slås ut. Tekniska problem i ett verk kan åtgärdas betydligt snabbare än scenariernas varaktighet. Följande scenarier har bedömts vara intressanta att beakta i denna rapport:

1. Lovö- och Görvälnverkens råvattenkällor slås ut under en månads tid
2. Norsborgsverkets råvattenkällor (Mälaren och Bornsjön) slås ut under en månads tid
3. Djupdalsverkets råvattenkälla slås ut under två månaders tid
4. Det maximala vattenuttaget vid Djupdal är 50 % av det normala under sex månaders tid
5. Lovö-, Norsborgs-, och Görvälnverkens råvattenkällor slås ut under en månads tid

Sannolikheten för scenario 1, 3 och 4 bedöms vara liten baserat på en grov uppskattning utifrån liknande bedömningar av Olofsson och Törneke (2006) och Törneke och Pettersson (2008). Sannolikheten för scenario 2 bedöms vara betydligt mindre, eftersom där ingår att även den befintliga reservvattentäkten Bornsjön är utslagen. Det behöver inte enbart bero på en samtida förorening i Mälaren och Bornsjön. I vattendomen för sjön tillåts nämligen en stor avsänkning som skulle påverka sjön under många månader. Därför kan Bornsjön vara obrukbar då ett reservvattenbehov uppstår, om den tidigare använts för stora uttag. Om detta (mycket osannolika) scenario ska kunna hanteras behövs ytterligare en reservvattentäkt för Norsborg. Trots låga sannolikheter innebär de allvarliga konsekvenserna av scenarierna att riskerna och de uppkomna bristsituationerna ändå behöver belysas. För scenario 5 kan sannolikheten sägas vara extremt liten, men konsekvensen skulle vara mycket allvarlig.

#### **5.1.4. Reservvattenbrist 2030**

Reservvattenbristen år 2030 vid respektive scenario har uppskattats under förutsättningen att reservvattenförsörjningen år 2030 ser ut på samma sätt som idag. Bristen utgör skillnaden mellan den förväntade normalproduktionen och dagens reservvattenkapacitet. Den har uppskattats mycket grovt i syftet att möjliggöra jämförelser som kan avgöra var behovet av förstärkt reservvattenkapacitet är som störst.

##### Scenario 1: Lovö- och Görvälnverkens råvattenkällor slås ut under en månads tid

Scenariot antas bero på en förorening i Mälaren som påverkar båda vattenverken. Produktionen i Norsborgsverket kan utökas för att ersätta en del av bristen i Stockholm Vattens område. Hur stor del som kan ersättas begränsas av den rådande ledningskapaciteten. Vattenbristen väntas bli omfattande i delar av Stockholm Vattens område, men framför allt hos Norrvatten. Den stora bristen på reservvatten hos Norrvatten gör att det är rimligt att prioritera en förstärkning i reservvattentillgången kopplad till Norrvattens distributionssystem. Kapaciteten hos de fyra existerande reservvattentäkterna är otillräcklig.

##### Scenario 2: Norsborgsverkets råvattenkällor (Mälaren och Bornsjön) slås ut under en månads tid

Scenariot antas bero på en förorening i Mälaren som påverkar både västra och östra Norsborgsverket. Därutöver antas även Bornsjön vara obrukbar. Det innebär en mycket omfattande reservvattenbrist, då en stor del av länets dricksvattenförsörjning sker via Norsborgsverket. Strängnäs kommun har dock egen reservvattenförsörjning, vilken kan ersätta den produktion som kommunen väntas få från Stockholm Vatten år 2030. Dessutom finns möjlighet att öka uttaget i Lovöverket och Görvälnverket, men kapaciteten i Stockholm Vattens huvudledningsnät räcker inte för att tillräckligt med vatten ska kunna transiteras till Norsborgs distributionsområde. Det är därför angeläget att övriga vattentäkter i södra

Storstockholm (bland annat vattentäkterna i Ekerö, Botkyrka, Haninge, Nynäshamn och Värmdö) nyttjas maximalt, men inte heller detta är tillräckligt för att undvika vattenbrist.

#### Scenario 3: Djupdalsverkets råvattenkälla slås ut under två månaders tid

Scenariot antas bero på en förorening i Malmsjöåsen och/eller Mälaren. Den totala avsaknaden på reservvattensystem innebär en reservvattenbrist som motsvarar hela produktionen i Djupdal.

#### Scenario 4: Det maximala vattenuttaget vid Djupdal är 50 % av det normala under sex månaders tid

Scenariot antas bero på en förorening i Malmsjöåsen och/eller Mälaren. Eftersom hälften av den normala vattenförsörjningen kan tillgodoses blir bristen på reservvatten hälften så stor som vid scenario 3. Dock är varaktigheten hos bristsituationen längre. Det är troligt att stora områden måste sektioneras bort för att prioriterade delar av distributionssystemet ska kunna hållas trycksatt och föroreningar i ledningsnätet undvikas.

#### Scenario 5: Lovö-, Norsborgs-, och Görvålverkens råvattenkällor slås ut under en månads tid

Om samtliga tre Mälartäkter slås ut blir reservvattenbristen mycket stor och det skulle inte vara möjligt att lösa den med enbart åtgärder inom länet.

### **5.1.5. Åtgärder mot reservvattenbrist**

I detta avsnitt presenteras de åtgärder som anses mest rimliga i hanteringen av Stockholms läns reservvattenbrist. Det är fullt möjligt att minska samhällets vattenanvändning utan större konsekvenser för abonnenterna. Det är dock osäkert hur mycket flödena i ledningarna kan minskas utan att bli för små. Därför antas reservvattensystemen i denna utredning behöva ersätta 100 % av primärförsörjningen. Undersökningen av potentiella åtgärder har inte varit fullständig utan behöver utredas vidare, förslagsvis inom en regional vattenförsörjningsplan. Utifrån uppskattningen av reservvattenbristen i avsnitt 5.1.4. kan konstateras att behovet av reservvatten är som störst hos Norrvatten och Telge Nät, men vid scenario 2 även i Norsborgs distributionsområde. Fokus bör därför ligga i att analysera åtgärder som hanterar bristerna i dessa områden.

#### Scenario 1: Lovö- och Görvålverkens råvattenkällor slås ut under en månads tid

Vid detta scenario behövs utökad reservvattenkapacitet i Norrvattens distributionsområde. En möjlig åtgärd för att bidra till detta är att utnyttja sjön Erken i Norrtälje kommun. En annan intressant åtgärd är förstärkning av Norrvattens fyra existerande reservvattentäkter genom infiltration från någon närbelägen sjö. Potentiella sjöar för detta ändamål är Fysingen, Oxundasjön, Edssjön och Norrviken. Vattnet skulle också kunna tas från Skarven som ligger i Mälarens norra del, antingen för konstgjord grundvattenbildning eller för beredning i Görvålverket. Detta förutsätter dock att Skarven inte påverkas av den förorening som orsakar scenariot. Ett fåtal idag oanvända grundvattenmagasin som potentiellt skulle kunna användas som vattentäkter har identifierats i Norrvattens område, bland annat i Upplands-Bro och Knivsta (Törneke, pers. medd.). Ytterligare en åtgärd som diskuterats är anslutning till Uppsalas nät via Knivsta (Lindström m.fl., 2009). Slutligen finns också möjlighet att öka ledningskapaciteten från Stockholm Vattens område i södra Storstockholm.

### Scenario 2: Norsborgsverkets råvattenkällor (Mälaren och Bornsjön) slås ut under en månads tid

En ökad produktion i Lovö- och Görvålnerken för transitering till de södra delarna av Stockholm Vattens distributionsområde kan inte i tillräcklig grad kompensera för bristen. En åtgärd kan vara att bygga ut ledningskapaciteten för att möjliggöra större transitering från nordvästra Storstockholm till den södra delen av Stockholm Vattens system. På samma sätt kan en annan åtgärd vara att, med utbyggd ledningskapacitet söderifrån och sammankoppling med Södertälje, använda Yngern som reservvattentäkt. Sjöar inom området, till exempel Tullingesjön och Uttran, skulle potentiellt kunna användas för inducerad infiltration i grundvattenmagasin. Denna åtgärd är dock för småskalig för att i tillräcklig grad bidra till att minska bristen. Ytterligare en åtgärd kan vara att dra nya råvattenledningar från Skarven via Lovö till Norsborgs vattenverk. Detta är en möjlig åtgärd eftersom Lovöverket och Norsborgsverket hämtar vatten ur olika vattenområden i Mälaren och Skarven är beläget i ytterligare ett annat vattenområde. Med olika vattenområden menas områden som påverkas av olika vattenströmmar. Därför är det osannolikt att dessa olika områden i Mälaren förorenas samtidigt. Detta åtgärdsalternativ förutsätter att det är problem i råvattentäkten som gett upphov till vattenbristen, vilket också är mest sannolikt för de långa tidsperspektiv som scenarierna i denna rapport inkluderar.

### Scenario 3: Djupdalsverkets råvattenkälla slås ut under två månaders tid

Sammankoppling med Stockholm Vattens nät (till exempel genom en sjöledning i Uttran) skulle kunna minska vattenbristen i Telge Nätets distributionsområde avsevärt, beroende på överföringskapaciteten. En annan åtgärd med potential till stor vattenleverans är att utnyttja någon av de sjöar som finns i området, till exempel Yngern eller Vällingen. Sjövattnet skulle kunna ledas till Djupdals vattenverk eller, med anläggande av ett nytt grundvattenverk i Bommersvik, infiltreras i grundvattenmagasinet i Bommersvik (Turingeåsen). Ytterligare en möjlighet är att anlägga ett nytt ytvattenverk vid någon av sjöarna.

### Scenario 4: Det maximala vattenuttaget vid Djupdal är 50 % av det normala under sex månaders tid

För detta scenario aktualiseras samma åtgärder som för scenario 3.

### Scenario 5: Lovö-, Norsborgs-, och Görvålnerkens råvattenkällor slås ut under en månads tid

Åtgärder som innefattar sammankoppling med andra stora vattentäkter, till exempel Vättern eller Dalälven, skulle behöva vidtas. Eventuellt skulle det vara mer fördelaktigt att fokusera på avsättning av Östersjön. Denna typ av åtgärder är inte aktuella för ett så kort tidsperspektiv som en månad och har därför lämnats utanför denna studie.

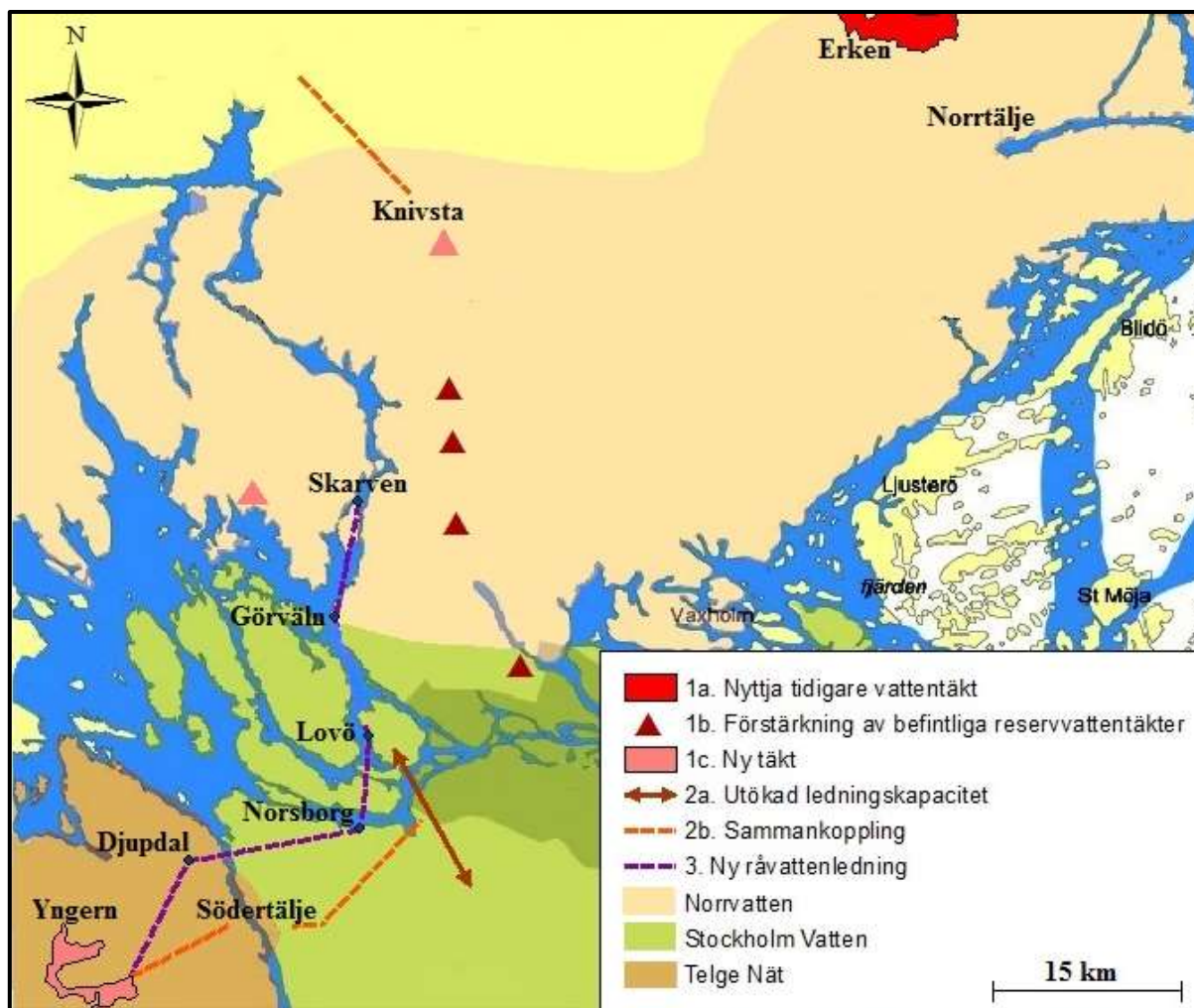


Utifrån ovanstående analys kan konstateras att åtgärderna principiellt kan delas in i tre huvudtyper:

1. Öka den totala reservvattentillgången från andra täkter inom länet än Mälaren
  - a. Nyttja tidigare vattentäkter som reservvattentäkter (t.ex. Erken)
  - b. Förstärka befintliga reservvattentäkter (t.ex. Norrvattens grundvattentäkter)
  - c. Identifiera nya yt- eller grundvattentäkter (t.ex. Yngern)
2. Öka möjligheterna för de befintliga vattenverken att bistå varandra med reservvatten
  - a. Öka ledningskapacitet för dricksvatten och därmed flexibilitet (t.ex. internt Stockholm Vatten)
  - b. Koppla samman befintliga distributionsområden (Uppsala, Södertälje)
3. Överledning av råvatten från annan del av Mälaren till primärvattenverk (t.ex. Skarven till Görväln eller mellan Norsborg och Lovö)

Dessa principåtgärder finns illustrerade i figur 5. Att öka den totala reservvattentillgången från andra täkter än Mälaren (principåtgärd 1) innebär en ökning av volymen tillgängligt reservvatten. Här anses Erken vara ett möjligt alternativ då den idag är primärvattenkälla, men snart kommer att upphöra som det. Utredningar av förstärkning av Norrvattens fyra grundvattentäkter pågår för tillfället och potential till en större reservvattenkapacitet finns. Det finns ett flertal nya yt- och grundvattentäkter som inte används idag men som anses ha möjlighet att fungera som dricksvattenkällor. Potentialen hos de flesta av dessa täkter ligger i att bidra till mindre, lokala reservvattenlösningar. Yngern är en möjlig reservvattenkälla som kan användas lokalt i Södertälje kommun, men i och med de stora uttagsmöjligheterna är den också intressant för försörjning på länsnivå.

För att kunna utnyttja tillgängliga vattenkällor måste ledningsnät och eventuellt nya vattenverk byggas. Idag är det ofta ledningsnätets kapacitet som i slutänden avgör reservvattenkapaciteten. Kapaciteten i vattenverken är nämligen oftast större än befintlig ledningskapacitet. Därför spelar principåtgärd 2a ovan en viktig roll i länets reservvattenhantering. Sammankoppling av befintliga distributionsområden (principåtgärd 2b) är ytterligare ett sätt att göra redan existerande dricksvattenkällor mer tillgängliga som reservvatten för större områden. För närvarande pågår en sammankoppling mellan Norrtälje kommuns och Norrvattens distributionsområden. Sammankoppling av Norrvattens och Uppsalas nät är också intressant med avseende på Norrvattens reservvattenförsörjning. För reservvattenförsörjningen i Södertälje och Nykvarns kommuner kan en sammankoppling med Stockholm Vattens nät vara intressant. Principåtgärd 3 är intressant då den varken kräver nya verk eller dricksvattenledningar.



Figur 5 Principåtgärder (bakgrundskarta från Eniro, 2014).

Mindre, lokala vattenresurser kan enbart ge ett litet bidrag till reservvattenförbättringen på länsnivå. Därför skulle ett stort antal åtgärder av denna typ behöva användas för att hantera reservvattenbristen vid de studerade scenarierna. Det skulle utan tvekan vara orimligt ur både teknisk, administrativ och ekonomisk synpunkt. Därför har fokus inom denna studie inte legat i att vidare undersöka denna typ av småskaliga lösningar.

### 5.1.6. Principalternativ

En angelägen fråga är vilken eller vilka av principåtgärderna som presenterats i avsnitt 5.1.5. som Stockholms län i framtiden främst bör satsa på för reservvattenförsörjningen. Nedan har alternativ enligt de tre principlösningarna sammanställts. För varje åtgärd finns en kort beskrivning av vilken kapacitet de kan väntas bidra med. Kapaciteterna är grovt uppskattade då tillgänglig information från tidigare gjorda reservvattenutredningar varit begränsad. Informationen finns även sammanställd i tabell 3.

#### Alternativ 1 (i enlighet med principåtgärd 1)

##### **a. Gör Erken till reservvattentäkt**

Ledningen som för närvarande byggs mellan Norrtälje och Vallentuna har en kapacitet på cirka 17 000 m<sup>3</sup>/dygn (Norrvatten, 2014d). Därför bedöms denna volym kunna överföras från Erken till Norrvattens distributionsområde. Därutöver bör Erken och övriga existerande reservvattentäkter inom Norrtälje kommun kunna försörja den del av kommunen som från år 2015 kommer få sitt vatten av Norrvatten. Totalt bedöms Erkens vattenverk behöva ha en produktionskapacitet på cirka 20 000 m<sup>3</sup>/dygn. Här har uppskattats att år 2030 kommer cirka 8 000 m<sup>3</sup>/dygn av Görvålnverkets reguljära produktion gå till det område som idag försörjs av Erken. Det har också antagits att övriga reservvattentäkter i Norrtälje kommun kan bidra med 5 000 m<sup>3</sup>/dygn (17 000 + 8 000 – 5 000 = 20 000 m<sup>3</sup>/dygn).

##### **b. Förstärk reservvattentillgången i Norrvattens fyra grundvattentäkter**

I denna studie har antagits att Norrvattens fyra grundvattentäkter totalt kommer kunna bidra med en kapacitet av 56 000 m<sup>3</sup>/dygn (Törneke, pers. medd.).

##### **c. Nya grundvattentäkter (Knivsta och Upplands-Bro)**

Denna åtgärd kan antas bidra med en kapacitet av 56 000 m<sup>3</sup>/dygn, jämnt fördelad på de två täkterna (Törneke, pers. medd.).

##### **d. Gör Yngern till reservvattentäkt med nytt vattenverk**

Denna åtgärd bedöms som minst kunna ersätta produktionen i Djupdal och kommer därför att innebära en kapacitet av 33 000 m<sup>3</sup>/dygn.

#### Alternativ 2 (i enlighet med principåtgärd 2)

##### **a. Öka ledningskapaciteten internt inom Stockholm Vatten.**

Åtgärden kan utformas för att kunna utnyttja den extrakapacitet (cirka 100 000 m<sup>3</sup>/dygn) utöver normalproduktionen som Norsborgsverket kan ge, för distribution inom Stockholm Vattens område.

##### **b. Sammankoppla Norrvattens nät med Uppsalas**

Överföringskapaciteten mellan Uppsala och Norrvatten är mycket osäker och kräver vidare utredning. En obekräftad uppskattning säger att kapaciteten kan uppgå till hela 70 000 m<sup>3</sup>/dygn. En sådan överföringskapacitet från Uppsala till Norrvatten förutsätter att Uppsala har en stor överkapacitet.

##### **c. Ny dricksvattenledning mellan Stockholm Vatten och Södertälje**

Utan tillgång till någon ny vattentäkt kan denna åtgärd enbart syfta till att möjliggöra överföring från Stockholm Vatten till Södertälje, eftersom Djupdalsverket i dagsläget inte har tillräcklig kapacitet för att producera mer dricksvatten än vad som täcker Södertäljes behov. Ledningen kan dimensioneras för att tillgodose hela vattenbehovet i Telge Näs distributionsområde.

Anmärkning: Med dessa ledningsutbyggnader (framför allt internt inom Stockholm Vatten) kommer det inte att vara möjligt att i normalfallet distribuera vatten med tillräckligt flöde i alla ledningar. Det kan orsaka mikrobiell tillväxt i ledningarna och därav försämrad vattenkvalitet. Problemet skulle kunna hanteras genom regelbunden spolning av ledningarna (Ericsson, pers. medd.).

### Alternativ 3 (i enlighet med principåtgärd 3)

**a. Ny råvattenledning mellan Skarven och Görvål**

Åtgärden har utformats för att kunna bidra med 170 000 m<sup>3</sup>/dygn.

**b. Ny råvattenledning mellan Lovö och Norsborg**

Åtgärden har utformats för att kunna bidra med 180 000 m<sup>3</sup>/dygn.

**c. Ny råvattenledning från Norsborg till Djupdals vattenverk**

Åtgärden har utformats för att kunna bidra med 33 000 m<sup>3</sup>/dygn. Djupdalsverket har antagits kunna rena ytvatten från Norsborg i tillräcklig grad, trots att det egentligen är ett grundvattenverk. Eventuellt krävs några mindre förändringar i verket.

Anmärkning: Råvattenledningarna kan dimensioneras utefter kapacitetsbehov eftersom tillgången på Mälarsvatten är stor och eftersom kvalitetsproblem på grund av stående vatten inte finns, till skillnad från hos dricksvattenledningar. Därför har de föreslagna råvattenledningarna dimensionerats för att täcka hela länets reservvattenbehov.

**Tabell 3** Uppskattad kapacitet hos reservvattenåtgärder. Hur stor del av totalkapaciteten hos respektive producent som kan utnyttjas beror på vilket scenario som är aktuellt (se avsnitt 5.1.7.).

Åtgärd	Kapacitet (m <sup>3</sup> /d)
<b>Alternativ 1</b>	
a. Erken	20 000
b. Förstärkning grundvattentäkter	56 000
c. Nya grundvattentäkter	56 000
d. Yngern	33 000
<hr/>	
Totalkapacitet Norrvatten	132 000
Totalkapacitet Stockholm Vatten	0
Totalkapacitet Telge Nät	33 000
<hr/>	
<b>Alternativ 2</b>	
a. Utbyggd kapacitet Stockholm Vatten	150 000
b. Sammankoppling Uppsala	70 000
c. Stockholm Vatten - Södertälje	33 000
<hr/>	
Totalkapacitet Norrvatten	70 000
Totalkapacitet Stockholm Vatten	150 000
Totalkapacitet Telge Nät	33 000
<hr/>	
<b>Alternativ 3</b>	
a. Skarven - Görvål	170 000
b. Lovö - Norsborg	180 000
c. Norsborg - Djupdal	33 000
<hr/>	
Totalkapacitet Norrvatten	170 000
Totalkapacitet Stockholm Vatten	180 000
Totalkapacitet Telge Nät	33 000

### 5.1.7. Principalternativens bidrag per scenario

Tabell 3 visar att alternativ 1 och alternativ 2 inte fullt ut kan täcka upp för verkens framtida produktioner enligt tabell 2. Nedan följer en redogörelse av förmågan hos alternativ 1 och 2 att tillgodose behoven vid scenario 1-4 som tagits fram i denna studie. Alternativ 3 analyseras inte här eftersom det kan tillgodose behovet vid alla scenarier.

#### Scenario 1: Lovö- och Görvälnverkens råvattenkällor slås ut under en månads tid

Här behövs 170 000 m<sup>3</sup>/dygn till Norrvattens område och 180 000 m<sup>3</sup>/dygn till Stockholm Vattens område som försörjs av Lovöverket. Då det finns ett flertal lokala vattentillgångar för reservvattenförsörjning i Norrvattens område kan alternativ 1 i hög grad tillgodose behovet för Norrvatten. Ändå saknas cirka 40 000 m<sup>3</sup>/dygn. I Stockholm Vattens område finns inga lämpliga lösningar i enlighet med alternativ 1. För alternativ 2 är situationen omvänd. Möjligheten till större vattentillgång genom utbyggd ledningskapacitet inom Norrvattens område är begränsad, men 70 000 m<sup>3</sup>/dygn kan eventuellt erhållas genom en sammankoppling med Uppsalas nät. Hos Stockholm Vatten finns dock betydligt större potential till större intern ledningskapacitet, vilket möjliggör en större överföring av vatten från Norsborgs till Lovös distributionsområde. På så sätt skulle extrakapaciteten hos Norsborgsverket på cirka 100 000 m<sup>3</sup>/dygn kunna överföras till Lovöverkets distributionsområde.

#### Scenario 2: Norsborgsverkets råvattenkällor (Mälaren och Bornsjön) slås ut under en månads tid

Här behövs 280 000 m<sup>3</sup>/dygn till Norsborgsverkets distributionsområde. Med utbyggd intern ledningskapacitet enligt alternativ 2 kan Lovöverkets överkapacitet på cirka 100 000 m<sup>3</sup>/dygn användas. Liksom för scenario 1 finns inga lösningar i enlighet med alternativ 1.

#### Scenario 3: Djupdalsverkets råvattenkälla slås ut under två månaders tid

Här behövs 33 000 m<sup>3</sup>/dygn, vilket kan fås från Yngern i enlighet med alternativ 1. I ett lokalt perspektiv för Södertälje utgör Vällingen ett alternativ som är likvärdigt med att använda Yngern. För Vällingen finns redan ett vattenskyddsområde upprättat, till skillnad från för Yngern. Dock kommer Vällingens vattenskyddsområde behöva uppdateras och dessutom kan Yngern vara ett bättre alternativ om det i framtiden skulle bli aktuellt att använda någon av sjöarna för reservvattenförsörjning i ett regionalt perspektiv, genom till exempel en sammankoppling med Stockholm Vatten. Det beror på att Yngern kan ge ett större korttidsuttag än Vällingen (Törneke, pers. medd.). Därför studeras Yngern som reservvattenkälla i denna rapport. Alternativ 2 kan användas som en lösning genom ökad produktion i Norsborgsverket och sammankoppling av Stockholm Vatten och Södertälje.

#### Scenario 4: Det maximala vattenuttaget vid Djupdal är 50 % av det normala under sex månaders tid

Samma alternativ som vid scenario 3 aktualiseras men för att enbart tillgodose vattenbehovet vid scenario 4 kan systemen dimensioneras för att ge hälften så stor dygnskapacitet. Det är dock rimligt att dimensionera för att både scenario 3 och scenario 4 ska kunna hanteras.

## 5.2. HÅLLBARHETSANALYS

### 5.2.1. Problemdefinition

Hållbarhetsanalysen ska jämföra alternativ för reservvattenförsörjning i Stockholms län. Alternativen ska hantera reservvattenbehovet år 2030 i händelse av följande fyra scenarier:

1. Lovö- och Görvålnverkens råvattenkällor slås ut under en månads tid
2. Norsborgsverkets råvattenkällor (Mälaren och Bornsjön) slås ut under en månads tid
3. Djupdalsverkets råvattenkälla slås ut under två månaders tid
4. Det maximala vattenuttaget vid Djupdal är 50 % av det normala under sex månaders tid

Alternativen förutsätts inte behöva klara att hantera situationer där flera av dessa scenarier inträffar samtidigt. De ska dock klara att ersätta hela det volymsmässiga bortfallet av primärvatten som ett scenario orsakar.

### 5.2.2. Hållbarhetskriterier

Valda hållbarhetskriterier redovisas i tabell 4. Vissa av kriterierna avser anläggandefasen medan andra gäller för driftsfasen. Vilket som gäller för respektive kriterium finns redovisat i analysen i avsnitt 5.2.6.

**Tabell 4** Hållbarhetskriterier.

Kategori	Kriterium	Beskrivning
<b>Hälsa och hygien</b>		
	Risk för otjänlig vattenkvalitet i täkt	Risken att vattnet i vald reservvattentäkt får otjänlig kvalitet
	Vattenskydd	Påverkan av saknad av vattenskydd och svårighetsgrad i att upprätta vattenskydd
	Kvalitetsproblem i ledningar	Påverkan på risken för förorening i distributionssystemet
<b>Miljö</b>		
	Materialanvändning vid anläggande	Mängden konstruktionsmaterial som behövs
	Energianvändning vid anläggande och framställning av material	Användning av el och fossil energi vid anläggande och framställning av material
	Bidrag till global uppvärmning vid anläggande och framställning av material	CO <sub>2</sub> -utsläpp vid anläggande och framställning av material
	Påverkan på vattenresurser och akvatiska ekosystem	Avsänkning av vattenyta
<b>Ekonomi</b>		
	Investeringskostnad	Investeringskostnad och årskostnad för investering
<b>Sociokultur</b>		
	Organisation och ansvarsfördelning	Alternativens krav på samordning mellan olika aktörer och organisatorisk genomförbarhet
	Förenlighet med övrig planering	Konkurrens om ytor från andra verksamheter
<b>Teknisk funktionalitet</b>		
	Uppstartstid	Tiden för att påbörja reservvattenproduktionen
	Robusthet	Alternativens förmåga att hantera störningar
<b>Grad av oberoende</b>		
	Oberoende av primärvattentäkt- och verk	Alternativens oberoende med avseende på primärvattenverk och Mälaren som täkt

### 5.2.3. Systemalternativ

Utifrån resonemanget i avsnitt 5.1.7. kan konstateras att vare sig lösningar enligt alternativ 1 eller alternativ 2 kan hantera vattenbristen för scenario 1 och scenario 2. Då potentialen för Norrvatten främst ligger i alternativ 1 medan den för Stockholm Vatten främst ligger i alternativ 2, krävs en kombination av de två alternativen för att det ska vara möjligt att hantera scenario 1 och scenario 2. Att kombinera alternativen aktualiserar nya åtgärder, där framför allt utnyttjandet av Yngern i ett regionalt perspektiv blir intressant. Yngerns tillrinning och storlek liknar den hos Bornsjön (Kärman m.fl, 2014), och därför är det rimligt att Yngern kan bidra med en liknande kapacitet som Bornsjön, det vill säga 180 000 - 200 000 m<sup>3</sup>/dygn under 3-5 månaders tid. Kapaciteten kan utnyttjas genom en ny överföringsledning till Norsborgsverket. På så sätt kan scenario 2 klaras, om även överföringskapaciteten från Lovöverkets distributionsområde ökas. För att scenario 1 ska klaras krävs överföring av 150 000 m<sup>3</sup>/dygn från Norsborgsverkets till Lovöverkets distributionsområde. Det antas vara möjligt genom utbyggnad av Norsborgsverket för en produktionskapacitet av ytterligare 50 000 m<sup>3</sup>/dygn. Resterande cirka 30 000 m<sup>3</sup>/dygn som saknas i Lovöverkets område kan överföras från Norrvatten. Det är möjligt eftersom kombinationen av alternativ 1 och 2 innebär en övertillgång på reservvatten (drygt 30 000 m<sup>3</sup>/dygn) hos Norrvatten. Utifrån detta resonemang och det faktum att alternativ 3 (nya råvattenledningar) kan hantera alla scenarier, valdes följande två systemalternativ för utvärdering med hållbarhetsanalysen:

- A. Ökad reservvattentillgång från andra källor än Mälaren och ökad överföringskapacitet mellan befintliga vattentillgångar
- B. Överledning av råvatten från annan del av Mälaren till existerande vattenverk

Systemalternativ A är alltså en kombination av alternativ 1 och alternativ 2 som tidigare analyserats, med skillnaden att Yngern används i ett regionalt perspektiv. Inget vattenverk vid Yngern är inkluderat i systemalternativ A. Istället ingår en råvattenledning till Norsborgsverket, via Djupdals vattenverk. Systemalternativ B är identiskt med alternativ 3. För ledningen mellan Norsborg och Djupdal bör det vara möjligt att välja om råvatten, delvis behandlat eller behandlat vatten från Norsborgsverket ska överföras till Djupdal. Observera att alternativframställningen förutsätter att det inte finns krav på att reservvattensystemet ska vara fullständigt oberoende av primärvattensystemet (se avsnitt 3.2.). Tabell 5 sammanfattar de två systemalternativen och de huvudsakliga investeringar de fordrar.

I många typer av liknande studier (till exempel miljökonsekvensbeskrivningar) där olika alternativ jämförs används ofta ett nollalternativ. Det syftar till att möjliggöra en jämförelse av alternativens effekter, jämfört med effekterna av att inte göra några förändringar av dagens system. I denna analys har inget nollalternativ använts, då det ansetts vara en förutsättning att alternativen ska klara att uppfylla kraven enligt problemdefinitionen i avsnitt 5.2.1. I hållbarhetsanalyser inkluderas ofta ett alternativ som är en konventionell lösning som vanligen brukar användas för att uppfylla kraven i problemdefinitionen. Den syftar till att fungera som en referens att relatera övriga systemalternativ till. För den stora skala som reservvattenförsörjning på länsnivå utgör, är det svårt att tänka sig ett referenssystem att relatera systemalternativen till. Därför har inget konventionellt alternativ använts i denna hållbarhetsanalys.

**Tabell 5** Systemalternativen inklusive vattenkapacitet och nödvändiga större investeringar. Investeringskvantiteterna är grova antaganden, bland annat utifrån kartstudier och dimensioneringen i avsnitt 5.2.4.

Åtgärd	Kapacitet (m <sup>3</sup> /dygn)	Investering
<b>Systemalternativ A</b>		
1. Erken	20 000	Ombyggnad av ytvattenverk + 7 km ledning (700 mm)
2. Förstärkning grundvattentäkter	56 000	Infiltrationsanläggningar
3. Nya grundvattentäkter	56 000	2 grundvattenverk + 2×2 km ledning (700 mm)
4. Utbyggd kapacitet internt Stockholm Vatten	150 000	1,5 km ledning (700 mm) + tryckstegringsstationer, pumpar och utbyggnad av Norsborgsverket
5. Sammankoppling Uppsala	70 000	15 km ledning (1000 mm)
6. Överföring Yngern – Djupdal – Norsborg	180 000	2×25 km ledning (1000 mm)
<b>Systemalternativ B</b>		
1. Överföring Skarven – Görväln	170 000	2×8 km ledning (1000 mm) + råvattenpumpstation
2. Överföring Lovö – Norsborg	180 000	2×9 km ledning (1000 mm) + råvattenpumpstation
3. Överföring Norsborg – Djupdal	33 000	15 km ledning (700 mm)

#### 5.2.4. Dimensionering av ledningar och ledningsgravar

##### Ledningar

Materialval och dimensionering av ledningar har gjorts utifrån tidigare erfarenheter hos Stockholm Vatten och Norrvatten och med hjälp av friktionsförlustdiagram. Vid samtal med Bo Westergren (Stockholm Vatten) och Hans Gillsbro (Norrvatten) framkom att stål polyeten och segjärn är de främsta materialalternativen. Den senaste tiden har polyeten (PE) blivit allt vanligare och bland annat Stockholm Vattens nya ledning till Strängnäs, och Norrvattens nya ledning mellan Vallentuna och Norrtälje är PE-ledningar. För sjöledning är PE det enklaste materialet att använda (Westergren, pers. medd.). I examensarbetet har därför antagits att samtliga nya reservvattenledningar att utreda i hållbarhetsanalysen är PE-ledningar. Utifrån vattenföringen i ledningarna (enligt tabell 5) och en antagen hastighet på 1 m/s kunde ledningsdimensionerna uppskattas med hjälp av en friktionskurva enligt Pumpportalen (2011). Råhetstalet  $k$  är lika med 0,05 för PE-rör av diameter större än 200 mm (Pumpportalen, 2011; VA-ledningsteknik Chalmers, 1995). Friktionskurvan för detta  $k$ -värde gav ledningsdimensioner på mellan cirka 550-700 mm för samtliga dricksvattenledningar kopplade till Erken och de nya grundvattentäkterna vid Upplands-Bro och Knivsta, samt de interna ledningarna hos Stockholm Vatten. Dessa ledningar uppskattades därför behöva dimensioneras till cirka 700 mm. Sammankopplingsledningen mellan Norrvatten och Uppsalas nät uppskattades på samma sätt behöva dimensionen 1000 mm. Giltigheten i de uppskattade ledningsdimensioneringarna har styrkts genom samtal med Bo Westergren (Stockholm Vatten) och Hans Gillsbro (Norrvatten) om tidigare dimensioneringserfarenheter. Hänsyn har inte tagits till vattenförluster i ledningarna eftersom flödena som använts för dimensioneringen gäller produktionen i verken och inte flödena som abonnenterna behöver. För råvattenledningarna, där förlusterna sker innan vattnet letts till ett verk, har dock hänsyn tagits till förlusterna.

Enligt Westergren (pers. medd.) kan vattenförlusten i långa råvattenledningar skattas till mellan 1-10 % och i denna analys kan förlusterna uppskattas vara 5 %. Det innebär att de tre Mälarledningarna inom systemalternativ B behöver dimensioneras för att klara ett flöde på 180 000 (Stäket-Görväln), 190 000 (Lovö-Norsborg) respektive 35 000 (Norsborg-Djupdal) m<sup>3</sup>/dygn. Enligt friktionskurvan (Pumpportalen, 2011) ger detta en ledningsdiameter på cirka

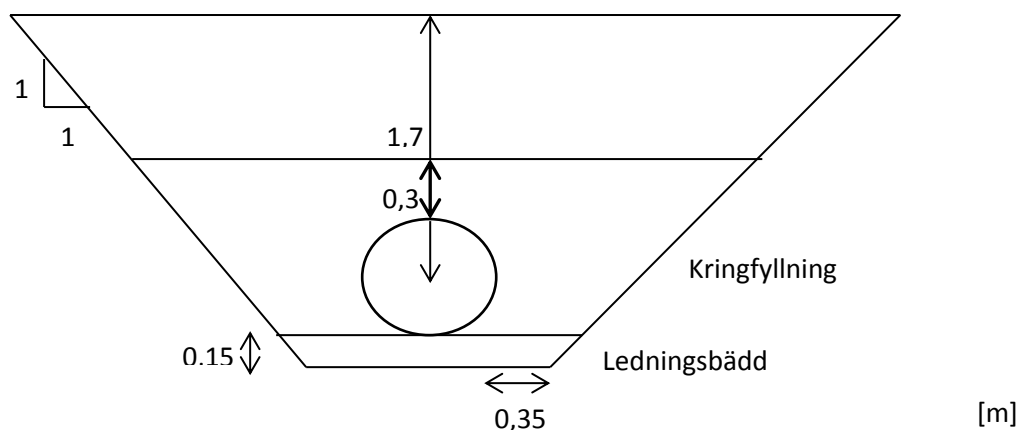


700 mm i fallet Norsborg-Djupdal. För de övriga ledningarna blir ledningsdimensionen så stor att det bedöms vara bättre att använda två parallella ledningar i samma ledningsgrav. Dessa uppskattas behöva dimensioneras till cirka 1000 mm. Detsamma gäller för ledningen från Yngern till Norsborgsverket i systemalternativ A.

### Ledningsgravar

För analys av vissa kriterier krävs information om ledningsgravarnas utformning. Informationen gäller volymen schaktmaterial, ytarean hos ledningsgraven och volymen kringfyllningsmaterial. Dessa parametrar har därför uppskattats per meter ledningsgrav för 700- respektive 1000 mm-ledningar. Följande antaganden låg till grund för uppskattningarna (se figur 6):

1. Släntlutning 1:1 (antagits i AMA Anläggning 13 (2013) som är ett referensverk innehållande råd och anvisningar för anläggningsarbeten)
2. Avstånd från ledningskant till ledningsbäddskant: 35 cm (enligt AMA Anläggning 13 (2013))
3. Tjocklek hos ledningsbädd: 15 cm (enligt AMA Anläggning 13 (2013))
4. Djup till ledningscentrum: 1,7 m (normalvärde i Stockholmsområdet enligt Westergren (pers. medd.))
5. Höjd kringfyllning: 0,3 m ovan ledningshjässa (enligt AMA Anläggning 13 (2013))
6. Avstånd mellan två parallellagda 1000 mm ledningar i samma ledningsgrav: 1 m (Enligt Westergren (pers. medd.) lägger man oftast parallellledningar på cirka 1 m avstånd, eller samma avstånd som ledningsdimensionen.)



**Figur 6** Utformning av ledningsgrav.

De beräknade volymerna och ytorna redovisas i tabell 6.

**Tabell 6** Volymen schaktmaterial och kringfyllningsmaterial (inklusive ledningsbädd) samt ytareor per meter ledningsgrav.

Ledningsdimension	d=700 mm	d=1000 mm	d=1000 mm, två parallella ledningar
Schaktvolym (m <sup>3</sup> /m)	7,9	9,5	14,2
Ytarea (m <sup>2</sup> /m)	5,8	6,4	8,4
Volym kringfyllningsmaterial (m <sup>3</sup> /m)	2,0	3,1	4,9

### 5.2.5. Metod för betygsättning

För vart och ett av de studerade hållbarhetskriterierna har systemalternativen tilldelats ett betyg. Som nämnts i avsnitt 5.2.3. betygssätts systemalternativen i en hållbarhetsanalys vanligtvis i relation till ett konventionellt system som också uppfyller målet med systemalternativen. Då inget konventionellt system anses finnas i fallet reservvattenförsörjning för Stockholms län har systemalternativ B använts som referens. Systemalternativ B har därför tilldelats betyg 2 (se nedan) för samtliga kriterier. I analysen har systemalternativ A:s prestation i förhållande till systemalternativ B betygssatts enligt följande skala:

- 3: Bättre
- 2: Likvärdig
- 1: Sämre

Att systemalternativ B valts som referensalternativ hänger samman med att det enbart skiljer sig från dagens vattenförsörjningssystem på råvattensidan. Vattenberedning och distribution av dricksvatten sker med samma system som för den reguljära vattenförsörjningen. Dock har valet av referensalternativ ingen påverkan på resultatet av hållbarhetsanalysen.

Att enbart en tregradig betygsskala använts beror på att hållbarhetsanalysen till stor del varit av diskuterande karaktär. Det innebär att det är svårt att tilldela betygsklasserna tydliga intervall för vad de motsvarar för ett visst kriterium.

### 5.2.6. Analys och betygsättning

#### 5.2.6.1. Hälsa och hygien

##### **Risk för otjänlig vattenkvalitet**

*Analysen av kriteriet avser driftsfasen.*

Den nuvarande kemiska statusen hos vattentäkterna har använts som indikator, med förhållningssättet att en sämre nuvarande kemisk status innebär en större risk för otjänlig vattenkvalitet. Enligt länsstyrelsernas vattendatabas VISS har samtliga av de aktuella vattenområdena i Mälaren samt Yngern och Erken god kemisk status, fränsett med avseende på kvicksilverhalterna (Länsstyrelsen, 2014). I Lindström m.fl. (2009) konstateras att vattenkvaliteten i ovanstående ytvattentillgångar är god eller mycket god. Baserat på nuvarande kemisk status hos de aktuella ytvattentillgångarna går det därmed inte att värdera något av systemalternativen högre än det andra. Vad gäller de berörda grundvattenmagasinen så har vattenkvaliteten i dem tidigare generellt bedömts vara god (Lindström m.fl., 2009). I vissa fall har problem med höga halter av exempelvis klorid, uran och bekämpningsmedel påvisats. Det kan dock hanteras genom till exempel återinfiltration eller infiltration av ytvatten.

Förekomsten av PFOS i dricksvattentäkter har fått stor uppmärksamhet. Föroreningen gäller både yt- och grundvatten (Glynn m.fl., 2013). Analyser av dricksvatten från Stockholm Vatten och Norrvatten har visat mycket låga halter av PFOS (Stockholm Vatten, 2014b; Norrvatten, 2014e). Enligt Stockholm Vatten (2014b) kan PFOS främst vara ett problem i grundvattentäkter i närheten av brandövningsplatser. I Stockholmsområdet har förhöjda halter av PFOS uppmätts i en grundvattentäkt i Tullinge i Botkyrka kommun. Troligen är källan till de höga halterna brandsläckningsskum från en närliggande militärflygplats. I övrigt har förhöjda halter av PFOS konstaterats i Uppsala, som försörjs med grundvatten från Uppsala-

åsen (Glynn m.fl., 2013). Inga brandövningsplatser finns i omedelbar närhet till de tilltänkta grundvattentäkterna i systemalternativ A. Mätningar som gjorts i Märstatakten, som är en av Norrvattens existerande fyra reservvattentäkter, har inte påvisat förekomst av PFOS eller andra liknande ämnen. Mätningar har nyligen också gjorts i de övriga tre täkterna men provsvaren finns ännu inte tillgängliga. Det finns dock ingenting som tyder på att PFOS-halterna skulle vara förhöjda (Ericsson, pers. medd.). I Uppsalaåsen har vattnet, liksom i Stockholmsåsen, höga uranhalter och stor hårdhet. En sammankoppling av Norrvattens och Uppsalas nät skulle därför kunna innebära en liten risk för sämre dricksvattenkvalitet för Norrvattens abonnenter. Det finns dock ingen allvarlig kvalitetsbrist vare sig hos Uppsala eller i Stockholmsåsen och därför utgör vattenkvaliteten inget hinder för reservvattenförsörjning enligt systemalternativen (Ericsson, pers. medd.).

Även till exempel jordbruk, enskilda avlopp och urban markanvändning kan ha en påverkan på den mikrobiella och kemiska statusen i en vattenresurs. Enligt VISS-databasen från Länsstyrelsen (2014) är påverkan från denna typ av diffusa påverkanskällor troligen inte betydande vad gäller Yngern. För Erken har diffusa källor, främst jordbruk, bedömts ha en betydande påverkan på vattenkvaliteten. När det gäller Mälaren finns både flera punktkällor och stora diffusa källor. Punktkällorna är framför allt i form av utsläpp från reningsverk. Länsstyrelsen (2014) har dock konstaterat att på grund av bristfälligt dataunderlag har denna påverkan inte kunnat fastställas. Den stora befolkningstätheten i sjöns avrinningsområde innebär en risk för utsläpp till Mälaren från flera olika typer av verksamheter. Riskerna är framför allt kopplade till det stora antalet enskilda avlopp som har Mälaren som recipient och det relativt intensiva jordbruket i området (Länsstyrelsen Stockholm, 2013). En sökning i VISS-databasen visade att länets grundvatten kan påverkas av flera punktkällor och diffusa föroreningskällor. Dessa inkluderar förorenade områden som klassats enligt Naturvårdsverkets MIFO-metodik, utsläpp av avloppsvatten samt hårt trafikerade vägar där stora saltmängder används vintertid.

Generellt anses grundvatten ofta vara renare och säkrare ur ett vattenkvalitetsperspektiv, vilket indikerar att grundvattenbaserad dricksvattenförsörjning bör premieras framför ytvattenbaserad. Den hållningen sätts dock på spel i och med risker för PFOS-förorening, och det faktum att en föroreningssituation i ett grundvattenmagasin riskerar att bli mer långvarig än i en ytvattentäkt (Olofsson m.fl., 2001b). Systemalternativ B innebär att den reguljära vattenförsörjningen från Mälaren ersätts med reservvatten från andra delar av Mälaren. Om både den del av Mälaren som används i den reguljära försörjningen och den del som används som reservvattenkälla är förorenade, har scenario 1-4 i denna studie frångåtts. Istället närmar sig situationen den i scenario 5, där hela Mälaren är förorenad. Därför är det svårt att analysera systemalternativ B med avseende på kriteriet om risk för otjänlig vattenkvalitet. I systemalternativ A används ett flertal mindre reservvattenkällor och det är osannolikt att flera av dessa är förorenade samtidigt.

Sammantaget dras slutsatsen att den generella risken för otjänlig vattenkvalitet inte kan anses vara större för någon av täkterna som ingår i systemalternativen. Dock bedöms sannolikheten för samtidig otjänlig vattenkvalitet hos primär- och reservvattentäkt vara större för systemalternativ B. Systemalternativ B innehåller ett fåtal större reservvattentäkter, medan systemalternativ A innehåller ett större antal täkter av mindre storlek. Därför bedöms konsekvenserna av otjänlig vattenkvalitet i en av reservvattentäkterna vara mer allvarliga för systemalternativ B. Den troligen större sannolikheten för samtidig kvalitetsbrist i primär- och reservvattentäkt och de mer allvarliga konsekvenserna av otjänlig reservvattenkvalitet i systemalternativ B ger fördel åt systemalternativ A.

*Systemalternativ A tilldelas därmed betyg 3 med avseende på risk för otjänlig vattenkvalitet i täkt.*

### **Vattenskydd**

*Analysen av kriteriet avser anläggandefasen.*

En åtgärd för att minska risken för förorening av vattentäkter är att inrätta vattenskyddsområden. Östra Mälaren (systemalternativ B) är skyddad. Dock finns inget befintligt vattenskydd för Skarven som ingår som vattentäkt i systemalternativ B. Även flera av vattentillgångarna som ingår i systemalternativ A ligger utanför områden för vattenskydd. Detta gäller till exempel Yngern och flera grundvattenmagasin (Stockholms läns landsting, 2010). Båda systemalternativen innehåller alltså täkter utan vattenskydd. Det betyder att vattenskyddsområden behöver upprättas oavsett vilket alternativ som väljs. Vattenskydd innebär mindre risker för dålig vattenkvalitet och sämre ekologisk status. Därför bör vattentäkter som medför nya vattenskyddsområden ge positiv effekt på den kemiska och ekologiska statusen i ett vatten. För flera av de vattentäkter som används i den reguljära vattenförsörjningen pågår arbete med att utöka och förbättra vattenskyddet (Länsstyrelsen Stockholm, 2013). Eftersom båda systemalternativen kräver nya vattenskyddsområden är deras prestationer med avseende på kriteriet svåra att värdera. Att upprätta vattenskyddsområde för en stor täkt (systemalternativ B) är svårare än för de mindre täkterna i systemalternativ A. Dock innehåller systemalternativ A fler täkter som behöver skyddas. Systemalternativen ges därmed samma betyg med avseende på vattenskyddskriteriet.

*Systemalternativ A tilldelas betyg 2 med avseende på vattenskydd.*

### **Kvalitetsproblem i ledningar**

*Analysen av kriteriet avser driftfasen.*

Systemalternativen använder i huvudsak samma distributionsnät. Det som skiljer är att alternativ A innefattar fler dricksvattenledningar, medan alternativ B innefattar fler råvattenledningar. Om alternativ A används som reservvattenlösning kommer alla dricksvattenledningar inte behöva användas i den reguljära driften för att leverera den efterfrågade vattenvolymen. Dock bör de nya ledningarna användas även i den reguljära försörjningen för att minska risken för otillräckligt vattenflöde eller stående vatten. Dessa risker kan nämligen orsaka sämre omsättning och större risk för kvalitetsproblem i ledningarna (Ericsson, pers. medd.). Även med avseende på pumparnas funktion är det viktigt att inte låta systemen stå oanvända under längre perioder (Westergren, pers. medd.).

Att reservvattenledningarna kommer behöva användas ibland innebär att de redan existerande ledningarna under den tiden kommer att få ett mindre vattenflöde. Det är därför troligt att systemalternativ A skulle innebära att det inte är möjligt att distribuera vatten med ett tillräckligt flöde i ledningarna. En lösning skulle kunna vara att då och då spola igenom reservvattenledningarna (Ericsson, pers. medd.). För systemalternativ B är risken för otillräckligt flöde eller stående vatten i dricksvattenledningar och de kvalitetsrisker det medför inte större än med dagens ledningssystem. Därför bedöms systemalternativ B prestera bättre än systemalternativ A med avseende på kvalitetsproblem i ledningar.

*Systemalternativ A tilldelas betyg 1 med avseende på kvalitetsproblem i ledningar.*

### 5.2.6.2. Miljö

Analysen av de tre första kriterierna inom miljökategorierna (materialanvändning, energi-användning och bidrag till global uppvärmning vid anläggande och framställning av material) har begränsats till markarbete, rörläggning och framställning av ledningsmaterial, samt framställning av materialkomponenterna i vattenverk. Hänsyn har därmed inte tagits till nya pumpar, tryckstegringsstationer, infiltrationsanläggningar och övriga mindre komponenter. Detta försummande har bedömts rimligt eftersom sådana komponenter utgör en liten del i de storskaliga anläggningar som hållbarhetsanalysen omfattar. För vattenverk har ingen hänsyn tagits till själva anläggningsarbetet.

Analysen av samtliga kriterier har delats in i ledningar och vattenverk. I analyserna av energianvändning och CO<sub>2</sub>-utsläpp har även materialtransport inkluderats och analyserats separat.

#### Materialanvändning vid anläggande

*Analysen av kriteriet avser anläggandefasen.*

#### Ledningar

Data över materialåtgången till ledningar och rörläggning redovisas i tabell 7. Kringfyllningsmaterialet (inklusive ledningsbädd) i ledningsgravarna antas utgöras av grus och sand i enlighet med AMA Anläggning 13 (2013). Densiteten för detta material är 2 075 kg/m<sup>3</sup> (Tillman, m.fl., 1996). Eventuell asfaltering har inte ingått i analysen.

**Tabell 7** Materialåtgång till ledningar och rörläggning (kg/m ledningsgrav). Data för PE-ledningarna kommer från Johansson, H. (pers. medd.). Volymen fyllningsmaterial har beräknats i avsnitt 5.2.4. och här omvandlats till massenhet med hjälp av densiteten.

	Åtgång (kg/m ledningsgrav)		
	d=700 mm	d=1000 mm	d=1000 mm, två parallella ledningar
PE-ledning	87,2	173	346
Fyllning	4 150	6 433	10 168

#### Vattenverk

I Urban Waters verktyg för hållbarhetsbedömning för VA i bebyggelsegrupper (VeVa) finns data över materialåtgången för konstruktion av ett dricksvattenverk som försörjer 550 000 personer (bilaga 2) (Urban Water, 2014). Beräknad materialåtgång för konstruktion av de vattenverk som ingår i systemalternativ A baseras på dessa data och antagandet att åtgången ökar linjärt med antalet personer ett verk försörjer. Resultatet återfinns i tabell 8. Densiteten för betong antogs vara 2 350 kg/m<sup>3</sup> för omvandling från volym (vilket var angivet i VeVa) till massa.

**Tabell 8** Materialåtgång (ton) för konstruktion av de tre vattenverken som ingår i systemalternativ A.

	Erken	Knivsta	Upplands-Bro
Betong	6 507	9 109	9 109
Armeringsjärn	253	355	355
PVC	1,0	1,4	1,4
PE	1,7	2,3	2,3
Glasfiber	0,8	1,2	1,2
Gjutjärn	31	43	43
Rostfritt stål	5,6	7,8	7,8
<b>Totalt</b>	<b>6 800</b>	<b>9 520</b>	<b>9 520</b>

### Ledningar och vattenverk

Den totala materialanvändningen för ledningarna och vattenverken som ingår i systemalternativen redovisas i tabell 9.

**Tabell 9** Materialanvändning för systemalternativen.

	Materialanvändning (ton), ledning	Materialanvändning (ton), verk	
<b>Systemalternativ A</b>			
1. Erken	29 660	6 800	
2. Förstärkning grundvattentäkter	-	-	
3. Nya grundvattentäkter	16 949	19 040	
4. Utbyggd kapacitet internt Stockholm Vatten	6 356	-	
5. Sammankoppling Uppsala	99 090	-	
6. Överföring Yngern – Djupdal – Norsborg	262 850	-	
<b>Totalt</b>	<b>414 905</b>	<b>25 840</b>	<b><math>\Sigma = 440\,745</math> ton</b>
<b>Systemalternativ B</b>			
1. Skarven – Görväln	5 536	-	
2. Lovö – Norsborg	6 228	-	
3. Norsborg – Djupdal	2 595	-	
<b>Totalt</b>	<b>14 359</b>	<b>0</b>	<b><math>\Sigma = 14\,359</math> ton</b>

Resultatet visar att på grund av anläggandet av nya verk och framför allt användningen av kringfyllningsmaterial i ledningsgravarna blir materialanvändningen större för systemalternativ A. Materialet i systemalternativ B utgörs av PE-rör, medan systemalternativ A även inkluderar stora massor av framför allt sand och grus samt betong.

*Systemalternativ A tilldelas betyg 1 med avseende på materialanvändning vid anläggande.*

### **Energianvändning vid anläggande och framställning av material**

*Analysen av kriteriet avser anläggandefasen.*

### Ledningar

För sjöledning analyserades enbart transporten av PE-rör och energianvändningen vid framställningen av ledningsmaterialet, då ingen information om energianvändning vid rörläggning hittades. Energianvändningen vid rörläggning bör dock vara relativt liten

eftersom ingen schaktning antas behövas. Data från Tillman m.fl. (1996) enligt tabell 10 har använts i beräkningarna. I beräkningen av energianvändningen vid markarbete har dessutom volymer och areor i tabell 6 använts. Energianvändningen vid rörläggning uppskattades genom extrapolering utifrån data i Tillman m.fl. (1996). Analysen i Tillman m.fl. (1996) har nämligen enbart tagit hänsyn till ledningar av fem olika dimensioner, där den största är 400 mm. Energianvändningen vid produktion av ledningarna beräknades utifrån materialåtgången enligt tabell 7 och värdena från Tillman m.fl. (1996). Energianvändningen vid transport har analyserats separat, se nedan. På grund av bristfällig tillgång till data har flera aktiviteter inom markarbetet inte inkluderats i analysen. Det gäller avskärning av asfalt, länsdumpning, asfaltering inklusive asfaltleverans samt avetablering och efterarbete (Johansson, T., pers. medd.). Resultatet kan därför enbart användas i jämförande syfte, systemalternativen emellan. Det innebär till exempel att den totala energianvändningen vid produktion av PE-ledningar inte nödvändigtvis är större än vid rörläggning och markarbete, trots att det ser ut så i tabell 10.

**Tabell 10** Energianvändning (MJ/m ledningsgrav) för nya PE-ledningar. Data i kolumn 2 kommer från Tillman m.fl. (1996) men utsläppen vid rörläggning har extrapolerats fram. Övriga data har beräknats. Siffrorna inom parentes anger energislag: e = el, f = fossil energi.

	<b>Energianvändning</b>			
	Ur Tillman m.fl. (1996)	d=700 mm (MJ/m)	d=1000 mm (MJ/m)	d=1000 mm, två parallella ledning (MJ/m)
<b>Markarbete</b>				
Grävmaskin, klass 2	2,8 <sup>(f)</sup> MJ/m <sup>3</sup>	22 <sup>(f)</sup>	26 <sup>(f)</sup>	40 <sup>(f)</sup>
Hjullastare, klass 2	1,7 <sup>(f)</sup> MJ/m <sup>3</sup>	14 <sup>(f)</sup>	16 <sup>(f)</sup>	24 <sup>(f)</sup>
Vält, jordpackning	0,5 <sup>(f)</sup> MJ/m <sup>2</sup>	3,1 <sup>(f)</sup>	3,4 <sup>(f)</sup>	4,5 <sup>(f)</sup>
Produktion fyllningsmaterial	1,6 <sup>(e)</sup> + 0,4 <sup>(f)</sup> MJ/m <sup>3</sup>	2,3 <sup>(e)</sup> + 0,9 <sup>(f)</sup>	3,6 <sup>(e)</sup> + 1,4 <sup>(f)</sup>	5,7 <sup>(e)</sup> + 2,2 <sup>(f)</sup>
<b>Rörläggning</b>				
d=700 mm	0,2 <sup>(e)</sup> + 7,4 <sup>(f)</sup> MJ/m	0,2 <sup>(e)</sup> + 7,4 <sup>(f)</sup>		
d=1000 mm	0,2 <sup>(e)</sup> + 8,7 <sup>(f)</sup> MJ/m		0,2 <sup>(e)</sup> + 8,7 <sup>(f)</sup>	0,5 <sup>(e)</sup> + 18 <sup>(f)</sup>
<b>Produktion PE-ledning</b>	4,6 <sup>(e)</sup> + 80 <sup>(f)</sup> MJ/kg	399 <sup>(e)</sup> + 6 968 <sup>(f)</sup>	792 <sup>(e)</sup> + 13 824 <sup>(f)</sup>	1 585 <sup>(e)</sup> + 26 749 <sup>(f)</sup>
<i>Totalt</i>		402 <sup>(e)</sup> + 7 015 <sup>(f)</sup>	796 <sup>(e)</sup> + 13 881 <sup>(f)</sup>	1 591 <sup>(e)</sup> + 27 737 <sup>(f)</sup>

Energianvändningen per ledning för åtgärderna inom systemalternativen har framtagits genom multiplikation av ledningslängderna enligt tabell 5 och den uppskattade energianvändningen per meter ledning enligt tabell 10. Resultatet återfinns i tabell 11.

### Vattenverk

I VeVa (Urban Water, 2014) finns data över energianvändningen för produktion av de komponenter som används vid konstruktion av ett dricksvattenverk som försörjer 550 000 personer. Data är uppdelat på de olika konstruktionsmaterialen och skiljer mellan elektrisk och fossil energi (bilaga 2). Beräknad energianvändning vid konstruktion av material till de vattenverk som ingår i systemalternativ A baseras på dessa data och antagandet att användningen ökar linjärt med antalet personer ett verk försörjer. Resultatet återfinns i tabell 11. Energianvändningen vid transport har analyserats separat, se nedan.

### Transport

Energianvändningen vid transporter har begränsats till transport av PE-rör, grus och sand för kringfyllningsmaterial samt betong till vattenverk. Borttransport av uppschaktade massor och övriga transporter har försumrats. Data som beräknats och använts i analysen har

sammanställts i tabell 12. Transportsträckorna med lastbil är uppskattade medelavstånd från Stockholms hamn och sand- och grustäkter i Stockholmsområdet. Båtsträckorna är från orterna där produktionen sker (Vasa i Finland för PE-rören och Slite på Gotland för cementen till betongen). Betongen har antagits bestå av 80 % grus och sand och 14 % cement (Svensk Betong, 2014). I beräkningarna har energianvändningen vid båttransport och lastbilstransport antagits till 0,143 respektive 1,87 MJ/ton, km (Weiss, 2007). Data gäller för dieseldrivna fordon och i lastbilarnas fall för transportsträckor < 100 km.

**Tabell 12** Energianvändning vid materialtransport.

	Massa material (ton)	Sträcka båt (km)	Sträcka lastbil (km)	Beräknad energianvändning (GJ)
<b>Systemalternativ A</b>				
PE-rör	12 335	450	20	1 255
Grus, sand	422 330	0	20	15 795
Cement	3 462	200	20	229
Totalt				17 279
<b>Systemalternativ B</b>				
PE-rör	7190	450	20	732
Totalt				732

### Total energianvändning

I tabell 13 redovisas den totala energianvändningen till följd av de nya ledningarna och vattenverken (inklusive transport) inom systemalternativen.

**Tabell 13** Energianvändning för åtgärderna inom systemalternativen. Den första siffran i varje resultat är elenergi och den andra är fossil energi (för transport enbart fossil).

	Energianvändning (TJ)			
	Ledning	Verk	Transport	Totalt
<b>Systemalternativ A</b>				
1. Erken	2,8 + 49	0,6 + 11		
2. Förstärkning grundvattentäkter	-	-		
3. Nya grundvattentäkter	1,6 + 28	1,8 + 32		
4. Utbyggd kapacitet internt Stockholm Vatten	0,6 + 11	-		
5. Sammankoppling Uppsala	12 + 208	-		
6. Överföring Yngern – Djupdal – Norsborg	40 + 693	-		
Totalt	57 + 989	2,4 + 43	17	$\Sigma = 59 + 1\ 049 = 1\ 093$ TJ
<b>Systemalternativ B</b>				
1. Skarven – Görvältn	13 + 222	-		
2. Lovö – Norsborg	14 + 250	-		
3. Norsborg – Djupdal	6 + 105	-		
Totalt	33 + 577	-	0,7	$\Sigma = 33 + 578 = 611$ TJ

Analysen visar att det är produktionen av de långa och stora ledningarna mellan Yngern och Norsborg som är mest energikrävande. Därför är energianvändningen större för systemalternativ A. Det kan vara värt att påminna om att de beräknade siffrorna i tabell 13 inte är absoluta tal för energianvändningen, eftersom flera aktiviteter i anläggandet av systemen inte



ingått. Siffrorna kan dock användas i jämförande syfte, men det kan anses irrelevant att summera de jämförande värdena på energianvändningen för ledningar, verk och transport till en total energianvändning så som gjorts i tabell 13. Tabellen visar dock att systemalternativ A bidrar till en större energianvändning med avseende på samtliga tre komponenter.

*Systemalternativ A tilldelas betyg 1 med avseende på energianvändning vid anläggande och framställning av material.*

## **Bidrag till global uppvärmning vid anläggande och framställning av material**

*Analysen av kriteriet avser anläggandefasen.*

### Ledningar

För sjöledning har hittades ingen information om CO<sub>2</sub>-utsläpp vid rörläggning. Eftersom arbetet sker under vatten antogs dock att dessa utsläpp är små och att det därmed är framställningen av ledningsmaterialet som är avgörande för CO<sub>2</sub>-utsläppen.

Data från Tillman m.fl. (1996) enligt tabell 14 har använts i samtliga beräkningar. I beräkningen av utsläppen vid markarbete har dessutom volymer och areor i tabell 6 använts. Utsläppen vid rörläggning uppskattades genom extrapolering utifrån data i Tillman m.fl. (1996), på samma sätt som för energianvändningen ovan. Utsläppen vid produktion av ledningarna beräknades utifrån materialåtgången enligt tabell 7 och värdena från Tillman m.fl. (1996).

**Tabell 14** CO<sub>2</sub>-utsläpp (g/m ledningsgrav) för nya PE-ledningar. Data i kolumn 2 kommer från Tillman m.fl. (1996), men utsläppen vid rörläggning har extrapolerats fram. Övriga data har beräknats.

	CO <sub>2</sub> -utsläpp			
	Ur Tillman m.fl. (1996)	d=700 mm (g/m)	d=1000 mm (g/m)	d=1000 mm, två parallella ledningar (g/m)
<b>Markarbete</b>				
Grävmaskin, klass 2	240 g/m <sup>3</sup>	1 896	2 280	3 408
Hjullastare, klass 2	186g/m <sup>3</sup>	1 469	1 767	2 641
Vält, jordpackning	42 g/m <sup>2</sup>	244	269	353
Produktion fyllningsmaterial	35 g/m <sup>3</sup>	70	109	172
<b>Rörläggning</b>				
d=700 mm	637 g/m	637		
d=1000 mm	757 g/m		757	1 514
<b>Konstruktion PE-ledning</b>	987 g/kg	86 066	170 751	341 502
<i>Totalt</i>		90 382	175 932	349 590

Anmärkning: I jämförelse med schablonvärden för CO<sub>2</sub>-utsläpp vid ledningsläggning enligt Tyréns (2014), så är de beräknade utsläppen i tabell 14 betydligt mindre. Därför kan resultatet i tabell 14 enbart användas i jämförande syfte, systemalternativen emellan. Att de beräknade utsläppen i hållbarhetsanalysen är mindre än de som används av Tyréns (2014) beror framför allt på att flertalet aktiviteter inom markarbetet inte ingått i examensarbetets analys. Dessutom har utsläppen vid materialtransport analyserats separat (se nedan). Aktiviteter som inkluderats i Tyréns beräkningar men inte i examensarbetet är avskärning av asfalt, läns-pumpning, asfaltering inklusive asfaltleverans samt avetablering och efterarbete (Johansson, T., pers. medd.). Anledningen till att dessa aktiviteter inte inkluderats i examensarbetet är att utsläppsdata för aktiviteterna inte hittades.

### Vattenverk

Utsläppen vid framställning av de ingående materialkomponenterna har uppskattats och resultatet återfinns i tabell 15. Beräkningen bygger på data från Tillman m.fl. (1996) och materialåtgången enligt tabell 8.

**Tabell 15** CO<sub>2</sub>-utsläpp vid framställning av material till de tre vattenverken som ingår i systemalternativ A.

	<b>CO<sub>2</sub>-utsläpp</b>			
	Ur Tillman m.fl. (1996) (g/kg)	Erken (ton)	Knivsta (ton)	Upplands-Bro (ton)
Betong	69	449	629	629
Armeringsjärn	1 820	461	645	645
PVC	1 980	2,0	2,8	2,8
PE	987	1,6	2,3	2,3
Glasfiber	1 590	1,3	1,9	1,9
Gjutjärn	560	17	24	24
Rostfritt stål	2 600	15	20	20
<b>Totalt</b>		<b>947</b>	<b>1 325</b>	<b>1 325</b>

### Transport

CO<sub>2</sub>-utsläppen vid transport har analyserats utifrån samma avgränsningar och förutsättningar som energianvändningen vid transport ovan. Utsläppen har beräknats med hjälp av ett beräkningsverktyg av NTM (2014). I beräkningarna har fordonen antagits vara tunga lastbilar med släp och genomsnittlig lastkapacitet på 40 ton, samt fartyg à 11 000 TEU (tjugofotsekvivalenter, mått på lastutrymme hos fartyg). Resultatet återfinns i tabell 16.

**Tabell 16** CO<sub>2</sub>-utsläpp vid materialtransport.

	Material (ton)	Sträcka båt (km)	Sträcka lastbil (km)	CO <sub>2</sub> båt (ton)	CO <sub>2</sub> lastbil (ton)	CO <sub>2</sub> totalt (ton)
<b>Systemalternativ A</b>						
<i>PE-rör</i>	12 335	450	20	56	14	
<i>Grus, sand</i>	194	0	20	0	0,2	
<i>Betong</i>						
Erken	6 507	200	20	13	7,4	
Knivsta	9 109	200	20	18	10	
Upplands-Bro	9 109	200	20	18	10	
<b>Totalt</b>						<b>149</b>
<b>Systemalternativ B</b>						
<i>PE-rör</i>	7 190	450	20	33	8,2	
<b>Totalt</b>						<b>41</b>

### Totalt CO<sub>2</sub>-utsläpp

De utredda CO<sub>2</sub>-utsläppen till följd av de nya ledningarna och vattenverken inom systemalternativen redovisas i tabell 17. CO<sub>2</sub>-utsläppen per ledning har framtagits genom multiplikation av ledningslängderna enligt tabell 5 och de uppskattade utsläppen per meter ledning enligt tabell 14.

**Tabell 17** CO<sub>2</sub>-utsläpp för åtgärderna inom systemalternativen.

	CO <sub>2</sub> -utsläpp (ton)			
	Ledning	Verk	Transport	Totalt
<b>Systemalternativ A</b>				
1. Erken	633	947		
2. Förstärkning grundvattentäkter	-	-		
3. Nya grundvattentäkter	632	1 325		
4. Utbyggd kapacitet internt Stockholm Vatten	136	-		
5. Sammankoppling Uppsala	2 639	-		
6. Överföring Yngern – Djupdal – Norsborg	8 740	-		
<b>Totalt</b>	<b>12 509</b>	<b>2 272</b>	<b>149</b>	<b>∑ = 14 930 ton</b>
<b>Systemalternativ B</b>				
1. Skarven – Görväln	2 797	-		
2. Lovö – Norsborg	3 146	-		
3. Norsborg – Djupdal	1 356	-		
<b>Totalt</b>	<b>7 299</b>	<b>0</b>	<b>41</b>	<b>∑ = 7 340 ton</b>

Analysen visar att det är materialframställning till vattenverk och PE-ledningar som bidrar till de största utsläppen. Därför är utsläppen större för systemalternativ A, framför allt på grund av ledningarna mellan Yngern och Norsborg. Återigen är det viktigt att påminna om att flera aktiviteter inte ingått i beräkningarna, varför siffrorna i tabell 17 inte är absoluta tal för CO<sub>2</sub>-utsläppen, men att de kan användas i jämförande syfte. Att summera utsläppen från ledningar, verk och transport kan därför anses irrelevant, men det kan konstateras att utsläppen är större för systemalternativ A för alla tre komponenter.

*Systemalternativ A tilldelas därmed betyg 1 med avseende på CO<sub>2</sub>-utsläpp vid anläggande och framställning av material.*

### **Påverkan på vattenresurser och akvatiska ekosystem**

*Analysen av kriteriet avser driftsfasen.*

Systemalternativens påverkan på vattenresurser och akvatiska ekosystem har undersökts genom en översiktlig beräkning av sjösänkning och genom en diskussion om påverkan på grundvattenyta.

#### Avsänkning av ytvattennivå

En sänkning av vattenståndet i en sjö innebär att sjön blir grundare och får en mindre yta. Det påverkar vattenorganismernas livsmiljö, bland annat genom en större risk för igenväxning och minskade lekområden för fisk.

I systemalternativ B används Mälaren för reservvattenförsörjning, med ungefär samma uttagsvolym som under den reguljära vattenförsörjningen. Mälaren är dessutom en stor sjö som regleras så att vattenståndet hålls inom angivna gränser (Länsstyrelsen Stockholm, 2013). Enligt Lagerblad (2011) motsvarar uttagsvolymerna vid den reguljära försörjningen mindre än 5 % av sjöns avbördning. Systemalternativ B skulle alltså inte orsaka att Mälarens vattenyta sänks. I systemalternativ A används Yngern och Erken som ytvattentäkter. En grov uppskattning av avsänkningen till följd av vattenuttag i dessa sjöar har gjorts. Storleken hos vattenuttagen är i linje med scenarierna som studerats i denna rapport. Data för beräkningarna

och resultatet finns sammanställt i tabell 18. Om Yngern i det lokala perspektivet ska användas för infiltration i Bommersvik (vilket antagits i denna studie) behöver uttagsvolymerna ur sjön troligtvis inte vara så stora som anges i tabellen. De skulle nämligen kompletteras av redan tillgängligt vatten i grundvattenmagasinet.

**Tabell 18** Avsänkning av Yngern och Erken vid vattenuttag enligt systemalternativ A och uttagstid enligt de studerade scenarierna.

	Vattenuttag (m <sup>3</sup> /dygn)	Area (km <sup>2</sup> )	Uttagstid (dygn)	Avsänkning (cm)
Yngern (lokalt Södertälje)	33 000	14	61	14
Yngern (överföring Norsborg)	180 000	14	30	39
Erken	20 000	23	30	3

Uppskattningen av avsänkningarna är mycket grov. Ingen hänsyn till sjöarnas djupprofiler har tagits, utan sjöarna har antagits ha vertikala strandkanter. Det innebär en underskattning av den verkliga avsänkning. Hänsyn har inte heller tagits till sjöarnas tillrinning och avrinning, utan ett konstant utflöde har antagits. I verkligheten minskar utflödet ur sjön med ett ökat vattenuttag på grund av sänkt vattenstånd. I det avseendet bör avsänkning bli mindre än vad resultatet i tabell 18 visar.

De beräknade avsänkningarna är små. Även om metoden som använts för att beräkna dem skulle innebära ett relativt stort fel i skattningen, så är det troligt att de studerade vattenuttagen skulle ge en liten påverkan på vattenytan. Detta gäller även det stora uttaget vid överföring av 180 000 m<sup>3</sup>/dygn från Yngern till Norsborg. En avsänkning på cirka 40 cm är liten med hänsyn till att sjön har ett medeldjup på 8,4 meter och ett maxdjup på uppemot 28 meter (Kärrman m.fl., 2014). Dessutom finns möjlighet att reglera vattenståndet genom två dammar (Södertälje kommun, 2004).

#### Avsänkning av grundvattennivå

Vid anläggandet av nya grundvattenverk eller utökad uttag ur redan befintliga grundvattentäkter finns risk för sänkning av grundvattennivån. Det kan leda till att vattentäkter blir mindre, att risken för saltvatteninträngning ökar, att sättningar uppstår, att halterna av olika ämnen i grundvattnet ökar och att vattenbaserade ekosystem påverkas (Vattenmyndigheten Bottenhavet, 2010). Denna risk finns för systemalternativ A men inte för systemalternativ B. Med en omsorgsfull utredning av ett vattenuttags påverkan på grundvattennivån, till exempel genom propumpning och modellering, kan dessa negativa effekter undvikas. Genom att infiltrera ytvatten i grundvattenmagasinet kan effekterna ytterligare undvikas och grundvattenuttaget ökas. Därför bör riskerna kopplade till en avsänkning av grundvattenytan vara små, även för systemalternativ A.

Sammanfattningsvis bedöms båda systemalternativen ha en liten påverkan på avsänkning av sjöar. Med en omsorgsfull förundersökning av de aktuella grundvattenmagasinens respons på vattenuttag bör effekterna av ett ökat grundvattenuttag också vara acceptabla. På grund av den ringa påverkan på vattenresurser och akvatiska ekosystem från båda alternativen tilldelas systemalternativ A betyg 2. Egentligen bör påverkan bli något större för systemalternativ A, men eftersom den är liten för båda systemen anses det skevt att ge alternativen olika betyg.

*Systemalternativ A tilldelas betyg 2 med avseende på påverkan på vattenresurser och akvatiska ekosystem.*

### 5.2.6.3. *Ekonomi*

#### **Investeringskostnad**

*Analysen av kriteriet avser anläggandefasen.*

Investeringskostnaden för systemalternativen har analyserats med avseende på anläggande av vattenverk, större råvattenpumpar och ledningssystem. Till grund för analysen ligger tidigare erfarenheter av investeringskostnader. Analysen har delats upp i kostnader för ledningar, stora råvattenpumpar och vattenverk. Investeringskostnader för övriga systemkomponenter såsom mindre pumpar och tryckstegringsstationer, samt kostnad för upprättande av vattenskyddsområden har inte inkluderats i analysen. Inte heller kostnader för till exempel planering, projektering, tillståndsansökningar och markfrågor har analyserats, då de bedömts vara försumbara i sammanhanget. Vad gäller upprättande av vattenskyddsområde kan kostnaden för arbetet med själva upprättandet anses vara försumbar. Det som kan bli kostsamt är eventuella åtgärder för att bygga bort risker för förorening av en vattentäkt i utformandet av ett nytt vattenskyddsområde. Kostnader för denna typ av riskreducerande åtgärder har inte analyserats här.

#### Ledningar

Följande kostnader för ledningar i mark har antagits utifrån tidigare erfarenheter hos Norrvatten (Gillsbro, pers. medd.):

- 700 mm PE-ledning: 15 000 kr/m
- 1000 mm PE-ledning: 40 000 kr/m

De antagna meterkostnaderna är grova uppskattningar av normala kostnader inom Stockholmsområdet, där stora delar utgörs av stadsmiljö. I själva verket är kostnaden starkt beroende av de platsspecifika förhållandena där ledningen ska läggas (Gillsbro, pers. medd.). Framför allt har terrängen och markanvändningen i området stor påverkan på kostnaden. Därför kan den verkliga kostnaden skilja sig från den uppskattade med upp till 50 – 100 % (Westergren, pers. medd.).

I studien har inga uppgifter om kostnader för anläggande av två parallella ledningar i samma ledningsgrav påträffats. Utifrån skillnaden i schaktvolum som det innebär att anlägga två 1000 mm-ledningar i separata ledningsgravar, jämfört med att lägga dem i samma ledningsgrav, har kostnaden per meter ledningsgrav för två parallelllagda 1000 mm-ledningar antagits vara 60 000 kr/m ledningsgrav.

Utifrån tidigare erfarenheter av sjöledning hos Norrvatten kan antas att kostnaderna för sådana är 70 % av markledningskostnaderna (Gillsbro, pers. medd.). Därför har följande kostnader för sjöledning antagits:

- 700 mm PE-ledning: 10 000 kr/m
- 1000 mm PE-ledning: 30 000 kr/m

För sjöläggning av två parallella intagsledningar har antagits att kostnaden bör bli något lägre än om de två ledningarna anläggs oberoende av varandra. Kostnaden för två parallelllagda 1000 mm sjöledning har därför antagits vara 50 000 kr/m ledningspar.

### Råvattenpumpar

Utifrån erfarenheter från tidigare utredningar hos Stockholm Vatten uppskattas kostnaden för två stycken råvattenpumpstationer uppgå till uppemot 100 miljoner kronor (Ekvall, pers. medd.).

### Vattenverk

Bedömningen av investeringskostnaden för de vattenverk som ingår i systemalternativ A baseras på kostnader för andra nybyggda vattenverk i ungefär samma storleksordning. År 2007 togs två nya grundvattenverk (Gränby och Bäcklösa) i drift i Uppsala. Verken har en sammanlagd kapacitet på cirka 50 000 m<sup>3</sup>/dygn (Uppsala Vatten, inget datum) och den sammanlagda investeringskostnaden uppgick till 350 miljoner kronor (Sweco, 2014). Kostnaden för de två nya grundvattenverken i Knivsta och Upplands-Bro antas vara jämförbar med den för Uppsalaverken.

För ytvattenverket inom systemalternativ A som använder Erken som täkt antas att Nånöverket går att återanvända. En upprustning av Nånöverket för att användas som reservvattenverk har tidigare bedömts till cirka 60 miljoner kronor (Törneke m.fl., 2011). I detta examensarbete förutsätts att verket också byggs ut för en större produktionskapacitet. Därför antas den totala ombyggnaden av verket kräva en investering av 80 miljoner kronor. För upprustning och utbyggnad av infiltrationsanläggningar för Norrvattens fyra existerande grundvattentäkter har en total investeringskostnad av 70 miljoner kronor antagits.

Kostnader för förnyelse av existerande vattenverk, som används i båda systemalternativen har inte analyserats. Det beror på att dessa förnyelser kommer att behöva göras ändå, då verken används i primärvattenförsörjningen.

### Sammanlagd investeringskostnad

I tabell 19 har de totala investeringskostnaderna för ledningar, pumpar och vattenverk beräknats.

**Tabell 19** Investeringskostnader för ledningssystem och vattenverk för de båda systemalternativen.

	Kostnad (Mkr)			
	Ledning	Pumpar	Verk	
<b>Systemalternativ A</b>				
1. Erken	105	-	80	
2. Förstärkning grundvattentäkter	-	-	70	
3. Nya grundvattentäkter	60	-	350	
4. Utbyggd kapacitet internt Stockholm Vatten	23	-	-	
5. Sammankoppling Uppsala	600	-	-	
6. Överföring Yngern – Djupdal – Norsborg	1 380	-	-	
Totalt	2 168	0	500	$\Sigma = 2,7$ miljarder kr
<b>Systemalternativ B</b>				
1. Skarven – Görvältn	400	50	-	
2. Lovö – Norsborg	450	50	-	
3. Norsborg – Djupdal	150	-	-	
Totalt	1000	100	0	$\Sigma = 1,1$ miljarder kr

Årskostnaderna för investeringarna har beräknats med hjälp av annuitetsmetoden, där hänsyn tagits till systemkomponenternas förväntade livslängd och en kalkylränta på 4 %. 15, 30 och 50 års livslängd har använts för råvattenpumpar, vattenverk respektive vattenledningar (Tillman m.fl., 1996). Ekvation 3 (Nilsson och Persson, 1990) har använts i beräkningen.

$$\text{Årskostnad} = \frac{\frac{p}{100} \cdot (1 + \frac{p}{100})^t}{(1 + \frac{p}{100})^t - 1} \cdot \text{investeringskostnad} \quad (3)$$

I ekvationen är  $p$  räntesatsen i % och  $t$  avskrivningstiden (livslängden) i år.

Vid beräkning av årskostnad är det missvisande att enbart räkna med kostnaden för upprustning av Nånöverket när det gäller Erken-lösningen. Det är bara första gången som enbart en upprustning behövs för att utveckla verket till att kunna producera större vattenvolymer. Därefter bör räknas med nybyggnad av verket efter varje utgången livstid, på samma sätt som för de övriga vattenverken. För en konsekvent analys har därför en kostnad för nybyggnad av Erken-verket i systemalternativ A uppskattats. Ett nybyggt vattenverk i Gäddvik i Luleå har en kapacitet på cirka 35 000 m<sup>3</sup>/dygn och är byggt för att kunna behandla både ytvatten och grundvatten (Marklund, pers. medd.). Det föreslagna Erken-verket har antagits vara jämförbart med Gäddviksverket. Kostnaden för Gäddviksverket uppgick till cirka 250 miljoner kronor, inklusive utrivning av gammalt verk, men exklusive stora kostnader för ledningsdragningar och driftomställning från det gamla till det nya verket (Marklund, pers. medd.). En mindre kapacitet än hos Gäddviksverket har antagits för Erken-verket i systemalternativ A. Därför har en nybyggnadskostnad på 220 miljoner kronor antagits för Erken-verket i beräkningen av årskostnaden för alternativ A. Det innebär att investeringskostnaden för vattenverken i beräkningen av årskostnaden har satts till 640 miljoner kronor. Det har antagits att Norrvattens fyra redan existerande reservvattenverk kommer att fortsätta användas i framtiden, även om upprustning av dem enligt systemalternativ A inte blir aktuellt. Därför har enbart investeringskostnaden för upprustning enligt systemalternativ A inkluderats i beräkningen av årskostnaden.

Annuitetsmetoden (ekvation 3) gav följande årskostnad för systemalternativ A:

$$\text{Årskostnad A} = \frac{0,04 \cdot 1,04^{50}}{1,04^{50} - 1} \cdot 2168 \text{ Mkr} + \frac{0,04 \cdot 1,04^{30}}{1,04^{30} - 1} \cdot 640 \text{ Mkr} = 138 \text{ Mkr}$$

Årskostnaden för systemalternativ B blev:

$$\text{Årskostnad B} = \frac{0,04 \cdot 1,04^{15}}{1,04^{15} - 1} \cdot 100 \text{ Mkr} + \frac{0,04 \cdot 1,04^{50}}{1,04^{50} - 1} \cdot 1000 \text{ Mkr} = 56 \text{ Mkr}$$

Det förväntade antalet abonnenter hos länets tre stora vattenproducenter år 2030 är 2,3 miljoner. Det ger en årskostnad per person på 60 kr för systemalternativ A. Motsvarande kostnad för systemalternativ B är 24 kr per person och år. Dessa kostnader kan jämföras med den genomsnittliga VA-taxan i Stockholms län år 2013 som låg på 4968 kr per år för en normalvilla enligt Svenskt Vatten (2013). Med antagandet att ett sådant hushåll rymmer i snitt 2,7 personer (Statistiska centralbyrån, 2014b) var den genomsnittliga VA-taxan per person 1840 kronor i Stockholms län år 2013. Det påslag som systemalternativ A och B:s årskostnader per person skulle innebära utgör cirka 3,3 % respektive 1,3 % av 2013 års VA-taxa.

Sammanfattningsvis är investeringskostnaden för ledningar och vattenverk cirka 1,6 miljarder kronor större i systemalternativ A jämfört med i systemalternativ B. Då investeringskostnaden slås ut på en årskostnad är skilljen omkring 80 miljoner kronor mellan alternativen.

*Systemalternativ A tilldelas betyg 1 med avseende på investeringskostnad.*

#### **5.2.6.4. Sociokultur**

##### **Organisation och ansvarsfördelning**

*Analysen av kriteriet avser både anläggande- och driftsfasen.*

Detta kriterium har analyserats genom ett resonemang kring samordningsfrågor och olika aktörers roller i reservvattenfrågan. Reservvattenfrågan är politiskt känslig och kräver stora investeringar. En regional samordning i reservvattenfrågan krävs för en effektiv samhällsplanering och regionutveckling, och med hänsyn till den ojämna fördelningen av potentiella reservvattentillgångar i länet. Även för lokala åtgärder inom en viss vattenproducenters område krävs kommunikation med övriga vattenförsörjningsaktörer. En god kommunikation förhindrar att aktörerna väntar in varandras ageranden för att utifrån dem planera sin egen reservvattenförsörjning. På så sätt kan utvecklingen av reservvattensystemen ske snabbare och på ett mer effektivt sätt i ett regionalt perspektiv.

Samordningen kommer att behöva vara omfattande vilket alternativ för att lösa reservvattenfrågan man än väljer. Ansvar och planering kommer att fördelas mellan många olika aktörer och än fler påverkas av de anläggningar som alternativen innefattar. Aktörerna inkluderar vattenproducenterna, vattenleverantörerna, kommunerna, landstinget, länsstyrelsen och markägare. I det stora sammanhang som regional reservvattenförsörjning innebär är det inte tekniska aspekter gällande utbyggnationen av systemen som avgör svårighetsgraden i utvecklingsarbetet. Inget av systemalternativen inbegriper några nya tekniker som inte redan behärskas av konstruktörer och driftspersonal. Det som avgör svårighetsgrad och tidsåtgång är snarare samarbetsvillighet och problem gällande till exempel tillståndsförfaranden och markägarskap. Då reservvattensystemen gynnar och ska kunna användas av flera producenter är det viktigt att komma överrens om en rimlig fördelning av ansvaret för konstruktion, drift och underhåll av de nya anläggningarna.

Då de två systemalternativen i huvudsak påverkar samma aktörer blir ansvarsfördelningen inom alternativen jämn. För systemalternativ B är användningen av reservvattenåtgärderna för Norrvatten och Stockholm Vatten i huvudsak begränsad till respektive producenters område (Stäket – Görväln och Lovö – Norsborg). För Telge Nät krävs ett nära samarbete med Stockholm Vatten för utbyggnad och drift av den nya ledningen mellan Norsborg och Djupdal. Stockholm Vatten skulle ha liten nytta av denna ledning och därför skulle Telge Nät förmodligen behöva ta ett stort ansvar eller köpa tjänster av Stockholm Vatten. Därför kan motivationen för denna åtgärd inom systemalternativ B vara låg och åtgärden kan på så sätt bli problematisk ur organisatorisk synvinkel.

För systemalternativ A är det största organisatoriska problemet troligtvis sammankopplingen mellan Norrvatten och Uppsalas ledningsnät. Den kräver samarbete över länsgränsen och Uppsalas intresse för anslutningen har hittills varit lågt. Även utnyttjandet av Yngern kräver stor samordning. Intresse finns hos Stockholm Vatten att utnyttja sjön i stor skala. Detta intresse behöver inte begränsa Telge Nätets utnyttjande av sjön, men samarbete kommer att krävas. Ett organisatoriskt problem är att Yngern huvudsakligen ligger inom Nykvarns kommun men den tänkta vattenförsörjningen genom sjön skulle ske på andra ställen.



Utnyttjandet av Yngern som vattenresurs kommer nämligen att inskränka på kommunens möjligheter till aktiviteter som riskerar att påverka vattenförsörjningen. Denna negativa påverkan för kommunen kan ge upphov till konflikt. Det är dock rimligt att kommunen kompenseras för de inskränkningar i stadsutvecklingen som användandet av Yngern som vattentäkt skulle innebära.

Sammantaget krävs stor regional samordning oavsett vilket reservvattenalternativ som väljs. Ansvarsfördelningen bedöms vara jämn för de två systemalternativen. Utnyttjandet av Yngern och Uppsalaanslutningen skulle troligtvis innebära större organisatoriska problem för systemalternativ A. Dessutom innebär systemalternativ B mindre investeringar och kan därför vara lättare att genomföra. Därför bedöms systemalternativ A prestera något sämre än systemalternativ B för detta kriterium.

*Systemalternativ A tilldelas betyg 1 med avseende på organisation och ansvarsfördelning.*

### **Förenlighet med övrig planering**

*Analysen av kriteriet avser driftsfasen.*

Med hänsyn till befolkningsutvecklingen i länet och strävan efter regional utveckling finns planer på stadsutveckling och expansion av olika industrier och andra verksamheter. Systemalternativ A inkluderar flera vattenresurser i områden där vattenskyddsområden inte finns och som är intressanta för annan markanvändning. I systemalternativ B kan även vattenintaget i Mälaren – Skarven (där vattenskyddsområde inte heller finns) konkurrera med annan markanvändning. Infiltrationsanläggningar (systemalternativ A) kan ta stora ytor i anspråk, beroende på vilken typ av anläggning som används. Anläggningarna kan därför konkurrera med intressen för till exempel jord- och skogsbruk, grustäktsverksamhet och det rörliga friluftslivet.

För systemalternativ B är det betydligt mindre landytor som påverkas. Däremot kan vattenförsörjningen konkurrera med sjöfarten i avsevärt högre grad än inom systemalternativ A. Möjligheten till viktiga farleder för framtiden kan påverkas, liksom möjligheterna till yrkesfiske (Länsstyrelsen Stockholm, 2013). Oavsett vilket alternativ som väljs i dagsläget är det av stort värde att prioritera och bevara de vattenförekomster inom länet som har potential att i framtiden användas för vattenförsörjning. Det är kopplat till risken för oförutsedda händelser i framtiden och det faktum att om en potentiell dricksvattenresurs ”förstörs” nu så finns det risk att det inte går att få tillbaks den, om den skulle visa sig behövd senare. Med detta i åtanke bör den regionala utvecklingen ske på ett sådant sätt att den inte påverkar större potentiella vattenförekomster, oavsett om det i dagsläget finns planer på att använda dessa vattentillgångar för dricksvattenframställning eller inte. Därför bedöms systemalternativen ha lika stor förenlighet med övrig planering.

*Systemalternativ A tilldelas betyg 2 med avseende på förenlighet med övrig planering.*

#### **5.2.6.5. Teknisk funktionalitet**

##### **Uppstartstid**

*Analysen av kriteriet avser driftsfasen.*

Vid avbrott i den reguljära vattenförsörjningen är det viktigt att snabbt kunna ta reservvattensystemet i bruk. För systemalternativ B är det enbart råvattenpumparna i reservvattentäkterna som behöver startas. För systemalternativ A behöver både

råvattenpumpar och vattenverk tas i bruk. Dessutom behöver troligtvis fler ventiler i distributionsområdet ställas om för att fördela vattnet. Reservvattensystemen bör dock användas emellanåt även i den reguljära försörjningen. Det behövs både för att pumpar, ledningar och vattenverk ska fungera. Därigenom upprätthålls en större beredskap både hos de tekniska systemen och hos driftpersonal. Den systemkomponent som kan tänkas ha längst uppstartstid är infiltrationen i grundvattentäkterna. Enligt (Hansson, 2000) krävs cirka två månaders uppehållstid för ytvatten i en grundvattentäkt innan det renats tillräckligt. Det bör dock vara möjligt att till en början använda det grundvatten som redan finns i tükten och för reservvatten skulle en något sämre (men tjänlig) vattenkvalitet kunna accepteras. Därför bör det infiltrerade ytvattnet som späts ut med grundvatten kunna tas ut tidigare än normalt. Ett sätt att motverka problemet med lång uppstartstid för infiltration är att då och då infiltrera vatten i magasinet även då tükten inte behöver användas.

*Utifrån ovanstående resonemang bedöms att systemalternativ A presterar sämre än systemalternativ B när det gäller uppstartstid och därför tilldelas alternativ A betyg 1.*

### **Robusthet**

*Analysen av kriteriet avser driftsfasen.*

Med robusthet avses systemalternativens förmåga att hantera störningar. Här definieras den som medelvärde av tre parametrar enligt ekvation 4.

$$\text{Robusthet} = \frac{\text{Motståndskraft} + \text{Återhämtningstid} + \text{Reparationstid}}{3} \quad (4)$$

Motståndskraft mäts som den tid ett system kan stå emot en störning. Återhämtningstid är den tid det tar innan systemet av sig självt återgår till normaltillståndet. Reparationstid är den tid det tar att genom aktiva handlingar få systemet att återgå till normaltillståndet.

För att utvärdera systemalternativens robusthet bedömdes deras prestation med avseende på följande riskhändelser som identifierats av Olofsson m.fl. (2001a):

- Kemisk eller mikrobiell förorening av råvatten
- Allvarlig driftstörning på råvattenledning
- Allvarlig processtörning i vattenverk
- Ledningsbrott/kraftigt läckage på huvudledning

För att ta hänsyn till frekvens och faktisk varaktighet hos riskhändelserna, samt utbredningen av problemet (reducerad eller utebliven vattenförsörjning) som en händelse skapar, poängsattes och viktades först riskhändelserna med hjälp av betygsskalorna i tabell 20. Information om varaktighet, frekvens och utbredning hos riskhändelserna kommer från Olofsson m.fl. (2001a). Resultatet återfinns i tabell 21.

**Tabell 20** Betygsskalor för viktning av riskhändelser. Skalorna har utformats så att ett högre betyg motsvarar en större risk.

Varaktighet	Frekvens	Utbredning
1. < 1 dygn	1. ≤ 1 gång/100 anl.,år	1. Delar av vattenförsörjningssystemet
2. 1 dygn – 1 vecka	2. > 1 gång/100 anl.,år	2. Hela vattenförsörjningssystemet
3. 1 vecka – 1 månad		
4. > 1 månad		

**Tabell 21** Betyg, poäng och vikt för riskhändelserna. Poängen är produkten av betygen för varaktighet, frekvens och utbredning. Det innebär att en högre poäng ger en större robusthet. Vikten är andelen poäng för en händelse jämfört med det totala antalet poäng (29).

Riskhändelse	Betyg			Poäng	Vikt (%)
	Varaktighet	Frekvens	Utbredning		
Kemisk eller mikrobiell förorening av råvatten	4	1	2	8	28
Allvarlig driftstörning på råvattenledning	2	2	2	8	28
Allvarlig processtörning i vattenverk	3	2	2	12	41
Ledningsbrott/kraftigt läckage på huvudledning	1	1	1	1	3
$\Sigma$				29	100

Anmärkning: Varaktigheten hos en allvarlig processtörning i vattenverk kan vara överskattad i tabell 21. Enligt Johansson, B. (pers. medd.) bör sådana problem kunna åtgärdas på upp till en veckas tid. Den eventuella överskattningen har dock ingen påverkan på resultatet av robusthetsanalysen, då systemalternativen bedömts prestera lika med avseende på samtliga tre robusthetsparametrar (se tabell 23).

Robustheten analyserades sedan med hjälp av betygsskalan i tabell 22 och med hänsyn till de vikter riskerna fått enligt tabell 21. Analysen gjordes för hela vattenförsörjningssystemet, inklusive det valda systemalternativet. Den gjordes alltså inte enbart med hänsyn till de nya enskilda komponenter som ingår i systemalternativen. En relativ jämförelse av systemalternativen gjordes med avseende på robusthetsparametrarna i ekvation 4. Systemalternativ B användes som referens och systemalternativ A betygsattes utifrån dess prestation relativt systemalternativ B. Systemalternativ B fick därmed betyg 2 för samtliga parametrar vid samtliga riskhändelser. En poäng för respektive systemalternativs prestation med avseende på varje riskhändelse beräknades sedan som produkten av händelsens vikt (enligt tabell 21) och medelvärdet av betygen. Resultatet av analysen återfinns i tabell 23.

**Tabell 22** Betygsskalor för bedömning av robusthet. Skalorna har utformats så att ett högre betyg innebär en större robusthet.

Motståndskraft	Återhämtningstid	Reparationstid
1. Mindre än alt. B	3. Kortare än alt. B	3. Kortare än alt. B
2. Lika	2. Lika	2. Lika
3. Större än alt. B	1. Längre än alt. B	1. Längre än alt. B

**Tabell 23** Betyg och poäng för systemalternativens prestationer avseende riskhändelserna. Poäng = vikt · medelbetyg.

	Alt. A	Alt. B	Motivering
<b>Kemisk eller mikrobiell förorening av råvatten</b>			
<i>Betyg</i>			
Motståndskraft	3	2	Alt. A har större andel gr.v.täkter (större motstånd än yt.v.täkter)
Återhämtningstid	2	2	Gr.v. återhämtar sig generellt långsammare än yt.v., men B har större täkt vilket ger stor återhämtningstid
Reparationstid	2	2	Lättare att sanera yt.v. än gr.v., men tar också lång tid att sanera stor täkt (B).
<i>Poäng</i>	64	55	
<b>Allvarlig driftstörning på råvattenledning</b>			
<i>Betyg</i>			
Motståndskraft	3	2	Alt. A har mindre total råvattenledningslängd
Återhämtningstid	2	2	
Reparationstid	3	2	Större råvattenledningar i B
<i>Poäng</i>	74	55	
<b>Allvarlig processtörning i vattenverk</b>			
<i>Betyg</i>			
Motståndskraft	2	2	Samma volym vatten renas i de båda alternativen. I alt. A fler men mindre verk. I alt. B färre men större verk
Återhämtningstid	2	2	
Reparationstid	2	2	
<i>Poäng</i>	83	83	
<b>Ledningsbrott/kraftigt läckage på huvudledning</b>			
<i>Betyg</i>			
Motståndskraft	1	2	Fler huvudledningar i alt. A
Återhämtningstid	2	2	
Reparationstid	2	2	
<i>Poäng</i>	6	7	
<b>Medelpoäng</b>	57	50	

Ur tabell 23 kan utläsas att systemalternativ A är mer robust (högre poäng) än systemalternativ B med avseende på två av riskhändelserna. I ett fall presterade systemalternativ B bättre än systemalternativ A och för en riskhändelse bedöms deras prestation vara likvärdig. En medelpoäng för samtliga riskhändelser beräknades för systemalternativen. Resultatet var att systemalternativ A fick 57 poäng och systemalternativ B fick 50 poäng. Det innebär att systemalternativ A bedöms vara mer robust än systemalternativ B.

En viktig aspekt som hittills inte nämnts i analysen är de framtida klimatförändringarna. Effekten av dessa kommer att bli en försvagad robusthet då varaktigheten och frekvensen för riskhändelserna kommer att öka. Ett förändrat klimat kommer alltså att förstärka de risker som redan finns. En större hänsyn till klimatförändringarnas effekt skulle troligtvis försvaga systemalternativ B:s prestation ytterligare, då Mälaren blir mer sårbar.

*Systemalternativ A bedöms vara mer robust än systemalternativ B och tilldelas därmed betyg 3.*

#### **5.2.6.6. Grad av oberoende**

##### **Oberoende av primärvattentäkt- och verk**

*Analysen av kriteriet avser driftsfasen.*

Enligt avsnitt 3.2. finns en otydlighet i om reservvattenkälla och/eller reservvattenverk ska vara oberoende av primärvattentäkt och/eller primärvattenverk, och vad det i så fall innebär. Reservvattenförsörjningen bör vara oberoende av den reguljära vattentäkten och vattenverket. Detta har delvis frångåtts i utformningen av systemalternativen. Till exempel ingår inga nya vattenverk i systemalternativ B, utan de befintliga vattenverken förutsätts kunna användas. I systemalternativ A antas Norsborgsverket kunna användas för beredning av reservvatten från Yngern. Övriga reguljära vattenverk används inte inom systemalternativ A. I systemalternativ A används inte heller Mälaren som reservvattentäkt till skillnad från i systemalternativ B. Det bör ge en stor fördel för systemalternativ A, även om reservvattnet i systemalternativ B tas från andra delar av Mälaren än de som antas vara otjänliga.

Systemalternativ B är alltså 100 % beroende av de reguljära verken och av Mälaren. Det är dock oklart hur beroende de olika delarna av Mälaren är av varandra. Alternativ A är beroende av Norsborgsverket, men inte alls av Mälaren.

*Systemalternativ A tilldelas betyg 3 med avseende på oberoende primärvattentäkt- och verk.*

#### **5.2.6.7. Sammanvägd bedömning**

I tabell 24 har betygen för kriterierna som studerats i hållbarhetsanalysen sammanställts. Ett genomsnittligt betyg för kriterierna inom en kategori har beräknats, liksom ett slutgiltigt betyg för alla kategorier. Ingen viktning av vare sig kategorier eller kriterier har gjorts. Utan viktning är resultatet av hållbarhetsanalysen att systemalternativ B är att föredra framför systemalternativ A. Systemalternativ B presterar bättre än systemalternativ A med avseende på kategorierna *Miljö*, *Ekonomi* och *Sociokultur*, och systemalternativen är likvärdiga med avseende på *Hälsa och hygien* och *Teknisk funktionalitet*. Systemalternativ A presterar bättre än systemalternativ B med avseende på *Grad av oberoende*.

Betygsskala för systemalternativ A:s prestation relativt systemalternativ B:

- 3: Bättre
- 2: Likvärdig
- 1: Sämre

**Tabell 24** Betygsfördelning hos de kategorier och kriterier som analyserats.

<b>Kategori</b> Kriterium	Betyg Systemalternativ A	Betyg Systemalternativ B
<b>Hälsa och hygien</b>		
Risk för otjänlig vattenkvalitet i täkt	3	2
Vattenskydd	2	2
Kvalitetsproblem i ledningar	1	2
Genomsnittligt betyg	2	2
<b>Miljö</b>		
Materialanvändning vid anläggande	1	2
Energianvändning vid anläggande och framställning av material	1	2
Bidrag till global uppvärmning vid anläggande och framställning av material	1	2
Påverkan på vattenresurser och akvatiska ekosystem	2	2
Genomsnittligt betyg	1,25	2
<b>Ekonomi</b>		
Investeringskostnad	1	2
Genomsnittligt betyg	1	2
<b>Sociokultur</b>		
Organisation och ansvarsfördelning	1	2
Förenlighet med övrig planering	2	2
Genomsnittligt betyg	1,5	2
<b>Teknisk funktionalitet</b>		
Uppstartstid	1	2
Robusthet	3	2
Genomsnittligt betyg	2	2
<b>Grad av oberoende</b>		
Oberoende av primärvattentäkt- och verk	3	2
Genomsnittligt betyg	3	2
<b>Genomsnittligt betyg alla kategorier</b>	1,8	2

#### 5.2.6.8. *Känslighetsanalys*

Känslighetsanalysen gjordes för att undersöka vilken påverkan en eventuell viktning av kategorierna och kriterierna skulle kunna ha på resultatet av hållbarhetsanalysen. Hur en annorlunda betygsättning skulle kunnat påverka resultatet har diskuterats i kapitel 6. Känslighetsanalysen fokuserades till ett test av hur viktningen skulle behöva se ut för att systemalternativ A skulle bli mer fördelaktigt än systemalternativ B. De kategorier och kriterier där systemalternativ A presterat bättre än systemalternativ B skulle behöva få en större vikt och de kategorier och kriterier där systemalternativ B presterat bättre än systemalternativ A skulle behöva få en mindre vikt. Framför allt är det troligt att *Grad av oberoende* skulle kunna få en stor vikt, vilket kan göra att resultatet ändras. Även en stor vikt till kriterierna *Risk för otjänlig vattenkvalitet i täkt* och *Robusthet* skulle gynna systemalternativ A, liksom låga vikter till framför allt *Miljö-* och *Ekonomi-*kategorierna. Effekterna av viktningar utifrån dessa konstateranden har analyserats nedan.

**Fall 1: Grad av oberoende får stor vikt**

Om alla kategorier tilldelas samma vikt, förutom *Grad av oberoende* som får en högre vikt än de övriga, så skulle *Grad av oberoende* behöva få en vikt på minst 31 % för att systemalternativ A ska bli mer fördelaktigt än systemalternativ B. Det innebär att de övriga kategorierna har viktats till högst 13,8 %. På grund av oklarheterna i förhållningen till oberoendet anses att det kan finnas en risk att *Grad av oberoende* viktas så pass mycket högre än övriga kategorier.

**Fall 2: Hälsa och hygien och Risk för otjänlig vattenkvalitet i täkt får stora vikter**

Det räcker inte att enbart öka vikten hos kriteriet *Risk för otjänlig vattenkvalitet i täkt* för att systemalternativ A ska bli mer fördelaktigt än systemalternativ B. Även kriteriets huvudkategori *Hälsa och hygien* behöver få en större vikt. Om *Risk för otjänlig vattenkvalitet i täkt* skulle få hälften av viktpoängen inom kategorin (och övriga kriterier viktas lika) så skulle själva kategorin behöva få en vikt på minst 49 % (om övriga kategorier viktas lika till högst 10,2 %). Det anses osannolikt att kategorin skulle få en så stor vikt. Om *Risk för otjänlig vattenkvalitet i täkt* skulle få en vikt på 100 % skulle kategorin *Hälsa och hygien* enbart behöva få en fyra procentenheter större vikt än övriga kategorier. Det kan dock anses osannolikt att övriga kriterier inom kategorin skulle betraktas ha så liten betydelse.

**Fall 3: Teknisk funktionalitet och Robusthet får stora vikter**

Det räcker inte att enbart öka vikten hos kriteriet *Robusthet* för att systemalternativ A ska bli mer fördelaktigt än systemalternativ B. Även kriteriets huvudkategori *Teknisk funktionalitet* behöver få en större vikt. Det andra kriteriet inom kategorin är *Uppstartstid* och det bedöms vara troligt att detta kriterium inte skulle viktas lika högt som *Robusthet*. Med antagandet att *Robusthet* får åtminstone 70 % av viktpoängen skulle *Teknisk funktionalitet* behöva viktas till minst 38 % om övriga kategorier viktas lika (till högst 12,4 %). Att teknisk funktionalitet skulle viktas så mycket högre än övriga kategorier kan anses osannolikt.

**Fall 4: Miljö får liten vikt**

Även om miljökategorierna viktas till 0 % så blir systemalternativ B mer fördelaktigt än systemalternativ A.

**Fall 5: Ekonomi får liten vikt**

I hållbarhetsanalyser väljer man ibland att analysera ekonomiska aspekter separat, eftersom ekonomin många gånger influerar de övriga kategorierna. Om ekonomikategorierna viktas till 0 % och övriga kategorier viktas lika blir resultatet oavgjort mellan systemalternativen.

## 6. DISKUSSION

Reservvattenfrågan i Stockholms län är komplex. Många aktörer är inblandade, den geografiska skalan är stor och det redan höga invånarantalet ökar. Dessutom är vattenresurserna ojämnt fördelade i länet och det finns många frågetecken gällande vilka krav som kan ställas på reservvattenlösningar. I examensarbetet har många val gjorts baserat på den information som funnits tillgänglig inom arbetet och baserat på ett flertal antaganden.

Först och främst finns en oklarhet i begreppet reservvatten. I juridisk mening finns inga krav på att en dricksvattenproducent ska tillhandahålla reservvatten. I länet finns likväl en vilja att förbättra reservvattentillgången, eftersom avbrott i den reguljära försörjningen kan drabba stora delar av befolkningen och få stora ekonomiska konsekvenser. Det finns dock inga vedertagna mål för hur stor del av den reguljära försörjningen som reservvattenförsörjningen ska kunna ersätta, även om SGU (2009) menar att det bör handla om 100 %. I examensarbetet har antagits att reservvattentillgångarna ska kunna ersätta hela normalproduktionen som är utslagen vid de scenarier som studerats. Det skulle också vara möjligt att utforma reservvattensystemen för att ersätta en mindre andel av normalproduktionen. Då behövs begränsningar för vattenanvändningen. Till exempel kan bevattning och viss industriell vattenanvändning begränsas. Med hänsyn till kvalitetsproblem som kan uppkomma i distributionssystemet finns dock gränser för hur små flödena i ledningarna kan vara. Om det inte finns tillräckligt med reservvatten blir alternativet att distribuera ett orent vatten. Det kan användas av hushåll och andra verksamheter, men inte för förtäring, såvida det inte kokats först.

En annan viktig fråga att diskutera är reservvattenförsörjningens oberoende av den reguljära dricksvattenförsörjningen. Graden av oberoende mellan två täkter i ett område är oftast inte antingen 0 eller 100 %. Det kan vara svårt att avgöra var på skalan en täkt bör ligga i förhållande till en primärvattentäkt, för att minska sårbarheten i den reguljära försörjningen i tillräcklig grad för att räknas som en reservvattenkälla. En annan täkt i Mälaren kan vara betydligt mer oberoende av en primärvattentäkt i Mälaren än vad en annan sjö i området är. Att avgöra hur beroende två täkter är av varandra är inte enkelt och i dagsläget finns inte tillräckligt med information om detta för olika delar av Mälaren. Ett större försök för att öka kunskapen om detta är dock under planering. Det är också intressant att diskutera om det kan tänkas räcka att ta vatten från olika intagsdjup, för att tillräckligt minska riskerna i den reguljära försörjningen. Och är ökad redundans i form av utbyggnad och sammankopplingar i distributionssystemet att betrakta som reservvattenåtgärder? Detta är frågor som man i länet bör diskutera och enas om hur man ska ställa sig till. Det bör vara första steget innan man kan gå vidare med valet av åtgärder för att förbättra reservvattensituationen. Att systemalternativ B är att föredra framför systemalternativ A enligt hållbarhetsanalysen är ett resultat av att reservvattentäkterna inte antagits behöva vara helt oberoende av de reguljära vattentäkterna. Man skulle kunna tänka sig att de många hållbarhetsfördelarna med att använda systemalternativ B överväger riskerna kopplade till ett beroende av Mälaren för reservvattenförsörjningen. Återigen är det av avgörande betydelse hur länet beslutar att ställa sig till oberoendefrågan. Om oberoendet skulle viktats till 0 % skulle systemalternativ A prestera betydligt sämre (totalbetyg 1,3) än systemalternativ B (totalbetyg 2).

Ytterligare ett sätt att hantera risken att ett reguljärt vattenverk inte kan användas är att bygga in en större säkerhet i verket. Med förbättrade reningstekniker ökar chansen att ett råvatten av otjänlig kvalitet kan renas i tillräcklig grad för att användas som vanligt av abonnenterna. Eventuellt kan väljas att enbart använda de tillförda reningsmetoderna vid behov, och i övrigt



använda enklare reningsmetoder så som de ser ut för dagens vattenverk. På så sätt fås en beredskap att hantera föroreningar till följd av exempelvis ett förändrat klimat. För att bättre hantera risker för utsläpp vid trafikolyckor, industrier och andra verksamheter kan reningen utökas för att till exempel även kunna hantera förorening av diesel och lösningsmedel. Att införa hårdare krav på vattenskydden runt de reguljära täkterna är också ett sätt att minska risken att ett reservvattenbehov uppstår. Detta resonemang bygger på att det är kvalitetsproblem i täkten som orsakar reservvattenbehovet. Vid tekniska problem i ett reguljärt vattenverk kan systemalternativ B inte användas eftersom det förutsätter tillgång till de reguljära verken. Tekniska problem i vattenverken bör dock kunna lösas på kort tid, och under den tiden kan vattenleveranserna säkerställas genom befintliga reservoarer och överföringsmöjligheter. Enligt Olofsson m.fl. (2001a) kan varaktigheten hos störningar i vattenverk vara 1 vecka – 1 månad (se tabell 20). Enligt Johansson, B. (pers. medd.) rör det sig snarare om upp till en vecka. Att en större varaktighet använts i analysen av robusthet i avsnitt 5.2.6.5. har ingen påverkan på resultatet av analysen, då systemalternativen har bedömts prestera lika med avseende på störningar i vattenverk. Därför bör inte tekniska problem i vattenverk vara ett hinder för användande av systemalternativ B. En annan idé till en typ av åtgärd som inte inkluderats i examensarbetet är att investera i ett portabelt vattenverk och portabla ledningar som kan flyttas runt i länet dit ett reservvattenbehov uppstått. Det kan tänkas vara hållbart då inga ytterligare nya verk och ingen schaktning behövs, och då valet av vattentäkt blir mer flexibelt. Det är dock tveksamt om en sådan lösning kan bidra med tillräckligt stora vattenvolymer, eller om den ändå skulle behöva kompletteras med andra åtgärder.

En annan fråga att komma överens om i länet innan valet av åtgärder kan diskuteras är vilka scenarier med påverkan på vattenförsörjningen som ska kunna hanteras. Valet av scenarier i examensarbetet baserades på antaganden utifrån resultat av tidigare gjorda risk- och sårbarhetsanalyser. Ett mer utförligt underlag inför valet kan ändra vilka vattenvolymer som behövs och till vilka delar i länet de behövs. Det skulle ha en påverkan på vilka åtgärder som aktualiseras. Rimligheten i att Bornsjön och Norsborgs-verkets täkt i Mälaren båda antagits vara obrukbara samtidigt i scenario 2 kan diskuteras. Med tanke på att Bornsjön är reservvattentäkt och dessutom inte utgör en del av Mälaren kan det tyckas orimligt att anta att den skulle vara utslagen samtidigt som täkten i Mälaren. Att detta antagande ändå ingått i scenariot beror på att så varit fallet i tidigare risk- och sårbarhetsanalyser, och att en önskan om ett komplement till Bornsjön har uttryckts. Om scenariot inte hade inkluderat Bornsjöns bortfall skulle behovet av reservvattenåtgärder varit betydligt mindre för Stockholm Vatten. För att klara ett bortfall av Lovöverket hade det troligen räckt med utökad ledningskapacitet.

Utifrån förutsättningarna och antagandena inom examensarbetet valdes två alternativ till reservvattenförsörjning ut för att studeras med en hållbarhetsanalys. Oavsett vilken metod som väljs för att fatta beslut om reservvattenfrågan är det nödvändigt att diskutera den typ av frågor som följer av kategorierna och kriterierna i en hållbarhetsanalys. Fördelen med att använda hållbarhetsanalys är att beslutsprocessen blir mer strukturerad, eftersom systemalternativen värderas utifrån tydligt definierade kriterier. Att de berörda aktörerna gemensamt bestämmer vilka kriterier som ska ingå i analysen och hur viktningen ska se ut ger en ökad samordning och en styrka åt resultatet. Strukturen och viktningen ger också lika förutsättningar för aktörerna att framföra sina synpunkter. Det organiserade valet av kriterier gör att risken att något viktigt kriterium glöms är mindre än om hållbarhetsanalys inte används. Detsamma gäller risken att en aspekt får oproportionerligt stort fokus. Ytterligare en fördel med att använda hållbarhetsanalys är att den tydliga problemdefinitionen försäkrar att systemalternativen bidrar med tillräckliga vattenvolymer till rätt områden. Det strukturerade

åtgärdsvalet och det tydliga resultatet vid hållbarhetsanalys innebär också att det kan tänkas gå fortare att börja implementera åtgärderna.

Hållbarhetsanalys har som tidigare nämnts inte använts i stor utsträckning för val av dricksvattenlösningar. Metoden har dock använts framgångsrikt vid till exempel val av avloppsvatten- och avfallssystem (Adolphson m.fl., 2006; Kretsloppskontoret Göteborgs stad, 2007; Kärrman, 2000 m.fl.). Ett återkommande problem som diskuterats i flera andra hållbarhetsanalyser/systemanalyser är att det ofta är svårt att försäkra sig om att samma hållbarhetsfråga inte analyseras inom flera kriterier. I examensarbetet har noga hänsyn tagits för att minimera risken att samma fråga analyseras inom flera kriterier. Det har dock tidigare diskuterats (Kretsloppskontoret Göteborgs stad, 2007) att till exempel användningen av fossila bränslen utvärderas både inom kriterier om energianvändning, och som utsläpp inom kriterier om påverkan på global uppvärmning. I de flesta analyser har man dock skiljt på energianvändning och emissioner. I examensarbetet har hållningen varit att båda dessa kriterier är viktiga och att de kan analyseras separat.

Begränsningarna och antagandena inom examensarbetet har bidragit till osäkerheter i resultatet. Till exempel är de kvantitativa resultaten inom miljö-kategorin osäkra. Dock skiljer sig de två alternativens prestationer relativt mycket och även om de beräknade siffrorna är osäkra bör den relativa jämförelsen mellan alternativen vara mer korrekt. För att systemalternativ A skulle ha fått ett högre totalt betyg än systemalternativ B, hade mellan två och fem av de studerade kriterierna behövt höjas ett betygsteg för systemalternativ A, beroende på vilka kriterier det är som höjs. Det som ger störst effekt är om systemalternativen hade bedömts prestera lika med avseende på investeringskostnaden. Då skulle enbart ett betygsteg högre för vilken som helst av de övriga kriterierna ha räckt för att systemalternativ A skulle fått ett högre totalt betyg än systemalternativ B. Dock visade analysen att skillnaden i investeringskostnad är stor och därför är det osannolikt att felet skulle kunna vara så stort att kostnaderna blir jämförbara. Troligtvis är det störst risk att betygen är felaktiga för kriterierna inom *Hälsa och hygien*, *Sociokultur* och *Teknisk funktionalitet*. Inom dessa kategorier skulle betyget med avseende på tre kriterier behöva höjas ett steg för att resultatet ska bli annorlunda. För övriga kategorier (*Miljö*, *Ekonomi* och *Grad av oberoende*) är skillnaden mellan alternativen större, vilket ger en större säkerhet i resultaten.

På grund av svårigheter att dela in betygsskalan i kvantifierbara, eller åtminstone tydligt avgränsade, intervall för vissa kriterier användes en skala med enbart tre olika betyg. Det innebär att det i analysen inte skiljts på fall då ett alternativ till exempel förväntats prestera bättre respektive mycket bättre än det andra. Det kan ha bidragit till ett något missvisande resultat. Till exempel bedöms alternativ B prestera sämre med avseende på *Risk för otjänlig vattenkvalitet i täkt* än vad systemalternativ A presterar sämre med avseende på *Kvalitetsproblem i ledningar*. Det innebär att medelbetyget för *Hälsa och hygien* troligtvis borde vara högre för systemalternativ A. Som diskuterats i avsnitt 5.2.6.7. skulle också viktning av kategorier och kriterier kunna ändra resultatet av analysen. Framför allt skulle en stor vikt till *Grad av oberoende* och en liten vikt till *Ekonomi* gynna systemalternativ A så att resultatet ändras.

Sammanfattningsvis krävs stor samordning för att länets reservvattenbrist ska kunna hanteras på ett effektivt sätt. Hållbarhetsanalys kan vara en bra metod för att välja alternativ för reservvattenförsörjning. I examensarbetets hållbarhetsanalys har inte alla möjliga alternativ till reservvattenförsörjning analyserats. Kanske skulle en kombination av de två alternativen vara fördelaktig. Den samordning och det planeringsarbete som krävs inför beslutsfattande

kan underlättas genom utformandet av en regional vattenförsörjningsplan för Stockholms län. Upprättandet av en sådan plan diskuteras för tillfället, bland annat av Rådet för Vatten- och Avloppssamverkan i Stockholms län (VAS-rådet). Den skulle vara till nytta inom många delar av samhällsplaneringen i länet, inte minst reservvattenfrågan. Därför bör stort fokus ligga på länets reservvattenförsörjning i en regional vattenförsörjningsplan. Det innebär att det även kan vara lämpligt att hållbarhetsanalysen ingår i den regionala vattenförsörjningsplanen.

## 7. SLUTSATS

Hållbarhetsanalysens systemalternativ B (reservvatten från andra delar av Mälaren) är mer fördelaktigt än systemalternativ A (reservvatten från andra källor än Mälaren). Det beror framför allt på att miljöpåverkan och investeringskostnaden är lägre för systemalternativ B. Att skillnaden mellan alternativens prestationer är stor med avseende på flera av de hållbarhetskategorierna och kriterier som använts innebär att resultatet är tillförlitligt. Givetvis finns dock en osäkerhet i de beräkningar och uppskattningar som gjorts, då de bygger på flera antaganden och på de begränsade förutsättningar som funnits inom examensarbetet.

En aspekt som starkt påverkat resultatet är att reservvattensystemen inte antogs behöva vara oberoende av de ordinarie dricksvattensystemen. Frågan om oberoende är viktig att ta ställning till i länet, innan planeringen av reservvattenförsörjningen kan ta vid på allvar. Det går också att tänka sig att man utifrån en hållbarhetsanalys beslutar att prestationen med avseende på övriga hållbarhetsaspekter (förutom *Grad av oberoende*) överväger så pass mycket att oberoendet inte bör anses vara ett krav. Om oberoende inte anses vara ett krav är det utifrån resultatet av hållbarhetsanalysen klart att nya intagsledningar och överföringsledningar för råvatten till primärvattenverk ger en större hållbarhet än nya vattenverk och dricksvattenledningar. En annan viktig fråga att ta ställning till i länet är vilka scenarier som reservvattenförsörjningen ska kunna hantera. Även det är avgörande för utformningen av reservvattenalternativ.

Studien av olika åtgärder för reservvattenförsörjning visade att det inte är möjligt att hålla sig till en viss typ av principåtgärd för att hantera reservvattenbristen, utan en kombination av åtgärder behövs. Svårigheterna i att hitta reservvattenalternativ ligger inte i tekniska aspekter i utbyggnation av vattenverk och liknande. Begränsningen ligger snarare i tillgången till vattenresurser som kan användas för dricksvattenförsörjning. Därför är det viktigt att de potentiella dricksvattentäkter som identifierats i länet skyddas, så att det i framtiden finns möjlighet att använda dem.

De alternativ som studerades i hållbarhetsanalysen är inte de enda möjliga alternativen. Kanske skulle en kombination av systemalternativen, där till exempel både Yngern och Skarven utnyttjas, vara mest lämplig. Oavsett om man väljer att satsa på stora regionala åtgärder eller på mer lokala lösningar behövs samordning och samarbete mellan länets vattenaktörer. Den struktur som en hållbarhetsanalys för med sig kan vara värdefull för att förenkla samordningen och för att få väl underbyggda beslut.

## 8. REFERENSER

- Adolphson, T., Finnson, A., Gunnarsson, L. och Palmgren, T., 2006. *Avloppsvattenrening i Stockholms län år 2030 – en översiktlig studie av hinder samt möjliga vägar framåt*. VAS-rådets rapport nummer 1.
- Alfredsson, E., Kriström, B. och Ankarhem, M., 2006. *Samhällsekonomiska aspekter och mått på hållbar utveckling*. Ödeshög: Danagårds grafiska.
- Blad, L., Maxe, L. och Källgården, J., 2009. *Vattenförsörjningsplan – identifiering av vattenresurser viktiga för dricksvattenförsörjning*. SGU-rapport 2009:24.
- Bossel, H., 1999. *Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications*. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development.
- Bracken, P., Kvarnström, E., Ysunza, A., Kärrman, E., Finnson, A., och Saywell, D., 2005. *Making sustainable choices – development and use of sustainability oriented criteria in sanitary decision-making*. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Ecological Sanitation Conference, 486-494.
- Cornelissen, A. M. G., 2003. *The Two Faces of Sustainability – Fuzzy Evaluation of Sustainable Development*. Wageningen Universiteit.
- Coulibaly, H. och Rodriguez, M. J., 2004. Development of performance indicators for small Quebec drinking water utilities. *Journal of Environmental Management* 73(3), 243-245.
- Dempsey, N., Bramley, G., Power, S. och Brown, C., 2011. The Social Dimension of Sustainable Development: Defining Urban Social Sustainability. *Sustainable Development*, 19(5), 289-300.
- Engblom, K. och Lundh, M., 2006. *Mikrobiologisk barriärverkan vid konstgjord grundvattenbildning – en litteraturstudie om påverkande faktorer*. VA-Forsk-rapport nr 2006-10.
- Europa, 2014. Sammanfattning av EU-lagstiftningen - *Skydd och förvaltning av vatten (ramdirektivet för vatten)*. [http://europa.eu/legislation\\_summaries/agriculture/environment/128002b\\_sv.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/agriculture/environment/128002b_sv.htm) [2014-03-06].
- Glynn, A., Cantillana, T. och Bjermo, H., 2013. *Riskvärdering av perfluorerade alkylsyror i livsmedel och dricksvatten*. Livsmedelsverkets rapport nr 11-2013.
- Hansson, G., 2000. *Konstgjord grundvattenbildning – 100-årig teknik inom svensk dricksvattenförsörjning*. VA-Forsk-rapport nr 2000-5.
- HaV, 2014a. *Vårt uppdrag* (2014-02-15). <https://www.havochvatten.se/hav/uppdrag--kontakt/vart-uppdrag.html>[2014-03-07].

- HaV, 2014b. *Vägledning för kommunal VA-planering för hållbar VA-försörjning och god vattenstatus*. Rapport 2014:1.
- Hedenfelt, E., 2013. *Hållbarhetsanalys av städer och stadsutveckling - Ett integrerat perspektiv på staden som ett socioekologiskt, komplext system*. Malmö: Holmbergs.
- Hellström, D., Jeppsson, U. och Kärrman, E., 2000. A framework for systems analysis of sustainable urban water management. *Environmental Impact Assessment Review*, 20(2000), 311-321.
- Horne, R., Grant, T. och Verghese, K., 2009. *Life cycle assessment: principles, practice and prospects*. Collingwood: CSIRO PUBLISHING.
- Johansson, H. och Jönsson, H., 2007. *Metoder för risk- och sårbarhetsanalys ur ett systemperspektiv* [PDF]. Lunds universitets centrum för riskanalys och riskhantering, Rapport 1010.
- Kissinger, M. och Rees, W. E., 2010. An interregional ecological approach for modelling sustainability in a globalizing world – Reviewing existing approaches and emerging directions. *Ecological Modelling*, 221(21), 2615-2623.
- Kretsloppskontoret Göteborgs Stad, 2007. *Systemstudie avlopp – En studie av framtida hållbara system för hantering av avlopp och bioavfall i Göteborgsregionen*. Göteborg: Kretsloppskontoret.
- KSL, 2014. *Karta över Stockholms läns kommuner* (2014-03-04). <http://www.ksl.se/svenska/vara-uppdrag/arbetsmarknad/gemensam-vuxenutbildningsregion/vuxenutbildning-i-stockholms-lan.html> [2014-04-01].
- Kärrman, E., 2000. *Environmental Systems Analysis of Wastewater Management*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola.
- Kärrman, E., Bergstedt, O., Westrell, T., Heinicke, G., Stenström, T. A. och Hedberg, T., 2004. *Systemanalys av dricksvattenförsörjning med avseende på mikrobiologiska barriärer och miljöpåverkan*. VA-Forsk-rapport nr 2004-12.
- Kärrman, E., Törneke, K., Tilly, L. och Andersson, E., 2014. *Regional vattenförsörjningsplan i Stockholms län – en förstudie med fokus på sjön Yngern*. Opublicerat manuskript.
- Lagerblad, L., 2011. *Mälaren om 100 år – förstudie om dricksvattentäkten Mälaren i framtiden*. Länsstyrelsen i Stockholms län, rapport nr 2011-26.
- Lindhe, A., Rosén, L., Norberg, T. och Bergstedt, O., 2009. Fault tree analysis for integrated and probabilistic risk analysis of drinking water systems. *Water research* 43(6), 1641-1653.
- Lindström, R., Björlin, A., Åkerblad, L. och Hansson, G., 2009. *Dricksvattenförekomster i Stockholms län - Prioriteringar för långsiktigt skydd*. VAS-rådets rapport nummer 6.

- Livsmedelsverket, 2006. *Vägledning till Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten* (PDF). Tillgänglig via: <http://www.slv.se/sv/grupp1/Dricksvatten/Foreskrifter-om-dricksvatten/> [2014-03-07].
- Livsmedelsverket, 2007. *Risk- och sårbarhetsanalys för dricksvattenförsörjning*. Ljungby: JOMA Grafisk Produktion.
- Livsmedelsverket, 2014. *Föreskrifter om dricksvatten* (2013-08-28). <http://www.slv.se/sv/grupp1/Dricksvatten/Foreskrifter-om-dricksvatten/> [2014-03-07].
- Lundin, M., 2003. *Indicators for Measuring the Sustainability of Urban Water Systems – A Life Cycle Approach*. Göteborg: Chalmers Reproservice.
- Lundin, M. och Morrison, G. M., 2002. A life cycle assessment based procedure for development of environmental sustainability indicators for urban water systems. *Urban Water* 4(2), 145-152.
- Länsstyrelsen, 2014. *VISS-databasen*. <http://www.viss.lansstyrelsen.se/> [2014-04-15].
- Länsstyrelsen Stockholm, 2013. *Förslag på riksintressen för vattenförsörjning i Stockholms län*. Fakta nr 2013-8.
- Nilsson, S. Å. och Persson, I., 1990. *Investeringsbedömning*. Lund: BTJ Tryck AB.
- Norrvatten, 2014a. *Mälaren – vår vattentäkt*. <http://www.norrvatten.se/Dricksvatten/Malaren--var-vattentakt/> [2014-03-05].
- Norrvatten, 2014b. *Vattenledningsnätet*. <http://www.norrvatten.se/Dricksvatten/Vattenledningsnattet/> [2014-03-10].
- Norrvatten, 2014c. *Så används vattnet*. <http://www.norrvatten.se/Dricksvatten/Fakta-om-vart-dricksvatten/Sa-anvands-vattnet/> [2014-02-06].
- Norrvatten, 2014d. *Norrtälje – Ny huvudvattenledning*. <http://www.norrvatten.se/dricksvatten/pagaende-anlaggningsprojekt/dricksvatten-fran-malaren-till-norrtalje/> [2014-04-24].
- Norrvatten, 2014e. *Extremt låga halter av högfluorerade ämnen*. <http://www.norrvatten.se/Press/Nyhetsarkiv/Nyheter-2014/Norrvattens-matningar-visar-pa-extremt-laga-halter-av-PFOS/> [2014-04-16].
- NTM, 2014. *Enkel godskalkyl*. <http://www.ntmcalc.se/index.html> [2014-05-15].
- Ojala, L., Thunholm, B., Maxe, L., Persson, G. och Bergmark, M., 2007. *Kan grundvattenmålet klaras vid ändrade klimatförhållanden? – underlag för analys SGU*. Rapport nr 2007:9.
- Olofsson, B., Frycklund, C., Tideström, H. och Haglund, J. E., 2001a. *Hur väljer man vatten- och avloppslösningar där kommunalt VA saknas? – en metodstudie*. Arbetspromemoria nr 9:2001.

- Olofsson, B., Tideström, H. och Willert, J., 2001b. *Riskidentifiering av urbana VA-system*. Urban Water, Chalmers tekniska högskola, rapport nr 2001:2.
- Olofsson, B. och Törneke, K., 2006. *Reservvattenförsörjning Östra Storstockholm*. Tyréns.
- Ottosson, J., 2005. *Comparative analysis of pathogen occurrence in wastewater – management strategies for barrier function and microbial control*. Stockholm: Universitetsservice US AB.
- Palme, U., 2007. *The Role of Indicators in Developing Sustainable Urban Water Systems*. Göteborg: Chalmers Reproservice.
- Pumpportalen, 2011. *Pumphandboken - Kapitel 11: Vätskeströmning*. [http://www.pumpportalen.se/pumphandboken/11/pumphandboken\\_kapitel11.pdf](http://www.pumpportalen.se/pumphandboken/11/pumphandboken_kapitel11.pdf) (2014-04-25).
- Rosén, L., Back, P. E., Söderqvist, T., Soutukorva, Å., Brodd, P. och Grahn, L., 2009. *Multikriterieanalys (MKA) för hållbar efterbehandling av förorenade områden - Metodutveckling och exempel på tillämpning*. Naturvårdsverket. Rapport nr 5891.
- Statistiska centralbyrån, 2007. *Pressmeddelande från SCB 2007-09-04 - Vattenuttag och vattenanvändning i Sverige: Minskad vattenanvändning i hushållen*. [http://www.scb.se/sv\\_/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Miljo/Vattenanvandning/Vattenuttag-och-vattenanvandning-i-Sverige/13078/2010A01/Behallare-for-Press/Minskad-vattenanvandning-i-hushallen/](http://www.scb.se/sv_/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Miljo/Vattenanvandning/Vattenuttag-och-vattenanvandning-i-Sverige/13078/2010A01/Behallare-for-Press/Minskad-vattenanvandning-i-hushallen/) [2014-02-06].
- Statistiska centralbyrån, 2012. *Pressmeddelande från SCB 2012-11-07 - Vattenuttag och vattenanvändning i Sverige: Viss ökning av vattenanvändningen*. [http://www.scb.se/sv\\_/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Miljo/Vattenanvandning/Vattenuttag-och-vattenanvandning-i-Sverige/13078/2010A01/Behallare-for-Press/Viss-okning-av-vattenanvandningen/](http://www.scb.se/sv_/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Miljo/Vattenanvandning/Vattenuttag-och-vattenanvandning-i-Sverige/13078/2010A01/Behallare-for-Press/Viss-okning-av-vattenanvandningen/) [2014-02-06].
- Statistiska centralbyrån, 2014a. *Statistikdatabasen – Folkmängd efter region och år*. [http://www.scb.se/sv\\_/Hitta-statistik/Statistikdatabasen/](http://www.scb.se/sv_/Hitta-statistik/Statistikdatabasen/) [2014-02-20].
- Statistiska centralbyrån, 2014b (2014-03-04). *Villa vanligaste boendeformen*. [http://www.scb.se/sv\\_/Hitta-statistik/Artiklar/Villa-vanligaste-boendeformen/](http://www.scb.se/sv_/Hitta-statistik/Artiklar/Villa-vanligaste-boendeformen/) [2014-05-04].
- Stockholm Vatten, 2014a. *Dricksvatten* (2014-02-19). <http://www.stockholmvatten.se/Vattnets-vag/Dricksvatten/> [2014-03-05].
- Stockholm Vatten, 2014b. *Ingen risk att Stockholms dricksvatten är påverkat av PFOS* (2014-02-10). <http://www.stockholmvatten.se/Aktuellt/Nyheter/Ingen-risk-att-Stockholms-dricksvatten-ar-paverkat-av-PFOS/> [2014-04-16].
- Stockholms läns landsting, 2010. *RUFS 2010*. Rapport nr 2010:5.



- Sweco, 2014. *Uppsalas nya vattenverk*. <http://www.sweco.se/sv/sweden/tjanster/Vatten--och-avloppsreningsteknik/Vatten--och-avloppsrening/Uppsalas-nya-vattenverk/> [2014-05-04].
- Svensk Betong, 2014. *Fakta om betong*. <http://www.svenskbetong.se/fakta-om-betong.html> [2014-06-01].
- Svensk Byggtjänst, 2013. *AMA Anläggning 13*. Svensk Byggtjänst.
- Svenskt Vatten, 2013. *Taxestatistik Typhus A, Normalvilla 2013*. <http://www.svensktvatten.se/Vattentjanster/Management/VASS/Taxa/> [2014-05-04].
- Svenskt Vatten, 2014a. *Lagar och regler för dricksvatten*. <http://www.svensktvatten.se/Vattentjanster/Dricksvatten/Lagar-och-foreskrifter/> [2014-03-07].
- Svenskt Vatten, 2014b. *Fakta om dricksvatten*. <http://www.svensktvatten.se/Vattentjanster/Dricksvatten/For-dig-som-soker-information/> [2014-05-27].
- Svenskt Vatten, 2010a. *Dricksvattenteknik 2 – Grundvatten*. Solna: åtta.45.
- Svenskt Vatten, 2010b. *Dricksvattenteknik 3 – Ytvatten*. Solna: åtta.45.
- Södertälje kommun, 2004. *Kortversion av faktasammanställningen – Sjöar och vattendrag i Södertälje*. Miljökontoret, rapport 2004.
- Tillman, A-M., Lundström, H. och Svingby, M., 1996. *Livscykelanalys av alternativa avloppssystem i Bergsjön och Hamburgsund – Databilaga*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola, avdelningen för teknisk miljöplanering, rapport 1996:1b.
- Tilly, L., Bruzell, S., Forsberg, E. och Törneke, K., 2011. *Projekt Slussen – Dricksvatten: Konsekvensbedömning ny reglering av Mälaren*. Tyréns.
- Tyréns, 2014. *Relevant – renoveringslexikon för VA-nät*. [www.relevant.nu](http://www.relevant.nu) [2014-05-22].
- Törneke, K. och Pettersson, N., 2008. *Reservvattenförsörjning Sydvästra Storstockholm*. Tyréns.
- Törneke, K., Tilly, L. och Bruzell, S., 2011. *Robust och klimatsäkrad dricksvattenförsörjning i Stockholms län*. VAS-rådets rapport nummer 10.
- Uppsala Vatten, inget datum. *Uppsalas nya vatten – en presentation av Gränby och Bäcklösa vattenverk*. Informationsbroschyr.
- Urban Water, 2014. *Hållbarhetsbedömning för VA i bebyggelsegrupper med VeVa*. <http://www.urbanwater.se/sv/vi-erbjuder-arbets%C3%A4tt-och-verktyg/h%C3%A5llbarhetsbed%C3%B6mning-f%C3%B6r-va-i-bebyggelsegrupper-med-veva> [2014-05-05].

Vattenmyndigheten Bottenhavet, 2010. *Förvaltningsplan Bottenhavets vattendistrikt 2009-2015*. Vattenmyndigheten i Bottenhavets vattendistrikt vid Länsstyrelsen i Västernorrlands län: Tabergs tryckeri.

Vattenmyndigheterna, 2014. *Vattenförvaltningens arbetscykel*.  
<http://www.vattenmyndigheterna.se/Sv/om-vattenmyndigheterna/vattenforvaltningens-arbetscykel/Pages/default.aspx> [2014-03-06].

VAV, 2001. *Allmänna vattenledningsnät: anvisningar för utformning, förnyelse och beräkning*. Stockholm: VAV AB, Publikation P83.

Veolia Vatten, 2014. Dataunderlag för dricksvattenproduktion i Norrtälje kommuns vattenverk.

Weiss, P., 2007. *Enskilda avloppsanläggningar med fosforbindning i Stockholms län – en miljösystemanalys med metodik från livscykelanalys*. Uppsala: Geotryckeriet.

Wikström, M., 2006. *Vattenförsörjningsplaner – innebörd och innehåll*. Länsstyrelsen i Västra Götalands län, Rapport nr 2006:99.

### **Personliga meddelanden**

Berggren, Anna. Ingenjör Kvalitet och Miljö på Veolia Vatten, mailkontakt 2014-02-14.

Ekvall, Jan. Chef på Stockholm Vattens dricksvattenverk, telefonsamtal 2014-02-11 och mailkontakt 2014-05-06.

Ericsson, Per. Utvecklingschef på Norrvatten, telefonsamtal 2014-04-24 och mailkontakt 2014-05-20.

Gillsbro, Hans. Chef för projekt och utredning på Norrvatten, telefonsamtal 2014-04-16 och mailkontakt 2014-04-24.

Hållinder, Peter, 2014. Processansvarig för VA Drift på Telge Nät, mailkontakt 2014-02-12.

Johansson, Bertil. Chef för produktion och distribution på Norrvatten, telefonsamtal 2014-02-11.

Johansson, Hans. Teknisk support, Uponor, telefonsamtal 2014-05-08.

Johansson, Thomas. Civilingenjör Schaktfri VA-teknik, Tyréns, mailkontakt 2014-05-22.

Marklund, Stefan. Projektledare på Luleå Tekniska Universitet, telefonsamtal 2014-04-23.

Törneke, Krister, 2014. Utredare Vatten på Tyréns. Löpande kontakt 2014-01-27 – 2014-06-02.

Westergren, Bo. Utredare på Stockholm Vatten, telefonsamtal 2014-04-23.

## Bilaga 1 – Kommunvis sammanställning av dricksvattenförsörjningen

Anmärkning: Enbart kommunernas egna reservvattenkällor ingår i sammanställningen. Dessa är generellt mycket små. Sammanställningen baseras på information från Lindström m.fl. (2009).

Kommun	Reguljär vattenförsörjning	Egna reservvattenkällor
Botkyrka	Stockholm Vatten + gr.v.täkt (Tullinge)	Gr.v.täkter
Danderyd	Norrvatten	
Ekerö	Stockholm Vatten	Gr.v.täkt
Haninge	Stockholm Vatten + gr.v.täkt (Pålalm)	Gr.v.täkt (Hanveden)
Huddinge	Stockholm Vatten	
Järfälla	Norrvatten	
Lidingö	Stockholm Vatten	
Nacka	Stockholm Vatten	
Norrtälje	Erken (snart Norrvatten) + gr.v.täkter (bl.a. Hallstavik)	Gr.v.täkter (Västra Syninge , Finsta-Kilen, Bergby)
Nykvarn	Telge Nät	Gr.v.täkt (Dålig kvalitet)
Nynäshamn	Stockholm Vatten + gr.v.täkt (Gorran)	Gr.v.täkt (Inf. från Älviken & Fjättern till Älby-Berga)
Salem	Stockholm Vatten	
Sigtuna	Norrvatten	
Sollentuna	Norrvatten	
Solna	Norrvatten	
Stockholm	Stockholm Vatten	
Sundbyberg	Norrvatten	
Södertälje	Telge Nät	Gr.v.täkter (Ekeby och Vackå)
Tyresö	Stockholm Vatten	
Täby	Norrvatten	
Upplands-Bro	Norrvatten	
Upplands Väsby	Norrvatten	
Vallentuna	Norrvatten	Gr.v.täkt (Västlunda)
Vaxholm	Norrvatten	
Värmdö	Stockholm Vatten + gr.v.täkter (bl.a. Ingarö)	
Österåker	Norrvatten	
Knivsta	Norrvatten	
Strängnäs	Stockholm Vatten	Ja



Stockholms läns kommuner (KSL, 2014).

## Bilaga 2 – Data från VeVa

Materialanvändning och energianvändning vid produktion av komponenter till ett vattenverk för försörjning av 550 000 personer.

Material	Åtgång	Energianvändning, el (MJ)	Energianvändning, fossil (MJ)
Betong	21 320 m <sup>3</sup>	3 762 660	38 778 948
Armeringsjärn	1 950 000 kg	0	41 613 000
PVC	7 700 kg	26 334	450 835
PE	12 800 kg	100 992	997 632
Glasfiber	6 500 kg	20 150	393 250
Gjutjärn	238 000 kg	416 500	4 443 460
Rostfritt stål	43 000 kg	660 480	1 450 390