

Foto Madeleine Forss, Mattias Dellmo

Vätternvatten - Fördjupad förstudie

Integrerad riskanalys avseende leveranssäkerhet i vattenförsörjningen

Slutversion 2015-02-20
Preliminärhandling 2014-01

Vätternvatten - Fördjupad förstudie

Integrerad riskanalys avseende
leveranssäkerhet i vattenförsörjningen

Slutversion 2015-02-20
Preliminärhandling 2014-01

Beställare: Länsstyrelsen i Örebro län
Miljöskyddsenheten
701 86 Örebro, som samordnare för kommunerna
Askersund, Hallsberg, Kumla, Laxå, Lekeberg,
Lindesberg, Nora och Örebro

Beställarens representant: Peder Eriksson

Konsult: Norconsult AB
Box 8774
402 76 Göteborg

Uppdragsledare: Bertil Israelsson
Handläggare: Madeleine Forss

Uppdragsnr: 102 13 64

Filnamn och sökväg: n:\102\13\1021364\0-mapp\beskrivningar utredningar
pm\integrerad
riskanalys\fta\rapport\levererat\slutleverans 2015-02-
20\word-format\integrerad riskanalys 2015-02-20.docx

Kvalitetsgranskad av: Thomas Pettersson

Tryck: Norconsult AB

Innehållsförteckning

1	Introduktion	5
2	Metod	7
3	Systembeskrivning	11
3.1	Örebros befintliga vattenförsörjning.....	11
3.2	Vattenförsörjning från Vättern med reservvattenförsörjning..	14
3.3	Vattenförsörjning från Mogetorp.....	16
4	Modelluppbyggnad	21
4.1	Örebros befintliga vattenförsörjning.....	23
4.1.1	<i>Råvattenfel</i>	23
4.1.2	<i>Beredningsfel</i>	24
4.1.3	<i>Distributionsfel</i>	26
4.2	Vattenförsörjning från Vättern med reservvattenförsörjning..	27
4.2.1	<i>Råvattenfel</i>	27
4.2.2	<i>Beredningsfel</i>	29
4.2.3	<i>Distributionsfel</i>	30
4.2.4	<i>Reservvattenförsörjningen</i>	31
4.3	Vattenförsörjning från Mogetorp.....	31
4.3.1	<i>Råvattenfel</i>	33
4.3.2	<i>Beredningsfel</i>	34
4.3.3	<i>Distributionsfel</i>	36
5	Resultat	37
5.1	Resultat för vattenförsörjning från Örebros befintliga system	39
5.2	Resultat för vattenförsörjning från Vättern	41
5.3	Resultat för vattenförsörjning från Mogetorp	43
5.4	Känslighetsanalys	45
5.4.1	<i>Känslighetsanalys för resultatet med Örebros befintliga vattenförsörjning</i>	45
5.4.2	<i>Känslighetsanalysen för resultatet med vattenförsörjning från Vättern</i>	48
5.4.3	<i>Känslighetsanalys för resultatet med vattenförsörjning från Mogetorp</i>	51
6	Diskussion	55
7	Slutsatser	57
8	Referenser	58

Bilagor

- Bilaga 1: Vattentäkter Örebro kommun
- Bilaga 1a-c: Översiktsplaner över influensområden
- Bilaga 2: Karlslundsåsens sträckning genom Örebro län
- Bilaga 3: Felträdsstruktur
- Bilaga 4a-c: Identifierade felhändelser
- Bilaga 5: Risk för kontaminering av Vätterns vatten vid radiologisk/nukleär olycka

\\segofts1\102\$\13\102\1364\0-mapp\beskrivningar utredningar
pm\integrerad riskanalys\lfa\rapport\levererat\slutleverans 2015-02-20\word-
format\integrerad riskanalys 2015-02-20.docx

1 Introduktion

Med riskanalys kan man systematiskt utifrån tillgänglig information beskriva och beräkna risker för olika system. I en riskanalys studeras sannolikheten för olika oönskade händelser och dess konsekvenser. Man kan med hjälp av riskanalysen fatta beslut och vidta åtgärder som reducerar riskerna. Denna riskanalys har utförts på uppdrag av Styrgruppen för regional vattenförsörjning från Vättern och avser analys av leveranssäkerheten vid vattenförsörjning från Vättern enligt det förslag som utarbetats i *Förstudie regional vattenförsörjning från Vättern, steg 2 och 3* (Norconsult, 2011). Riskanalysen har koncentrerats till alternativ 4 i Förstudien, tunnelalternativ med renvatten, vilket för närvarande bedömts som mest aktuellt. Riskanalysen kan ses som en del av det beslutsunderlag som krävs för att ta ställning till att gå vidare med projektet.

Uppdraget har utökats med en riskanalys av leveranssäkerheten för Örebro befintliga vattenförsörjning samt alternativet till vattenförsörjning från Vättern, vattenförsörjning från Mogetorp. Man har därigenom dels fått en genomlysning av riskerna i Örebro befintliga vattenförsörjning som en referens, dels fått en jämförande riskbedömning av leveranssäkerheten mellan Vättern- och Mogetorpsalternativen. Riskanalysen för Örebro befintliga vattenförsörjning har också gett nödvändiga driftdata till Örebro befintliga system som reservvattenförsörjning både för Vätternalternativet och Mogetorpsalternativet. Värdefull historisk drifts-information från Örebro har dessutom kunnat utnyttjas i riskanalyserna för alternativen.

De delar av riskanalysen som avser Örebro befintliga vattenförsörjning och Mogetorpsalternativet har bekostats separat av Örebro kommun, medan övriga delar som avser den gemensamma vattenförsörjningen från Vättern bekostats genom projektets fördjupade förstudie.

Förutom värdering av riskerna i de olika alternativen innebär också riskanalysen att frågor och aspekter, som annars lätt glöms bort, lyfts fram och diskuteras.

Riskanalysen har genomförts som en så kallad integrerad riskanalys som i princip ser på hela vattenförsörjningssystemet från källa till tappkran (Lindhe, 2010). För Vätternalternativet har riskanalysen för distributionen dock begränsats till att omfatta huvudledningssystemet fram till de i Förstudien föreslagna förbindelsepunkterna i respektive kommun. För Örebro befintliga vattenförsörjning och Mogetorpsalternativet omfattar riskanalysen distributionen fram till en förbindelsepunkt strax nedströms Skråmsta vattenverk.

2 Metod

Risicanalys innebär att systematiskt utifrån tillgänglig information beskriva och beräkna risker för ett givet system. I riskanalyser bedöms sannolikheter för olika oönskade händelser och dess konsekvenser. Utifrån resultatet kan olika investeringsalternativ värderas, beslut tas och åtgärder vidtas i syfte att minimera risker. Riskanalys kan göras med hjälp av många olika metoder, som kan vara *kvalitativa*, *semikvantitativa* eller *kvantitativa*. Exempel på en kvalitativ metod som ofta används är så kallad riskranking med riskmatriser. Den metoden är i många sammanhang användbar för att få en övergripande bild av risksituationen, men har också begränsningar, eftersom den inte ger några kvantifierbara riskmått. I ett dricksvattensystem är systemets olika delar kopplade till varandra och konsekvenserna av simultana fel i olika delar av systemet är också svårare att ta hänsyn till med riskranking.

Risicanalysen i föreliggande rapport har genomförts som en integrerad riskanalys, d.v.s. att hela systemet från källa till tappkran inkluderats. En metod baserad på felträdsteknik (Fault Tree Analysis, FTA), har utvecklats för att visa hur integrerade riskanalyser kan genomföras och vilka möjligheter det ger. Felträdsmodellen beskriver hur olika händelser förhåller sig till varandra och vad som måste hända för att problem skall uppstå. Den använda metoden är utvecklad vid Chalmers och finns beskriven i Svenskt Vatten Utvecklings Rapport 2010-08 (Lindhe, 2010).

FTA är en metod som möjliggör att systematiskt beskriva hur felhändelser kan inträffa i ett system, hur de samverkar med varandra och resulterar i ett övergripande fel. En felträdsmodell konstrueras för systemet där man beskriver hur olika felhändelser/riskhändelser förhåller sig till varandra och vad som orsakar de olika felen. Högst upp i felträdet finns det övergripande felet, topphändelsen, som i detta fall motsvarar leveransfel det vill säga att dricksvatten inte levereras tillfredsställande till konsument. Under topphändelsen finns de händelser (mellanhändelser) som kan leda till topphändelsen och längst ner i trädstrukturen finns de grundläggande bashändelser, som kan leda till sammansatta mellanhändelser.

I felträdsmetoden identifieras först de olika felhändelserna som antas kunna uppstå och kan leda till topphändelsen och dessa struktureras sedan in i felträdet. Metoden innefattar två huvudtyper av felhändelser som leder till leveransfel: *Kvantitetsfel* med nedsatt eller avbruten levereras från vattenverket, och *kvalitetsfel*, med vatten som levereras men inte uppfyller kvalitetskraven.

Kvantitetsfel kan t ex bestå i att fysiska komponenter gått sönder (pumphaveri eller rörbrott) eller att oacceptabel kvalitet upptäckts i systemet, som lett till att vattenleveransen stoppats. Kvalitetsfel beror på att otjänligt dricksvatten levereras, men till skillnad från kvantitetsfel kan kvalitetsfelen vara upptäckta eller oupptäckta.

I denna riskanalys har kvantitetsfel och kvalitetsfel definierats enligt följande:

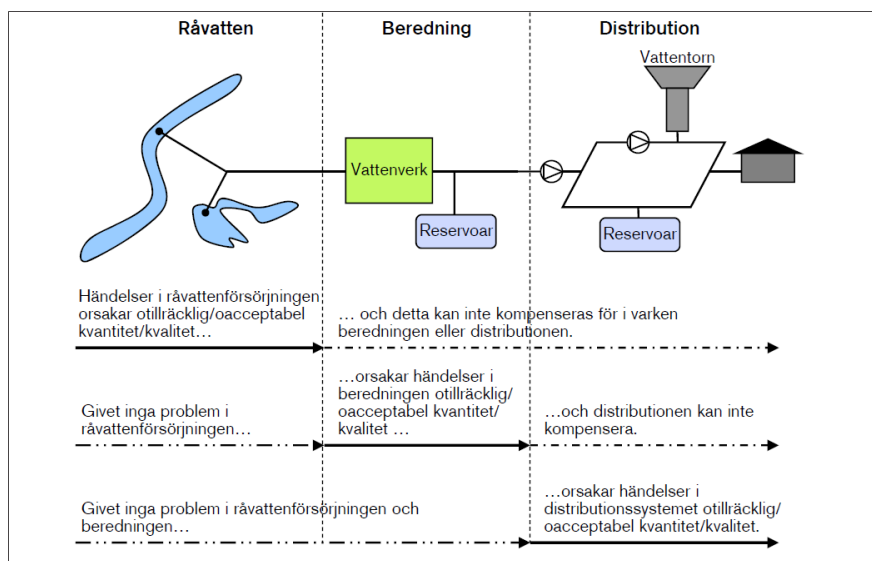
Kvantitetsfel (avbrottsrisk)

Kvantitetsfel är förväntat antal dagar med nedsatt eller avbruten leverans från vattenverket. Nedsatt leverans innebär att leveransen är lägre än leveransbehovet.

Kvalitetsfel

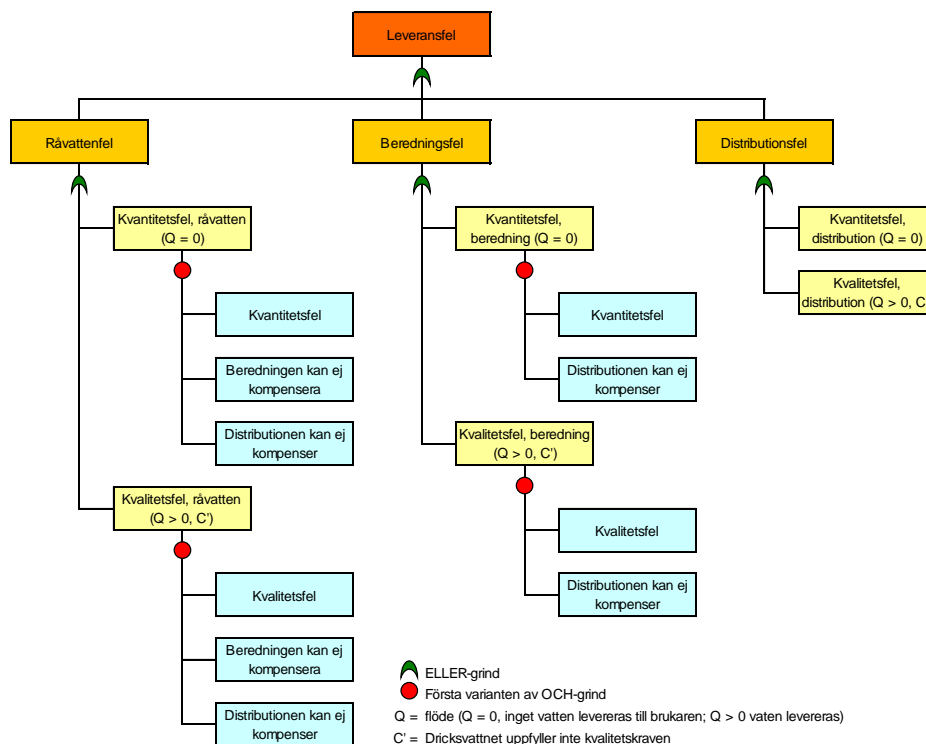
Kvalitetsfel är förväntat antal dagar med avvikelser eller störningar i försörjningen som kan leda till att otjänligt vatten (oacceptabel kvalitet) levereras till konsument.

Felhändelserna identifieras för råvatten, beredning och distribution, se Figur 1. En del felhändelser uppströms i systemet kan senare kompenseras nedströms i försörjningssystemet och därmed förhindra att fel orsakas hos konsument.



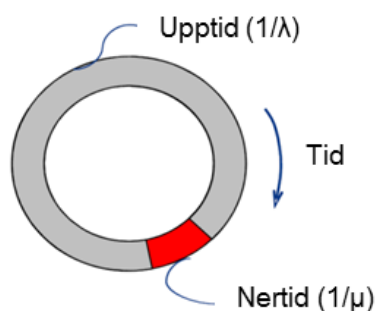
Figur 1. Schematisk beskrivning över hur felhändelser i dricksvattensystemet förhåller sig till varandra (Lindhe et al., 2010).

När felhändelserna har identifierats struktureras dessa in i ett felträd som beskriver hur felhändelserna förhåller sig till varandra, se Figur 2.



Figur 2. Övergripande felträdsstruktur med de felhändelser som föreslås ingå i en integrerad riskanalys med felträdsmetoden (Lindhe et al., 2010).

I denna studie betraktas varje bashändelse som en Markovprocess vilket innebär att istället för att ange en sannolikhet för händelsen beskrivs den med en upptid $1/\lambda$ (λ = felintensitet) och en nertid $1/\mu$ (μ = reparationsintensitet). Upptiden motsvarar tiden till dess att en felhändelse inträffar medan nertiden motsvarar varaktigheten av ett fel, se Figur 3.



Figur 3. Schematisk beskrivning av upptid och nertid.

Baserat på upptiden och nertiden kan sannolikheten för händelsen beräknas enligt ekvation 1.

$$P_F = \frac{\lambda}{(\lambda + \mu)} \quad (1)$$

För att beskriva hur händelserna i felträdet samverkar används logiska grindar. En ELLER-grind används då det räcker att exempelvis mellanhändelse A eller B inträffar för att topphändelsen skall inträffa. En OCH-grind används då både exempelvis mellanhändelse A och B måste inträffa för att topphändelsen skall inträffa.

ELLER-grind:

$$P_F = 1 - \prod(1 - P_i) \quad (2)$$

OCH-grind:

$$P_F = \prod P_i \quad (3)$$

Upptiden och nertiden beskrivs som gammafördelningar då detta är den mest troliga fördelningen.

3 Systembeskrivning

Denna riskanalys omfattar följande alternativa försörjningssystem:

- Örebro befintliga vattenförsörjning (som referens)
- Vattenförsörjning från Vättern, alternativ 4 i Förstudien (Norconsult, 2011), med Örebro befintliga vattenförsörjning som reservvattenförsörjning
- Vattenförsörjning från Mogetorp (50 % försörjning från Mogetorp och 50 % från Örebro befintliga system, med möjlighet att öka till 100 % i respektive system vid behov)

Alternativens systemuppbyggnad beskrivs översiktligt nedan.

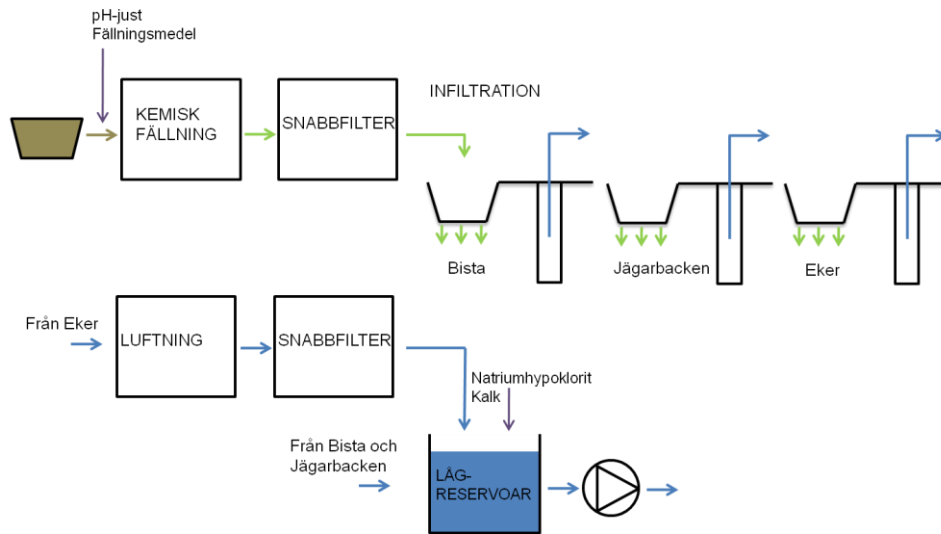
3.1 Örebro befintliga vattenförsörjning

Skråmsta vattenverk försörjer Örebro tätort och ett flertal kransorter med vatten. Ca 115 000 personer är direkt beroende av det vatten som verket producerar. Åspartiet Bista/Jägarbacken vid Skråmsta har sedan år 1906 använts som infiltrationsområde för Örebro stad. Det nuvarande vattenverket och infiltrationsområdet vid Eker togs i drift år 1961. År 1971 kompletterades verket med en anläggning för kemisk fällning, som idag används vid förbehandling av råvattnet före infiltration. Vattentäkternas lägen framgår av översiktskarta *bilaga 1* och översiktsplaner över influensområden *bilaga 1a-c*.

Anläggningar och processer har efter hand justerats genom successiva åtgärder. Sedan år 2000 har renvattenledningarna från infiltrationsområdet vid Eker dubblerats, vilket avsevärt höjt säkerheten i anläggningen. En större ombyggnad i anläggningarna för förbehandling av infiltrationsvattnet färdigställdes år 2009. Stora investeringar har gjorts i vattenverket, som bl a omfattat byggnader, energisystem samt förnyelse och ombyggnad av infiltrationsbäddar.

Ett översiktligt processchema över framställningen av dricksvatten vid Skråmsta vattenverk med tillhörande åsar framgår av figur nedan:

SVARTÅN SKRÅMSTA VATTENVERK



Figur 4. Översiktligt processchema Skråmsta vattenverk.

Det färdiga vattnet från verket utgörs idag av så kallat konstgjort grundvatten från Karlslundsåsen, baserat på råvatten från Svartån. Råvattnet hämtas ur Svartån strax uppströms kraftverksdammen vid Karlslund. Vattnet leds med självfall ner till verket.

Karlslundsåsens utsträckning genom Örebro län framgår av översiktskarta bilaga 2. Den har en dominerande betydelse för Örebroregionens vattenförsörjning, såväl för nuvarande som en framtida utbyggd med alternativ och reserver (SGU 2009). I åsavsnitt 8, se bilaga 2, är Örebro's infiltrationsområden Bista, Jägarbacken och Eker belägna. Här sker ett grundvattenuttag av omkring 450 l/s, som nästan helt är baserat på konstgjord grundvattenbildning av infiltrerat ytvatten från Svartån.

Svartåns tillrinningsområde utgörs i dess övre delar huvudsakligen av tämligen lågexploaterade skogsområden med humuspåverkat ytvatten. Risken för förorening av åvattnet genom olyckor etc., med allvarliga konsekvenser för stadens råvattenförsörjning, är här relativt liten. De omgivande slättmarkerna i vattensystemets nedre del utgörs däremot till stor del av intensivt nyttjad jordbruksmark. Urbana områden med Svartån som recipient förekommer. Åvattnet försämras här påtagligt. Tätorter, genomskärande vägar, flygplats etc. gör att risken för allvarlig förorening genom olycka här är avsevärt högre. Tidsfristen för insatser minskar med avståndet till uttagpunkten samtidigt som fördelarna av naturens reningsprocesser, utspädningseffekter etc. blir mindre betydande.

Infiltrationsområdena är utsatta för risk för förorening från pågående verksamhet. Där är särskilt Bista/Jägarbacken utsatt med genomkorsande vägar, E18/E20 och exploateringsverksamhet, se översiktsplaner över influensområden *bilaga 1a-c*. Skyddsområde med skyddsföreskrifter för de tre infiltrationsområdena har utarbetats och fastställts. Vissa skyddsåtgärder har genomförts i infiltrationsområdena.

Normalt infiltreras sammanlagt 35-40 000 m³ vatten per dygn (13-15 milj. m³/år) i de tre infiltrationsområdena. Totalt återtats motsvarande mängd som konstgjort grundvatten varav 35-40% från Bista och Jägarbacken samt resten från Eker. Alla brunnsfälten är väl utnyttjade. Vid underhållsarbeten på anläggningarna (skumning av infiltrationsbassänger etc.) måste utnyttjandet omfördelas på övriga anläggningar.

Kvaliteten på råvattnet (Svartåvattnet) varierar kraftigt och är ofta dålig. Enligt vägledningen till Livsmedelsverkets föreskrifter (2001:30) erfordras 3 säkerhetsbarriärer mot mikrobiologisk förorening varav en ska vara av avskiljande typ. Efter ombyggnaderna i verket är kvaliteten på utgående vatten till infiltration (infiltrationsvattnet) mycket god.

Från att tidigare haft en liten kapacitetsmässig reserv har verket efter genomförda ombyggnader i dagsläget normalt en god marginal till sitt kapacitetstak. Vattenverket är emellertid helt beroende av vatten från Svartån och de åspartier som används för produktionen. Alternativ och reservvattenförsörjning saknas.

Om Svartåvattnet skulle förorenas eller råvattentillgången falla ifrån av annan orsak, klarar verket att leverera vatten till abonnenterna under ca 2 veckor. Detta möjliggörs genom utnyttjande av det vatten som är magasinerat i åsarna. Störs något åsparti av förorening och måste stängas uppstår däremot snabbt kapacitetsbrist och leveransproblem. Ett temporärt bortfall av endera åspartierna Bista eller Jägarbacken kan klaras, men inte under lång tid. Det bör också noteras att brunnsfälten vid Bista och Jägarbacken ligger i samma grundvattenmagasin. Ett bortfall av Ekerfältet leder till vattenbrist inom ett dygn. Vid längre bortfall klarar systemet för närvarande inte att något av fälten uteblir.

3.2 Vattenförsörjning från Vättern med reservvattenförsörjning

Detta alternativ innebär att mikrosilat råvatten transporteras i en bergtunnel till ett nytt centralt vattenverk som placeras i anslutning till tunnelmynningen söder om Hallsberg. Efter behandling i vattenverket distribueras renvattnet i ledningar.

Intaget föreslås preliminärt placeras vid Hargemarken, där vattendjup om 50-60 m är möjliga att nå. Som redundansåtgärd har två intagspunkter föreslagits som ger möjlighet att under drift skifta intagspunkt såväl i plan som i djupled. Turbiditet och temperatur föreslås kontinuerligt registreras i respektive intagsläge och vattendjup för att göra omkopplingar om så erfordras som skyddsåtgärd och för att nå det för tillfället bästa vattnet ur kvalitetssynpunkt.

Utifrån den kända goda råvattenkvaliteten i Vättern har preliminärt utgått från en huvudprocess vid det föreslagna vattenverket med långsamfiltrering. Erfarenheterna från de befintliga vattenverken i Jönköping med behandling i långsamfilter sedan 50-talet är mycket goda.

Långsamfiltrering är en naturlig biologisk process som bland annat reducerar färgstyrkan och förbättrar lukt och smak. Före långsamfilterna bör vattnet mikrosilas för att avlägsna ev alger, slam, fibrer odyl som kan sätta igen filterna.

För en långsamfilteranläggning i den här storleken (medelflöde 870 l/s) och med filterhastighet på 0,12 m/h krävs en effektiv filteryta av ca 26 000 m². Vid maxflöde (1000 l/s) kan filterhastigheten på 0,15 m/h tillåtas, detta ger en effektiv filteryta av ca 24 000 m². Ytterligare ca 4 000 m² filteryta behövs som utnyttjas då något/några filter är avstängda i samband med ex rengöring. Totalt innebär detta en erforderlig filteryta på ca 30 000 m². Om varje filter har en yta av ca 2000 m² (ca 30 m x 65 m) krävs totalt ca 15 filter.

Skulle det visa sig, vid närmare kontinuerliga mätningar vid intagspunkten, att kortvariga turbiditetshöjningar eller problem med bakterier eller andra partiklar skulle förekomma anser vi att man bör lägga till ett ytterligare reningssteg före långsamfilterna. Detta kan utgöras av ett snabbfilter med möjlighet att kemfälla i eller kontaktfiltrering.

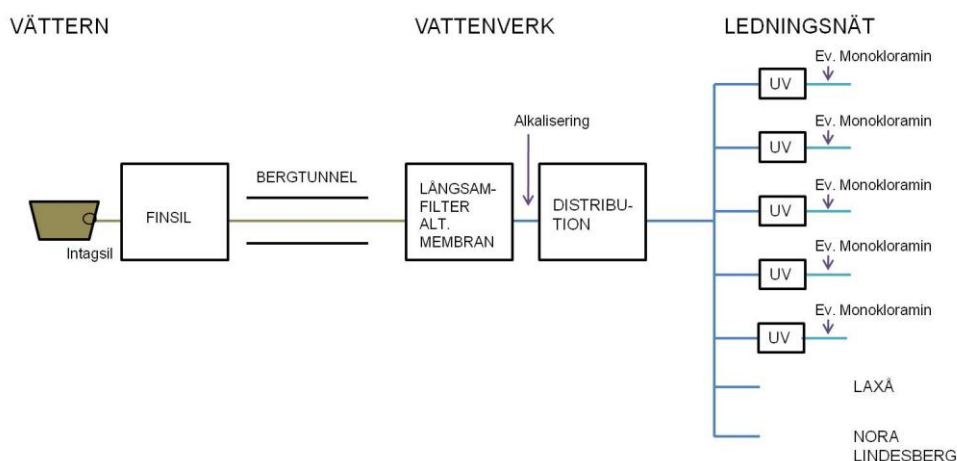
Som alternativ till en process med långsamfilter har även diskuterats en membranfilteranläggning. Membranteknik är en vattenreningsmetod som kommer mer och mer i Sverige.

Till exempel har Göteborg Vatten installerat ultrafilter för en delström vid Lackarebäckens vattenverk. Membrananläggningar ger en mer kompakt anläggning än en långsamfilteranläggning.

Efter långsamfiltreringen, innan distribution, bör vattnet alkaliseras. Alkaliseringen görs så att den kemiska sammansättningen, med avseende på kalcium, magnesium, alkalinitet och pH, följer riktvärdena angivna i vägledningen till livsmedelverkets föreskrifter om dricksvatten. Höjning av alkalinitet kan göras med dosering av kolsyra + alkali (krita, kalk, lut).

Vattenverket kommer att byggas med minst två säkerhetsbarriärer mot mikrobiologisk förorening enligt Livsmedelsverkets föreskrifter. I renvattenalternativen kommer en slutlig säkring mot mikrobiologisk förorening att ske med UV-behandling och eventuell kloraminisering vid respektive kommuns anslutningspunkt, se Figur 5.

Vattenverket förslås preliminärt utformas som två separata delar vardera dimensionerade för medelvattenförbrukning och oberoende av varandra. Verket förses med alternativ oberoende kraftmatningsväg och eget fast reservkraftverk för full produktion. En lågreservoar för 4 timmars konsumtion förläggs till vattenverket.

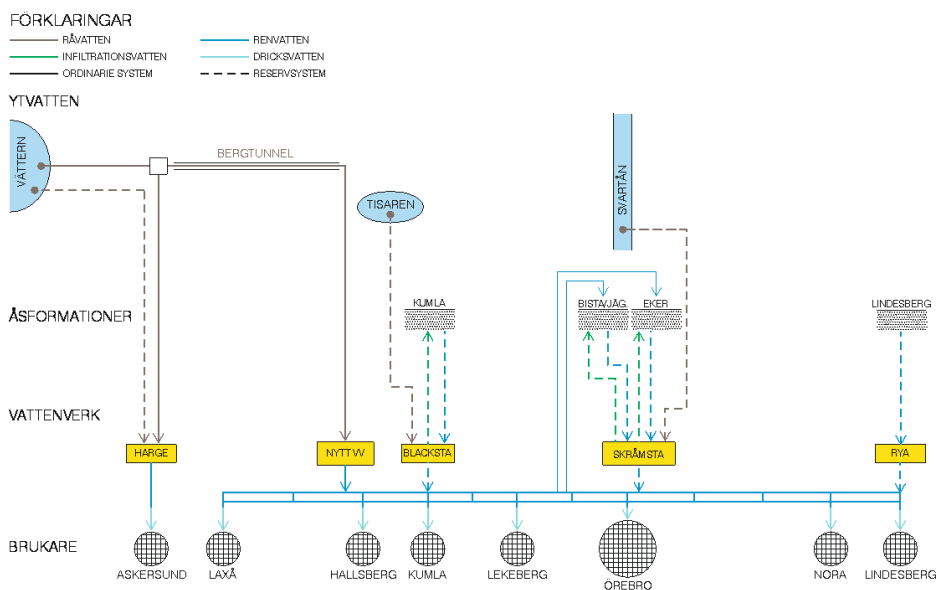


Figur 5. Blockschema: Alternativ 4

Reservvattenförsörjningen kommer utgöras av respektive kommuns befintliga vattenförsörjning. I denna riskanalys ingår endast reservvattenförsörjningen för Örebro, vilket antas representera riskerna för samtliga kommuner.

Kortvariga avbrott i vattenförsörjningen från Vättern kommer avhjälpas med uttag från åspartierna i Örebro kommun. Detta är möjligt eftersom att dessa kontinuerligt kommer underhållas genom pålägg av Vätternvatten för att med några timmars varsel kunna startas upp för uttag, se Figur 6.

Vid långvariga avbrott som varar längre än 2 veckor (ungefärlig tid som åspartierna kan avhjälpas avbrott) driftsätts Örebros befintliga vattenförsörjning (liksom respektive kommuns system). Exempelvis Skråmsta vattenverk i Örebro kommer stå torrlagt i beredskapsläge för att kunna driftsättas inom 2 veckor.



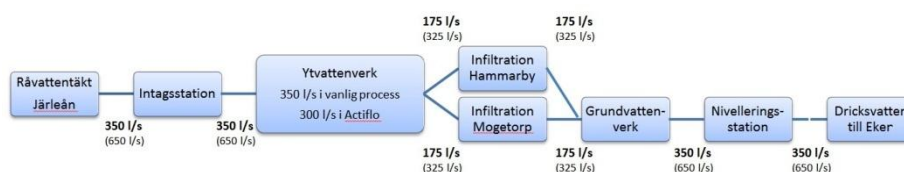
Figur 6. Systemplan för vattenförsörjning från Vättern, alternativ 4 i Förstudien (Norconsult, 2011).

3.3 Vattenförsörjning från Mogetorp

I detta alternativ, aktuellt endast för Örebro kommun, kommer den befintliga vattenförsörjningen i Örebro kommun nyttjas gemensamt med vattenförsörjning från ett nytt system i Mogetorp. I normalfallet kommer 50% av försörjningen komma från Örebros befintliga system och 50% från Mogetorp medan det finns möjlighet att öka till 100% försörjning i respektive system vid behov.

Med vattenförsörjning från Mogetorp kommer råvatten tas från Järleån. I tillrinningsområdet finns bland annat skog, jordbruk, enskilda avlopp och avloppsreningsverk. Vid jämförelse har Järleån bedömts ha ungefär motsvarande vattenkvalitet som Svartån. Svartån påverkas i högre grad av jordbruk i jämförelse med Järleån medan Järleån påverkas i högre grad av skogsmark.

För Mogetorpsystemet förbehandlas råvattnet i ytvattenverk, vartefter det infiltreras i infiltrationsområden med konstgjord infiltration och sedan efterbehandlas på grundvattenverk, se Figur 7.



Figur 7. Princip för föreslagen dricksvattenbehandling

Vattenverket dimensioneras för en maxdygnsproduktion av 350 l/s, vilket motsvarar ungefär 50% av maxdygnsproduktion i Örebro kommun. För att kunna klara längre perioder av stillestånd vid Örebros vattenverk, byggs pumpstationer, ledningar och grundvattenverket för 650 l/s. Huvudprocessen i ytvattenverket dimensioneras för 350 l/s och kompletteras med en Actiflo-anläggning för ytterligare 300 l/s.

Efter att råvattnet passerat grovsilrar i råvattenintaget pumpas råvattnet in i ytvattenverket med en intagspumpstation.

Flöden upp till 350 l/s pumpas från intagsstationen till en mikrosil med en maskstorlek på ca 60 µm. Större flöden leds till Actiflo-anläggningen.

Efter mikrosilen doseras kolsyra och krita eller kalk för att höja vattnets hårdhet och alkalinitet samt dricksvattnets buffrande förmåga. Fällningskemikalier tillsätts vid inloppet till de kontinuerliga kontaktfiltren. För att erhålla optimal fällning, är det ibland nödvändigt att justera pH.

Flockarna från den kemiska fällningen avskiljs i kontaktfiltren med kontinuerlig rengöring av typen DynaSand eller likvärdigt. Vattnet leds in i botten av filtret och passerar nerifrån och upp genom filterbädden, s.k. uppströmsfiltrering.

För att reducera lukt och smak samt eventuella bekämpningsmedel, leds vattnet från de kontinuerliga kontaktfiltren vidare till snabbfilter med en bädd av aktiverat kol. Från kolfiltren rinner vattnet med självfall till en råvattenreservoar innan det pumpas till infiltrationsbassängerna.

Tvättvatten från de kontinuerliga kontaktfiltren föreslås bli renat tillsammans med spolvattnet från mikrosil, kol- och sandfilter i en lamelledimentation. Det renade vattnet leds till inloppet i ytvattenverket, medan avskilda partiklar går till fortsatt behandling i form av vidare förtjockning.

För att kunna producera tillräckligt med dricksvatten, även om det befintliga vattenverket i Örebro får ett långvarigt stopp, kompletteras ytvattenverket med en Actiflo-anläggning, som normalt sett står i stand-by läge. Tanken är att denna skall träda i funktion då vattenbehovet överskrider 350 l/s.

Actiflo-anläggningen dimensioneras för 300 l/s. Processen bygger på en effektiviserad fällning med hjälp av fällningskemikalier, polymer och sand i ett lamelledimenteringssystem. Största skillnaden mot konventionell fällning är att mikrosand tillsätts för att tynga flockarna och snabba på sedimentationen. Huvuddelen av den tillsatta mikrosanden kan avskiljas och återanvändas.

Vattnet infiltreras i två grundvattenmagasin, Hammarby- och Mogetorpsmagasinet via infiltrationsdammar. Förbehandlingen av vattnet, ökar infiltrationskapaciteten. Vid jämförelse föreligger lägre risk för trafikolyckor som kan förorena Mogetorp- och Hammarby infiltrationsområden än Jägarbacken- och Bista infiltrationsområden i Örebro kommun. Detta på grund av att det är större vägar i Jägarbacken- och Bista infiltrationsområde.

Grundvattnet från brunnarna pumpas till oxidationsbassänger där luft tillsätts. Den första oxidationstanken fungerar även som blandningstank och jämnar ut kvalitén för vattnet från de olika brunnarna. Efter oxidationen rinner vattnet med självfall till konventionella sandfilter.

Från filtren leds vattnet till ett antal UV-aggregat för desinfektion och därefter slutjusteras vattnets pH med lut eller soda. Det skall också finnas utrustning för klorering av det färdiga dricksvattnet. Desinficering har föreslagits bli utförd med natriumhypoklorit på utgående vatten vid behov.

Det färdigbehandlade vattnet leds till en lågreservoar som även fungerar som spolvattenvolym. I kostnadsberäkningen antas en lågreservoarvolym om ca 5000 m³. I anslutning till lågreservoaren placeras en anläggning som möjliggör tryckstegring om det skulle behövas större kapacitet mot Eker än vad ledningarna dimensionerats för.

Vattenverket förses med reservkraftanläggning, som även kan serva intagspumpstation och andra pumpstationer.

4 Modelluppbyggnad

I detta kapitel presenteras hur felträdsmodellerna för de olika vattenförsörjningssystemen har byggts upp samt vilka antaganden som gjorts för systemen.

Felträdsanalysen omfattar de olika alternativens system uppdelat i råvatten, beredning och distribution. För vattenförsörjning från Vättern har riskanalysen för distributionen begränsats till att omfatta huvudledningssystemet fram till de i Förstudien föreslagna förbindelsepunkterna för respektive kommun. För Örebro befintliga vattenförsörjning och vattenförsörjning från Mogetorp omfattar riskanalysen distributionen fram till en punkt strax utanför Skråmsta vattenverk.

Felträden konstruerades genom att felhändelser som kan leda till kvantitets- eller kvalitetsfel hos konsument identifierades för de olika delarna av försörjningssystemet. Därefter strukturerades felhändelserna in i ett felträd som beskriver hur händelserna förhåller sig till varandra (felhändelserna binds samman med logiska grindar, se kapitel 2). För varje felhändelse uppskattades återkomsttid och varaktighet. För att ta hänsyn till osäkerheter uppskattades ett spann för återkomsttid och varaktighet (ex. 1 gång/10 år – 1 gång/30 år) som antogs motsvara 5- och 95-percentilerna i en sannolikhetsfördelning. Det verkliga värdet antogs alltså med 90% sannolikhet ligga inom det angivna spannet.

Förutsättningar/antaganden för samtliga system:

- Underhåll betraktas inte som någon felhändelse, dvs. underhåll antas inte leda till avbrott eller kvalitetsproblem i dricksvattenförsörjningen. Detta antagande gjordes för att underhåll ofta är planerat och i de flesta fall utförs utan några avbrott eller kvalitetsproblem.
- För kvantitetsfel antas att felhändelserna inträffar vid normal förbrukning (medeldygn), alltså vid normala produktionsflöden (för Skråmsta vattenverk ca 500 l/s), och inte vid maximal förbrukning (maxdygn). Det kan nämligen bli andra komplikationer vid maximal förbrukning. Exempel: vid normal förbrukning är det tillräckligt med Eker infiltrationsområde och Jägarbacken infiltrationsområde (alternativt Eker och Bista infiltrationsområde) men vid maximal förbrukning behövs alla tre infiltrationsområden.
- Kvalitetsfel som inträffar under en längre tidsperiod, betraktas som kvantitetsfel i de fall då vattnet levereras till konsument trots kvalitetsfelet för att undvika trycklöst distributionssystem. Ett exempel är en tankbilsolycka som förorenar ett infiltrationsområde med utsläpp av diesel som leder till att infiltrationsområdet blir obrukbart under längre tid

(läckaget går ej att sanera). En sådan händelse kommer, enligt kommunen, mest troligt hanteras genom att vattnet trots kvalitetsförändringen pumpas ut på distributionsnätet (för att undvika trycklöst system) och konsumenterna kommer då givetvis informeras om att vattnet inte är drickbart.

- Det kan inträffa extrema olyckor som exempelvis en radiologisk/nukleär olycka som påverkar dricksvattnet. Risken för att en sådan olycka i Sverige eller utomlands skulle leda till att Vätterns vatten blir signifikant kontaminerat och att dricksvattenkvaliteten påverkas har bedömts av avdelningen för medicinsk radiofysik, IMH Linköpings universitet, se bilaga 5. Risken har där bedömts som försumbar. I och med denna slutsats har denna risk inte tagits med i felträdsanalysen. Bedömningen gjordes för vattenförsörjning från Vättern. Örebros befintliga vattenförsörjning och vattenförsörjning från Mogetorp har inte varit föremål för en riskbedömning ur radiologisk/nukleär synpunkt, men denna risk har ändå även för dessa alternativ i riskanalysen antagits som försumbar.
- I en del fall kan beredningen reducera eller eliminera kvalitetsproblem som orsakas av felhändelser i råvattnet, exempelvis ökad virushalt i råvattnet pga. bräddning, kan eventuellt reduceras i beredningsstegen. Detta beaktades dock inte i riskanalysen för att inte underskatta riskerna. En MRA-analys som gjordes vid Örebros befintliga vattenverk (Norconsult, 2013), där risken för infektion beräknades för olika scenarier, visade däremot att vattenverket klarar att eliminera olika kvalitetsproblem i råvattnet. Ett av scenarierna var bräddning i 5 dagar på ett år från en närliggande pumpstation (vilket skulle innebära förhöjda halter patogener vid råvattenintaget) och resultatet visade att vattenverket klarar detta utan att den årliga risken för infektion överstiger gränsvärdet enligt Amerikanska naturvårdsverket (USEPA). Vattenverket klarar en patogenhalt på ca 10^{10} bakterier/liter, ca 10^5 virusorganismer/liter och ca 100 oocystor Cryptosporidium/liter med normal fungerande beredningsprocesser.
- För trafikolyckor har dieselläckage beaktats då det bedöms kunna ge de mest betydande och långvariga skadorna samt att transporter med diesel är relativt vanligt förekommande i området kring Örebros befintliga vattenförsörjning. Transport av farligt gods i annan form har däremot inte beaktats för att de transporter av farligt gods som förekommer mer frekvent i området, syra och lut, bedöms endast kunna ge kortvarig påverkan på vattenkvaliteten och påverkan kan åtgärdas genom neutralisering.

4.1 Örebro befintliga vattenförsörjning

Felträdet för Örebro befintliga vattenförsörjning konstruerades utifrån vilka felhändelser som har inträffat och tros kunna inträffa i systemets olika delar råvatten, beredning och distribution. Identifiering av felhändelser, konstruktion av felträd samt uppskattning av återkomsttid och varaktighet för felhändelserna genomfördes i samarbete med Fredrik Kilstam (driftchef vid Skråmsta vattenverk), Anders Tell (servicechef vid Skråmsta vattenverk) och Lars Ferbe (chef vid Skråmsta vattenverk) på Örebro kommun.

Felträdsstrukturen av felträd finns i bilaga 3. Identifierade felhändelser, samt antagna värden för återkomsttid och varaktighet, för *Örebro befintliga vattenförsörjning* finns i bilaga 4a.

4.1.1 Råvattenfel

I detta avsnitt redogörs hur felträdsmodellen för råvattenfel i Örebro befintliga vattenförsörjning har byggts upp.

4.1.1.1 Kvantitetsfel

Kvantitetsfel i råvattnet kan i Örebro befintliga system orsakas av:

- Haveri i råvattenintag pga. igensättning av grovgaller eller kassun- och/eller ledningshaveri
- Regleringsfel i Svartån samtidigt som nödvattenpumpen (som kan pumpa från intaget till vattenverket) havererar
- Ledningshaveri på självfallsledning (mellan intaget och vattenverket)
- Stängning av intag pga. försämring av råvattenkvalitet pga. variationer i råvattnet (inträffar relativt ofta men inte långvarigt)
- Stängning av intag vid kännedom om felincidenter/kvalitetsfel (exempelvis utsläpp av bekämpningsmedel).
- Trafikolycka med dieselläckage från drivmedelstank (drivmedelstank på lastbilar har beaktats) eller tankbil där Svartån och infiltrationsområdet förorenas (sällsynt händelse).

Kvantitetsfel i råvattnet (förutom trafikolyckor som förorenar Svartån och infiltrationsområdet) kan kompenseras med fördröjningen i infiltrationen som kan variera mellan 1 – 3 veckor. Här användes första varianten av OCH-grind för att ta hänsyn till detta. Det togs i beaktande att kompensationsmöjligheten inte är möjlig

när infiltrationsområdena har blivit obrukbara pga. exempelvis att ett infiltrationsområde blivit förorenat.

4.1.1.2 Kvalitetsfel

Kvalitetsfel i råvattnet kan i Örebros befintliga system orsakas av:

- Trafikolycka med dieselläckage till Svartån från drivmedelstank eller tankbil.
- Utsläpp av bekämpningsmedel i Svartån
- Mikrobiell påverkan av Svartån vid förorening från bräddning (avloppsreningsverk/pumpstation), fekalier från strandnära betande ungnöt (det är ungnöt som utsöndrar den typ av *Cryptosporidium* som kan infektera människor) eller avlopp från enskilda avlopp. Återkomsttid för bräddning från avloppsreningsverk/pumpstation har uppskattats med hjälp av information från kommunen om inträffade bräddningar de senaste åren från en pumpstation i tillrinningsområdet uppströms råvattenintaget. För förorening från strandnära betande ungnöt och enskilda avlopp har dessa betraktats som kontinuerliga föroreningskällor. Det är därför komplext att begränsa de till en felhändelse. Dessa händelser har därför inte tagits med i riskanalysen.
- Försämring av råvattenkvalitet pga. variationer i råvattnet (inträffar relativt ofta men inte långvarigt)
- Extrem olycka som förorenar Svartån (exempelvis flygkrasch vid inflygning mot Örebros flygplats)
- Radiologisk/nukleär olycka som förorenar råvattnet. Risken för detta har inte tagits med i modellberäkningarna då den bedömts försumbar.
- Långsiktigt försämrad råvattenkvalitet med en försämring som är så pass allvarlig att råvattnet inte kan beredas på samma sätt som i nuläget, exempel: kraftig försurning. Sannolikheten för denna händelse ansågs försumbar och händelsen togs inte med i modellberäkningarna.

4.1.2 Beredningsfel

I detta avsnitt redogörs hur felträdsmodellen för beredningsfel i Örebros befintliga vattenförsörjning har byggts upp.

4.1.2.1 Kvantitetsfel

Kvantitetsfel i råvattnet kan i Örebros befintliga system orsakas av:

- Kvantitetsfel i kemisk fällning (*kan kompenseras med fördröjningen i infiltrationen*).
 - 2 av 4 sedimenteringslinjer havererar

- Underspolspump havererar innan eller efter infiltrationen
- Förorening av Eker eller Jägarbacken/Bista infiltrationsområde
 - Trafikolycka med dieselläckage i infiltrationsområde från drivmedelstank (drivmedelstank på lastbilar har beaktats).
 - Trafikolycka med dieseltankbil där tanken brister och läckage förorenar infiltrationsområde.
 - Utsläpp av bekämpningsmedel som förorenar infiltrationsområde, exempelvis olycka där tank med bekämpningsmedel brister
- Utebliven leverans av vatten från vattenverk till Eker eller Jägarbacken/Bista infiltrationsområde, som kan orsakas av ledningshaveri eller ställverksbrand (*kan kompenseras med fördröjningen i infiltrationen*).
- Utebliven leverans av vatten från Eker eller Jägarbacken/Bista infiltrationsområde till vattenverk, som kan orsakas av ledningshaveri eller ställverksbrand.
- Elavbrott samtidigt som 2 av 3 reservelsaggregat ej fungerar.
- Brand i vattenverk eller i ställverk.
- Kommunikationsfel då mobiltelefoni ej fungerar samtidigt som LAC (larmcentralen SOS-alarm) ej fungerar. Alternativt fel i styr-system/övervakning och samtidigt ej fungerande LAC.

En del av kvantitetsfelen kan kompenseras med fördröjningen i infiltrationen som kan variera mellan 1 – 3 veckor. Här användes första varianten av OCH-grind för att ta hänsyn till detta. Det togs i beaktande att kompensationsmöjligheten inte är möjlig när infiltrationsområdena har blivit obrukbara pga. exempelvis att ett infiltrationsområde blivit förorenat.

Samtliga kvantitetsfel kan kompenseras med låg- och högreservoarer i uppskattningsvis 2 – 4 timmar, beroende på hur mycket reservoarerna är uppfyllda. Här användes första varianten av OCH-grind för att ta hänsyn till detta. Det togs i beaktande att kompensationsmöjligheten inte är möjlig när reservoarerna underhålls, vilket inträffar ungefär 2 – 3 timmar under 2 år.

4.1.2.2 Kvalitetsfel

Kvalitetsfel i råvattnet kan i Örebros befintliga system orsakas av:

- Felincident i kemisk fällning och snabbfilter
 - Fel vid polymerdosering, ex. ledningshaveri, haveri på flödesmätare osv.
 - Fel vid dosering av fällningskemikalie, ex. doseringspump havererar, fel doseringsmängd osv.
 - Fel vid sedimentering med haveri på i självfallsledning eller omrörare.
 - Filterbottenhaveri i snabbfilter (förbehandling)

- Filterbottenhaveri i snabbfilter (efter förbehandling)
- Felhändelse vid tillsättning av klor, ex. membranpumpar havererar, feldosering osv.
- Felhändelse vid kalkdosering, ex. doseringsskruv havererar, doseringsledning sätter igen osv.
- Brand i vattenverk eller i ställverk.
- Kommunikationsfel då mobiltelefoni ej fungerar samtidigt som LAC (larmcentralen SOS-alarm) ej fungerar. Alternativt fel i styrsystem/övervakning och samtidigt ej fungerande LAC.

4.1.3 Distributionsfel

I detta avsnitt redogörs hur felträdsmodellen för distributionsfel i Örebro's befintliga vattenförsörjning har byggts upp.

4.1.3.1 Kvantitetsfel

Kvantitetsfel i distributionen kan i Örebro's befintliga system orsakas av:

- Pumpar (innan lågreservoar) havererar, vilket kan bero på mekaniskt haveri eller ställverksbrand/brand i kabelstege. Det blir endast fel ifall detta inträffar samtidigt som nödpumpar (3 st pumpar i en ventilstation som pumpar från Eker och Jägarbacken infiltrationsområden till distributionssystemet) havererar och det samtidigt inte går att ta vatten direkt från mellanreservoaren till sugsidan på distributionspumpstationen.
- Distributionspumpar havererar, vilket kan bero på mekaniskt haveri eller ställverksbrand/brand i kabelstege. Det blir endast fel ifall detta inträffar samtidigt som nödpumpar (3 st pumpar i en ventilstation som pumpar från Eker och Jägarbacken infiltrationsområden till distributionssystemet) havererar.
- Pumpstopp vid elavbrott samtidigt som 2 av 3 reservelsaggregat ej fungerar.
- Sugledning (mellan lågreservoar och distributionspumpstation) havererar samtidigt som nödpumpar (3 st pumpar i en ventilstation som pumpar från Eker och Jägarbacken infiltrationsområden till distributionssystemet) havererar.

Samtliga kvantitetsfel kan kompenseras med låg- och högreservoarer i uppskattningsvis 2 – 4 timmar, beroende på hur mycket reservoarerna är uppfyllda. Här användes första varianten av OCH-grind för att ta hänsyn till detta. Det togs i beaktande att kompensationsmöjligheten inte är möjlig när reservoarerna underhålls, vilket inträffar ungefär 2 – 3 timmar under 2 år.

4.1.3.2 Kvalitetsfel

Det identifierades inga kvalitetsfel för distributionen i Örebros befintliga system. I och med att riskanalysen endast omfattar systemet fram till en punkt strax utanför Skråmsta vattenverk finns inga källor till kvalitetsfel, endast pump- och ledningshaveri är möjligt (dessa betraktas som kvantitetsfel). Ledningssträckan är så pass kort att inläckage som orsakar kvalitetsfel bedömdes försumbar.

4.2 Vattenförsörjning från Vättern med reservvattenförsörjning

Felträdet för vattenförsörjning från Vättern med reservvattenförsörjning konstruerades utifrån den utredning som gjordes i Förstudien (Norconsult, 2011). Redan i Förstudien gjordes en grov störningsanalys av händelser som kan leda till driftstörningar i dricksvattenproduktionen i Vätternalternativet. Analysen har utgjort ett underlag vid identifiering av felhändelser för vattenförsörjning från Vättern och bedömning av återkomsttid och varaktighet av felhändelserna.

I och med att Vätternalternativet ännu inte är ett reellt system användes i vissa fall felträdet för Örebros befintliga vattenförsörjning som en referens vid identifiering av felhändelser, konstruktion av felträd samt uppskattning av återkomsttid och varaktighet för felhändelserna.

Felträdsstruktur för vattenförsörjning från Vättern med reservvattenförsörjning finns i bilaga 3, och identifierade felhändelser samt antagna värden för återkomsttid och varaktighet finns i bilaga 4b.

4.2.1 Råvattenfel

I detta avsnitt redogörs hur felträdsmodellen för råvattenfel i vattenförsörjning från Vättern har byggts upp.

4.2.1.1 Kvantitetsfel

Kvantitetsfel i råvattnet kan för vattenförsörjning från Vättern orsakas av:

- Haveri i båda råvattenintagen. Det finns två råvattenintag (intagsledningarna samt ventiler) med vardera två intagsnivåer. Här användes en OCH-grind eftersom att det endast blir en felincident om båda råvattenintagen havererar samtidigt.

- Felhändelse i bergtunneln som orsakas av ras i bergtunneln med driftstopp eller revision av bergtunneln.
- Stängning av intag pga. kvalitetsfel, ex förhöjd turbiditet. I och med att det finns flera intag och intagsnivåer (i de fall kvalitetsproblemen endast är lokala och inte täcker båda råvattenintagen kan de avhjälpas med skifte av intagspunkt) och att Vättern har en stabil vattenkvalitet angavs en låg sannolikheten för denna felhändelse.

Samtliga kvantitetsfel i råvattnet kan kompenseras med låg- och högreservoarer i uppskattningsvis 2 – 4 timmar, beroende på hur mycket reservoarerna är uppfyllda. Här användes första varianten av OCH-grind för att ta hänsyn till detta. Det togs i beaktande att kompensationsmöjligheten inte är möjlig när reservoarerna underhålls, vilket inträffar 2 – 3 timmar under 2 år.

4.2.1.2 Kvalitetsfel

Kvalitetsfel i råvattnet kan med vattenförsörjning från Vättern orsakas av:

- Trafikolycka med dieselläckage till Vättern från drivmedelstank (drivmedelstank på lastbilar har beaktats) eller tankbil.
- Mikrobiell förorening, exempelvis bräddning från avloppsreningsverk, enskilda avlopp (det finns ett fritidsområde i området) mm.
- Försämrat råvatten pga. lokal naturlig variation. I och med att det finns flera intag och intagsnivåer (i de fall kvalitetsproblemen endast är lokala och inte täcker båda råvattenintagen kan de avhjälpas med skifte av intagspunkt) och att Vättern har en stabil vattenkvalitet angavs en låg sannolikheten för denna felhändelse.
- Extrem olycka som förorenar Harge råvattenintag (exempelvis flygkrasch med läckage av förorening)
- Radiologisk/nukleär olycka som förorenar råvattnet. Risken för detta betraktas som försumbar, se bilaga 5.

- Långsiktigt försämrad råvattenkvalitet med en försämring som innebär att råvattnet inte kan beredas på samma sätt som i nuläget. Exempel: Kraftig försurning av sjön pga. kraftiga utsläpp från industri i en annan del av Sverige. Sannolikheten för denna händelse ansågs oerhört låg och togs därför inte med i beräkningarna.

4.2.2 Beredningsfel

I följande avsnitt redogörs hur felträdsmodellen för beredningsfel i vattenförsörjning från Vättern har byggts upp.

4.2.2.1 Kvantitetsfel

Kvantitetsfel i beredningen kan med vattenförsörjning från Vättern orsakas av:

- Produktionsstopp pga. kvalitetsfel i beredningsstegen, ex. medvetet produktionsavbrott vid filtergenombrott i långsamfilter.
- Utrustning i vattenverk havererar, ex. ventil eller ledning havererar
- Elavbrott samtidigt som 2 av 3 reservsaggregat ej fungerar.
- Brand i vattenverk eller i ställverk.
- Kommunikationsfel då mobiltelefoner ej fungerar samtidigt som LAC (larmcentralen SOS-alarm) ej fungerar. Alternativt fel i styr-system/övervakning och samtidigt ej fungerande LAC.

Samtliga kvantitetsfel i beredningen kan kompenseras med låg- och högreservoarer i uppskattningsvis 2 – 4 timmar, beroende på hur mycket reservoarerna är uppfyllda. Här användes första varianten av OCH-grind för att ta hänsyn till detta. Det togs i beaktande att kompensationsmöjligheten inte är möjlig när reservoarerna underhålls, vilket inträffar 2 – 3 timmar under 2 år.

Det är två separata vattenverk som vardera ska klara maximalt produktionsflöde och i normalfallet kommer båda vara i drift med ungefär halva produktionsflödet i vardera. Detta togs i beaktande genom att en OCH-grind sattes för kvantitetsfel i beredningen så att en felincident måste inträffa i båda delarna för att det ska bli kvantitetsfel hos konsument. Det är även två oberoende elmatningar för de två separata vattenverken. Detta beaktades genom ovan beskrivna OCH-grind vilket innebär att elfel måste inträffa samtidigt som det inträffar ett kvantitetsfel i det andra vattenverket för att leda till fel hos konsument.

4.2.2.2 Kvalitetsfel

Kvalitetsfel i beredningen kan i Vätternalternativet orsakas av:

- Mikrosil havererar

- Störning i långsamfilter pga. filtergenombrott eller mikrobiologiskt genomsläpp efter rensning.
- Störning i UV-behandlingen pga. minskad UV-dos (ex. beläggning på lampor eller förändrad vattenkvalitet i jämförelse med hur den var vid dimensionering av UV-behandlingen) eller haveri av utrustning (ex. lampor eller censor).
- Störning i monokloraminsteget, ex. haveri av doseringspumpar eller ledningshaveri. Det är dubbla doseringslinjer för redundansens skull vilket innebär att det måste bli fel i båda linjerna för att det ska bli en störning i doseringen av monokloramin.
- Brand i vattenverk eller i ställverk.
- Kommunikationsfel då mobiltelefoner ej fungerar samtidigt som LAC (larmcentralen SOS-alarm) ej fungerar. Alternativt fel i styr-system/övervakning och samtidigt ej fungerande LAC.

Det är två separata vattenverk som vardera ska klara fullt produktionsflöde och i normalfallet kommer båda vara i drift med ungefär halva produktionsflödet i vardera. Detta togs i beaktande genom att en ELLER-grind sattes för kvalitetsfel i beredningen vilket innebär att det räcker att en felincident inträffar i det ena vattenverket för att det ska bli ett kvalitetsfel hos konsument.

UV-behandlingen kommer utföras på distributionsnätet, efter förbindelsepunkterna (där begränsning för riskanalysen gjorts) för respektive kommun. I denna riskanalys togs UV-behandlingen ändå med i beredningsdelen eftersom att det är en viktig del av dricksvattnets beredning ur mikrobiologisk synpunkt.

4.2.3 Distributionsfel

I detta avsnitt redogörs hur felträdsmodellen för distributionsfel i vattenförsörjning från Vättern har byggts upp.

4.2.3.1 Kvantitetsfel

Kvantitetsfel i distributionen kan med vattenförsörjning från Vättern orsakas av:

- Pumphaveri, vilket kan bero på mekaniskt haveri, elavbrott (samtidigt som reservellsaggregat ej fungerar) eller ställverksbrand/brand i kabelstege.
- Ledningshaveri på ledning mellan vattenverket och förbindelsepunkt med distributionen i Örebros befintliga system.

Samtliga kvantitetsfel i distributionen kan kompenseras med låg- och hög-reservoarer i uppskattningsvis 2 – 4 timmar, beroende på hur mycket de är upp-

fyllda. Här användes första varianten av OCH-grind för att ta hänsyn till detta. Det togs även med att kompensationsmöjligheten inte är möjlig när reservoarerna underhålls, vilket inträffar 2 – 3 timmar under 2 år.

4.2.3.2 Kvalitetsfel

Kvalitetsfel i distributionen kan med vattenförsörjning från Vättern orsakas av inläckage på överföringsledning, vid brott på ledning. Det finns inget avlopp i närheten av ledningssträckningen och det är en tryckledning så sannolikheten är inte så stor att det blir inläckage. Det kan dock inträffa exempelvis vid reparation av ledningssträcka.

4.2.4 Reservvattenförsörjningen

Reservvattenförsörjningen förutsättes utgöras av Örebro befintliga vattenförsörjning och respektive kommuns befintliga vattenförsörjning. I denna riskanalys ingår endast reservvattenförsörjningen för Örebro, vilket antas representera riskerna för samtliga kommuner.

För att modellera vattenförsörjning från Vättern med reservvattenförsörjningen från Örebro placerades för kvantitetsfel en OCH-grind mellan de två felträden vilket innebär att det måste bli fel i både Vättern- och Örebro systemet för att det ska bli avbrottsfel. För kvalitetsfel användes en ELLER-grind, med betydelsen att det kan bli kvalitetsfel om det antingen blir kvalitetsfel i Vättern systemet eller att det blir kvalitetsfel i Örebro systemet samtidigt som det inträffar kvantitetsfel i Vättern systemet.

När en reservvattenförsörjning används kan felintensiteten eller typen av fel vara annorlunda mot de händelser som inträffar i ett likvärdigt system som används kontinuerligt. Detta beror bland annat på att maskiner och annan utrustning normalt fungerar bättre när de används kontinuerligt. För Örebro befintliga system antogs, i samråd med Örebro kommun, att felintensiteten och typ av fel kommer vara oförändrade när systemet används som reservvattenförsörjning på grund av att försörjningssystemet regelbundet kommer testköras.

4.3 Vattenförsörjning från Mogetorp

Mogetorpsalternativet kommer i normalfallet utgöras av 50% vattenförsörjning från Mogetorp och 50% från Örebro befintliga system medan det kommer finnas möjlighet att öka till 100% försörjning i respektive system vid behov. Felträdet för vattenförsörjning från Mogetorp konstruerades genom en kombination av

respektive felträd för Örebro- och Mogetorpsystemet. För kvantitetsfel placerades en OCH-grind mellan träden vilket innebär att det måste bli fel i både Örebro- och Mogetorpsystemet för att det ska bli avbrottsfel. För kvalitetsfel användes istället en ELLER-grind vilket innebär att det blir kvalitetsfel om det inträffar fel i Örebro- eller Mogetorpsystemet.

I och med att Mogetorpsalternativet ännu inte är ett reellt system (bortsett från den del som utgörs av Örebros befintliga system) användes i vissa fall felträdet för Örebros befintliga vattenförsörjning som en referens vid identifiering av felhändelser, konstruktion av felträd samt uppskattning av återkomsttid och varaktighet för felhändelserna.

För kvantitetsfel krävs, som nämnts ovan, att ett kvantitetsfel inträffar i både Örebro- och Mogetorpsystemet för att det ska bli fel i leveransen. Det är dock vissa händelser som inte får den konsekvensen. Om det inträffar ett kvantitetsfel i Mogetorpsystemet och samtidigt ett kvantitetsfel i Örebrosystemet där varje fel som mest motsvarar 50% av det normala försörjningsbehovet blir detta inte ett kvantitetsfel. Exempelvis om ett kvantitetsfel inträffar i Hammarby infiltrationsområde (Hammarby infiltrationsområde motsvarar 50% av det normala försörjningsbehovet) och om det samtidigt inträffar ett kvantitetsfel i Jägarbacken/Bista infiltrationsområde (Jägarbacken/Bista infiltrationsområde motsvarar 40% av det normala försörjningsbehovet) leder detta inte till ett leveransavbrott. Anledningen är att båda dessa fel totalt inte uppgår till mer än 50% försörjningsbortfall från normalt försörjningsbehov i vardera system och i varje system finns möjlighet att öka till 100% av det normala försörjningsbehovet. Denna problematik har tagits i beaktande i felträdet.

Det uppkommer tillfällen då det är begränsad uttagsmöjlighet i Järleån. Det kan inträffa vid låg vattenföring, exempelvis under augusti, ifall vattenbehovet samtidigt är högt. Enligt uppgifter från kommunen har låg vattenföring inträffat ungefär vid 4 – 6 tillfällen från 1987 till nu och när det inträffar varar det omkring 1 månad. Den begränsade uttagsmöjligheten leder till kvantitetsproblem om det samtidigt inträffar kvantitetsfel i Örebrosystemet, vilket har beskrivits i felträdet.

Felträdsstruktur för vattenförsörjning från Mogetorp finns i bilaga 3, och identifierade felhändelser samt antagna värden för återkomsttid och varaktighet finns i bilaga 4c.

4.3.1 Råvattenfel

De fel som beskrivs nedan gäller för Mogetorpsalternativet utan Örebrossystemet (fel som inträffar i Örebrossystemet finns beskrivna tidigare i avsnitt 4.1). När felträdet för Mogetorpsalternativet konstruerades kombinerades Mogetorp- och Örebrossystemet.

4.3.1.1 Kvantitetsfel

Kvantitetsfel i råvattnet kan i Mogetorpsystemet orsakas av:

- Råvattenintag havererar
- Pumphaveri
Här igår pumphaveri samt ifall det skulle bli regleringsfel samtidigt som det är pumphaveri i pumpstationen.
- Ledningshaveri på ledning från råvattenintag till vattenverk.
- Stängning av intag vid försämring av råvattenkvalitet pga. lokala variationer i råvattnet.
- Stängning av intag vid kännedom om felincidenter/kvalitetsfel (exempelvis bräddning från avloppsreningsverk).
- Trafikolycka med dieselläckage från drivmedelstank (drivmedelstank på lastbilar har beaktats) eller tankbil där Järleån och infiltrationsområdet förorenas (sällsynt händelse).

Kvantitetsfel i råvattnet (förutom trafikolyckor som förorenar Järleån och infiltrationsområdet) kan kompenseras med fördröjningen i infiltrationen som kan variera mellan 1 – 3 veckor. Här användes första varianten av OCH-grind för att ta hänsyn till detta. Det togs även i beaktande att kompensationsmöjligheten inte är möjlig när infiltrationsområdena har blivit obrukbara pga. exempelvis att ett infiltrationsområde blivit förorenat.

4.3.1.2 Kvalitetsfel

Kvalitetsfel i råvattnet kan i Mogetorpsystemet orsakas av:

- Trafikolycka med dieselläckage till Järleån från drivmedelstank (drivmedelstank på lastbilar har beaktats) eller tankbil.
- Utsläpp av bekämpningsmedel som når Järleån, exempelvis olycka där tank med bekämpningsmedel brister. I bedömning av återkomsttid för denna händelse togs i beaktande att Svartån påverkas i högre grad av jordbruk i jämförelse med Järleån.
- Mikrobiell förorening, exempelvis bräddning från avloppsreningsverk/pumpstation, fekalier från nötkreatur, enskilda avlopp.
- Försämring av råvattenkvalitet pga. lokala variationer i råvattnet.

- Extrem olycka som förorenar Järleån (exempelvis flygkrasch)
- Radiologisk/nukleär olycka som förorenar råvattnet. Risken för detta har inte beaktats.
- Långsiktigt försämrad råvattenkvalitet med en försämring som är så pass allvarlig att råvattnet inte kan beredas på samma sätt som i nuläget.
Exempel: Kraftig försurning av sjön pga. utsläpp från industri i en annan del av Sverige. Sannolikheten för denna händelse ansågs obefintlig och händelsen togs därför inte med i beräkningarna.

4.3.2 Beredningsfel

De fel som beskrivs nedan gäller för Mogetorpsalternativet utan Örebro systemet (fel som inträffar i Örebro systemet finns beskrivna tidigare i avsnitt 4.1). När felträdet för Mogetorpsalternativet konstruerades kombinerades Mogetorp- och Örebro systemet.

4.3.2.1 Kvantitetsfel

Kvantitetsfel i beredningen kan i Mogetorpsystemet orsakas av:

- Kvantitetsfel i beredningsstegen, exempelvis underspolspump havererar och det blir stopp i snabbfilter (*kan kompenseras med fördröjningen i infiltrationen*).
- Förorening av ett infiltrationsområde, exempelvis dieselläckage från tankbil vid en trafikolycka.
- Utebliven leverans av vatten från vattenverket till Mogetorp eller Hammarby infiltrationsområden, som kan orsakas av ledningshaveri eller ställverksbrand (*kan kompenseras med fördröjningen i infiltrationen*).
Ledningarna är dubblade i detta alternativ vilket innebär att sannolikheten att ledningshaveri inträffar är lägre för Mogetorpsystemet i jämförelse med Örebro befintliga system, där endast vissa sträckor är dubblade.
- Utebliven leverans av vatten från Mogetorp eller Hammarby infiltrationsområde till vattenverk, som kan orsakas av ledningshaveri eller ställverksbrand. Ledningarna är dubblade i detta alternativ vilket innebär att sannolikheten att ledningshaveri inträffar i Mogetorpsystemet är relativt lik sannolikheten i Örebro befintliga system, där ledningarna också är dubblade.
- Elavbrott samtidigt som 2 av 3 reservsaggregat havererar.
- Brand i vattenverk eller i ställverk.

- Kommunikationsfel då mobiltelefoner ej fungerar samtidigt som LAC (larmcentralen SOS-alarm) ej fungerar. Alternativt fel i styr-system/övervakning och samtidigt ej fungerande LAC.

En del av kvantitetsfelen kan kompenseras med fördröjningen i infiltrationen som antas variera mellan 1 – 3 veckor. Här användes första varianten av OCH-grind för att ta hänsyn till detta. Det togs i beaktande att kompensationsmöjligheten inte är möjlig när infiltrationsområdena har blivit obrukbara pga. exempelvis att ett infiltrationsområde blivit förorenat.

Samtliga kvantitetsfel i beredningen kan kompenseras med låg- och högreservoarer i uppskattningsvis 2 – 4 timmar, beroende på hur mycket reservoarerna är uppfyllda. Här användes första varianten av OCH-grind för att ta hänsyn till detta. Det togs även med att kompensationsmöjligheten inte är möjlig när reservoarerna underhålls, vilket antas inträffa 2 – 3 timmar under 2 år.

4.3.2.2 Kvalitetsfel

Kvalitetsfel i råvattnet kan i Mogetorpsystemet orsakas av:

- Beredning innan infiltration i normalfallet (vid 50% försörjning från Mogetorp):
 - Fel vid dosering av kolsyra (dubbla doseringslinjer), ex. ledningshaveri, haveri på flödesmätare osv.
 - Fel vid dosering av PAC (dubbla doseringslinjer), ex. doseringspump havererar, fel doseringsmängd osv.
 - Fel i DynaSand-filter, ex. uppstoppning i filer (skorpa bildas), mammutpumpar havererar osv.
 - Filterbottenhaveri i snabbfilter efter DynaSand-filter
- Beredning vid 100% försörjning från Mogetorp, med Actiflow, (utöver beredning vid 50% försörjning) när det är kvantitetsfel i Örebrossystemet:
 - Fel vid dosering av PAC (dubbla doseringslinjer), ex. doseringspump havererar, fel doseringsmängd osv.
 - Fel vid dosering av polymer (dubbla doseringslinjer), ex. doseringspump havererar, fel doseringsmängd osv.
 - Fel vid tillsättning av sand (dubbla doseringslinjer), ex. ledning havererar.
 - Fel vid omrörning och lamellseparation: omrörningsfel, komponent havererar eller haveri av skrapa.
- Filterbottenhaveri i snabbfilter (efterbehandling)
- Fel vid pH-justering (dubbla doseringslinjer), ex. ledningshaveri, haveri på flödesmätare osv.

- Störning i UV-behandlingen pga. minskad UV-dos (ex. beläggning på lampor eller förändrad vattenkvalitet jämförelse med hur den var vid dimensionering av UV-behandlingen) eller haveri av utrustning (ex. lampor eller censor).
- Brand i vattenverk eller i ställverk.
- Kommunikationsfel då mobiltelefoner ej fungerar samtidigt som LAC (larmcentralen SOS-alarm) ej fungerar. Alternativt fel i styrsystem/övervakning och samtidigt ej fungerande LAC.
- Kommunikationsfel då mobiltelefoner ej fungerar samtidigt som LAC (larmcentralen SOS-alarm) ej fungerar. Alternativt fel i styrsystem/övervakning och samtidigt ej fungerande LAC.

4.3.3 Distributionsfel

De fel som beskrivs nedan gäller för Mogetorpsalternativet utan Örebrossystemet (fel som inträffar i Örebrossystemet finns beskrivna tidigare i avsnitt 4.1). När felträdet för Mogetorpsalternativet konstruerades kombinerades Mogetorp- och Örebrossystemet.

4.3.3.1 Kvantitetsfel

Kvantitetsfel i distributionen kan i Mogetorpsystemet orsakas av ledningshaveri på överföringsledning mellan utlopp från Mogetorps vattenverk och Skråmsta vattenverk. Ledningen är dubblerad och sektionerad.

Det är ingen distributionspumpning, endast tryckstegring vid behov.

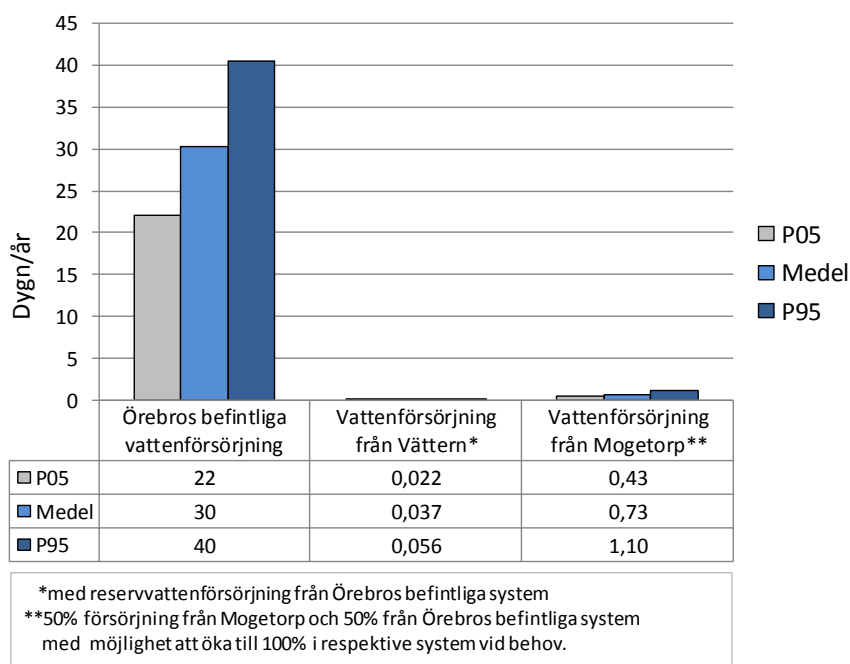
4.3.3.2 Kvalitetsfel

Kvalitetsfel i distributionen kan i Mogetorpsalternativet orsakas av inläckage på överföringsledning mellan utlopp från Mogetorps vattenverk och Skråmsta vattenverk, vid brott på ledning. Ledningen är dubblerad och sektionerad.

5 Resultat

Kvantitetsrisken (avbrottsrisken), som är förväntat antal dagar med nedsatt eller avbruten leverans från vattenverket, för de tre aktuella alternativen visas nedan i Figur 8. För att illustrera osäkerheten i resultaten presenteras 5-percentilen, medelvärdet och 95-percentilen, där exempelvis 5-percentilen motsvarar det värde som är högre än 5% och lägre än 95% av de framsimulerade värdena.

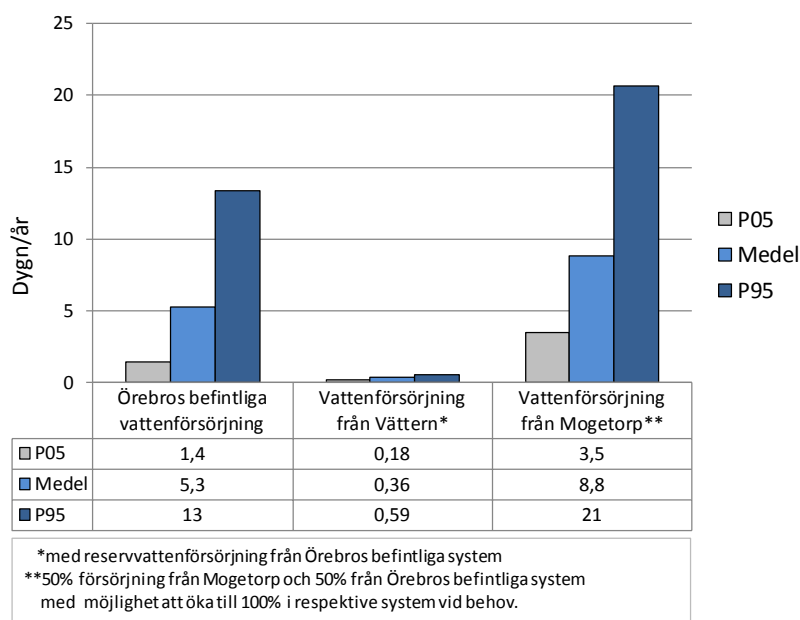
Kvantitetsrisken för Örebro befintliga system är hög, i medeltal 30 dygn per år, i jämförelse med de andra alternativen, speciellt när risken för förorening av ett infiltrationsområde p.g.a. trafikolyckor tas i beaktande. När detta inte tas i beaktande är risken ca 4 dagar per år. Kvantitetsrisken för vattenförsörjning från Vättern respektive från Mogetorp är i medeltal 0,037 dygn/år respektive 0,73 dygn/år.



Figur 8. Avbrottsrisk (kvantitetsrisk) för de tre olika alternativen.

Kvalitetsrisken, som är förväntat antal dagar med avvikelser eller störningar i försörjningen som kan leda till att otjänligt vatten (oacceptabel kvalitet) levereras till konsument, visas nedan i *Figur 9* för de tre alternativen.

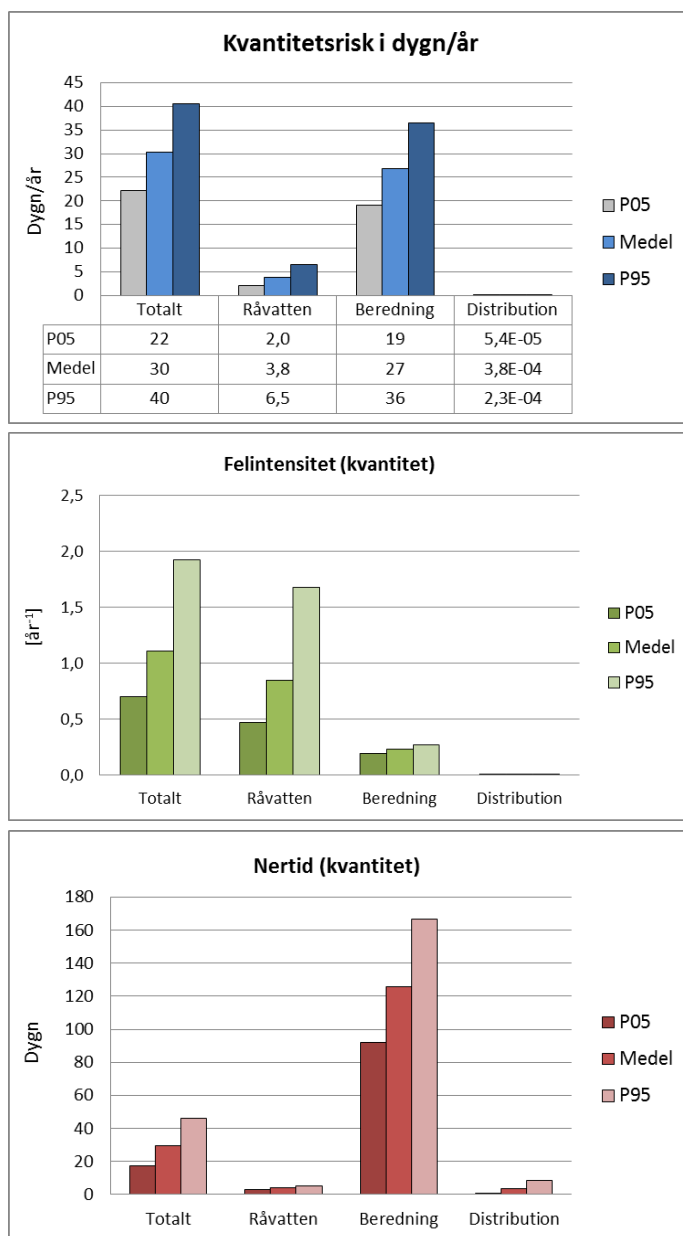
Kvalitetsrisken är lägre för vattenförsörjning från Vättern (i medeltal 0,36 dygn/år) i jämförelse med Örebro befintliga system (i medeltal 5,3 dygn/år) och Mogetorpsalternativet (i medeltal 8,8 dygn/år). Det kan uppfattas märkligt att kvalitetsriskerna för *Mogetorpsalternativet* är något högre än för *Örebro befintliga system*. Detta beror på att *Mogetorpsalternativet* omfattar två försörjningssystem (med Örebro befintliga system som reservvattensystem), vilket innebär att risken ökar något i och med att det finns fler källor till felhändelser gällande kvalitetsproblematik.



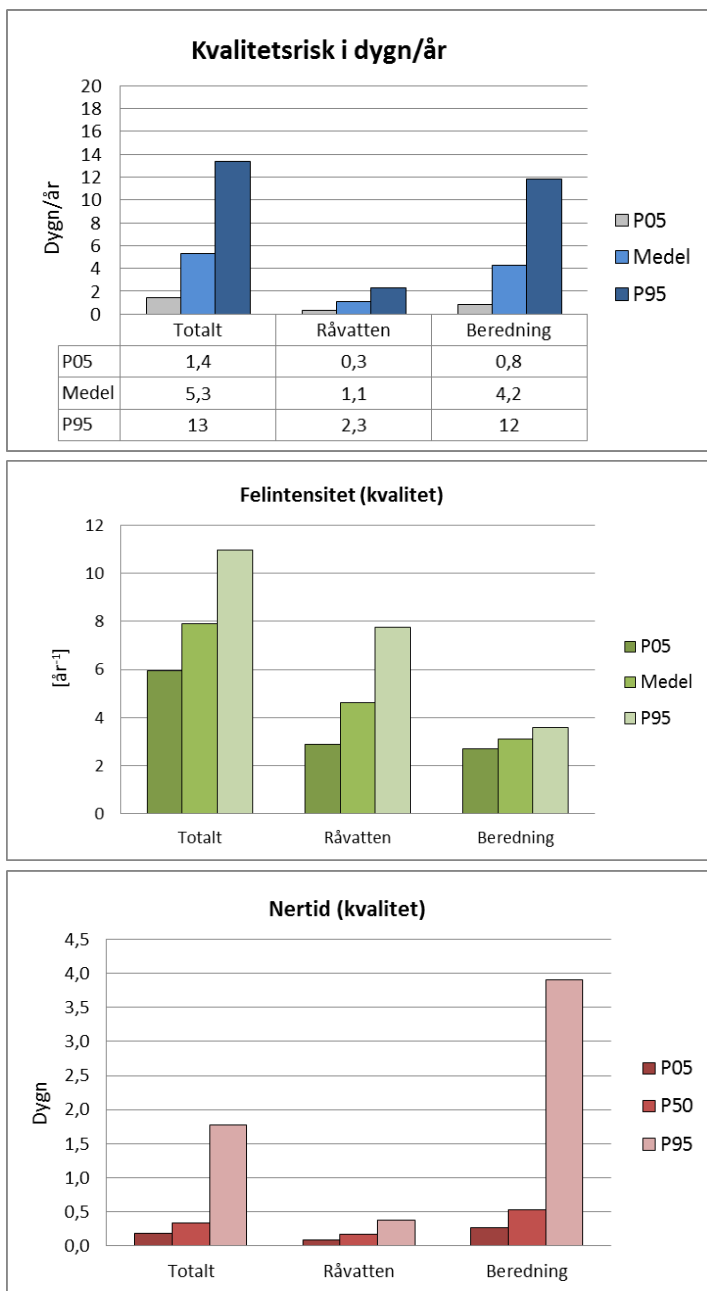
Figur 9. Kvalitetsrisk för de tre olika alternativen.

5.1 Resultat för vattenförsörjning från Örebro befintliga system

Nedan presenteras resultat från riskanalysen med vattenförsörjning från Örebro befintliga system, kvantitetsrisker i Figur 10 och kvalitetsrisker i Figur 11.



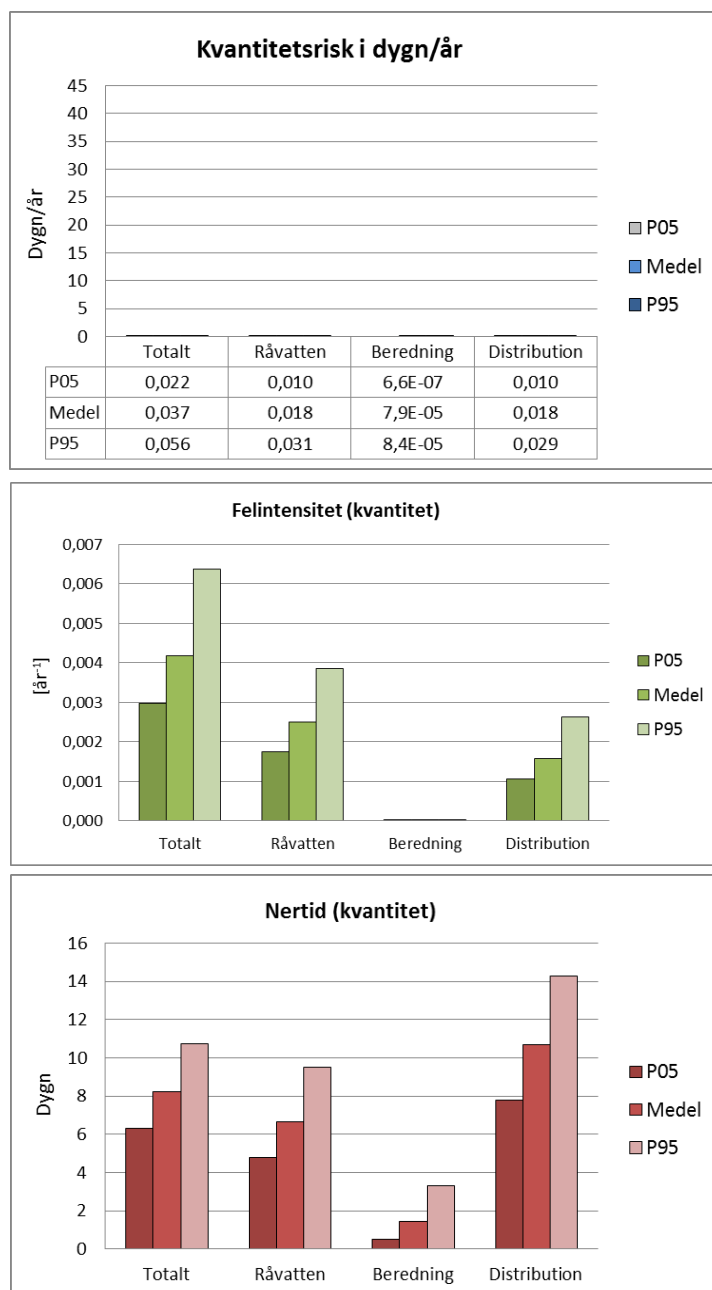
Figur 10. Resultat för Örebro befintliga system uttryckt i kvantitetsrisk, felintensitet och nertid (kvantitet).



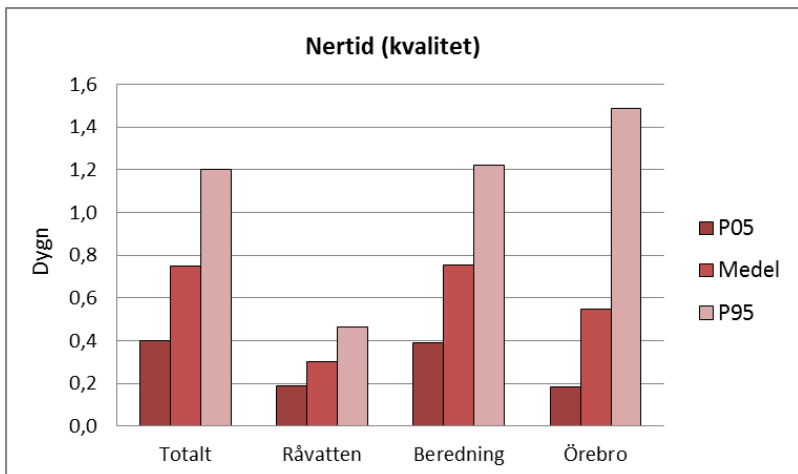
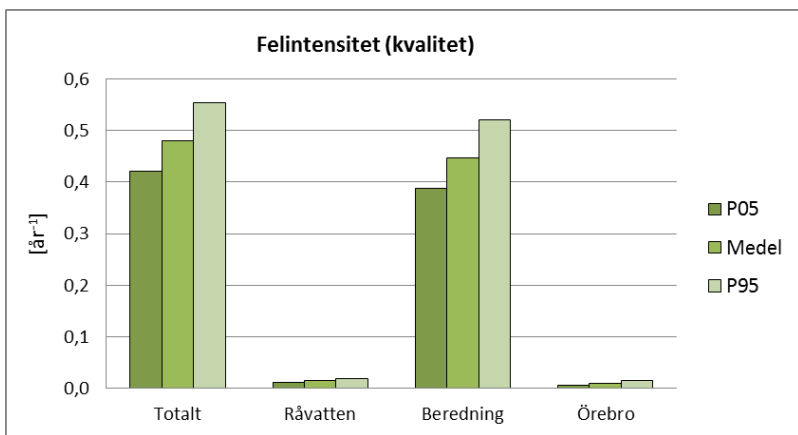
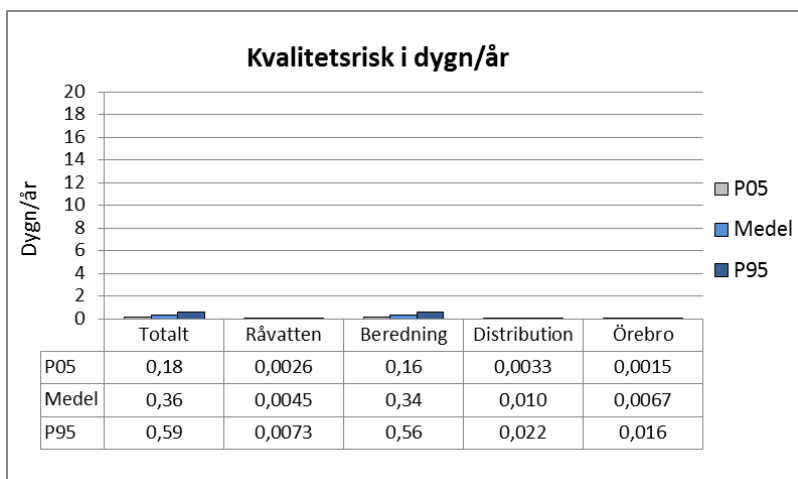
Figur 11. Resultat för Örebro:s befintliga system uttryckt i kvalitetsrisk, felintensitet och nertid (kvalitet). För att illustrera osäkerheterna i resultaten för nertiden presenteras P05, P50 och P95. Nertiden för några av de ingående händelserna har en fördelning som gör att man i modelleringarna kan få enstaka mycket höga nertider, vilket kan påverka medelvärdet men inte percentilerna.

5.2 Resultat för vattenförsörjning från Vättern

Resultat för vattenförsörjning från Vättern, alternativ 4 i Förstudien (Norconsult, 2011), med Örebros befintliga vattenförsörjning som reservvattenförsörjning, presenteras i Figur 12 och Figur 13.



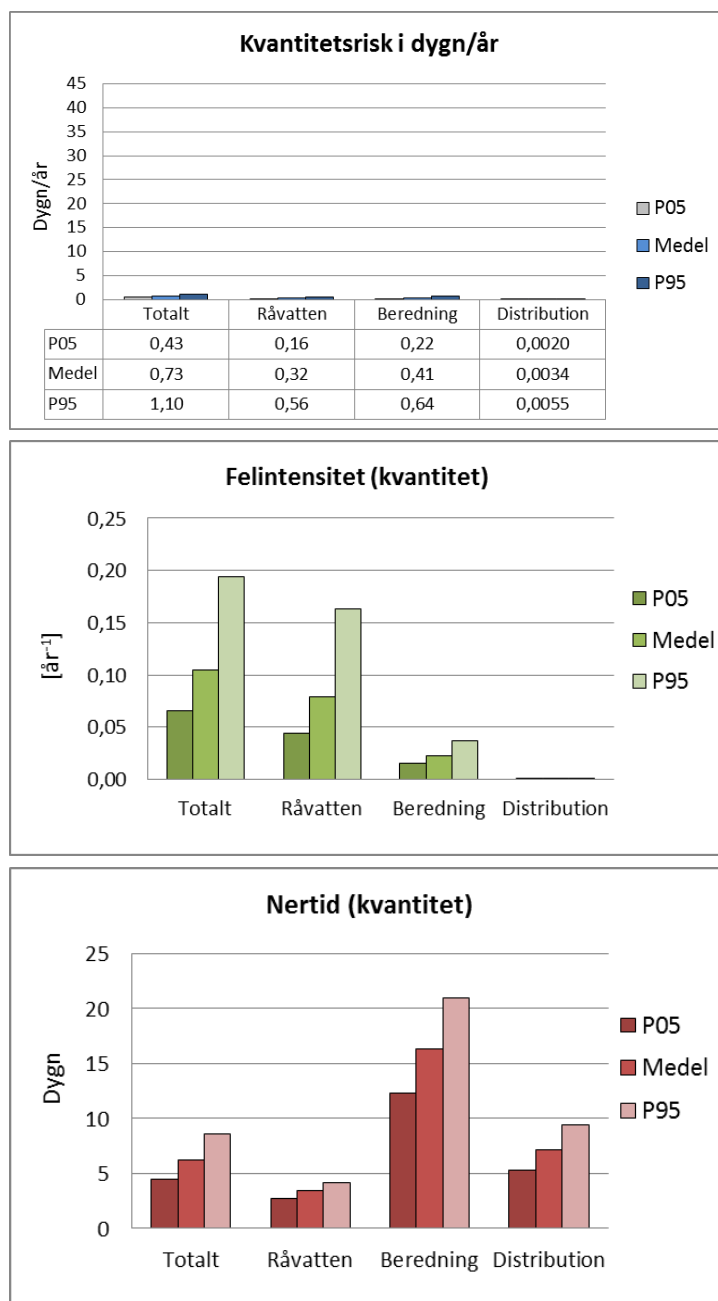
Figur 12. Resultat för vattenförsörjning från Vättern uttryckt i kvantitetsrisk, felintensitet och nertid (kvantitet).



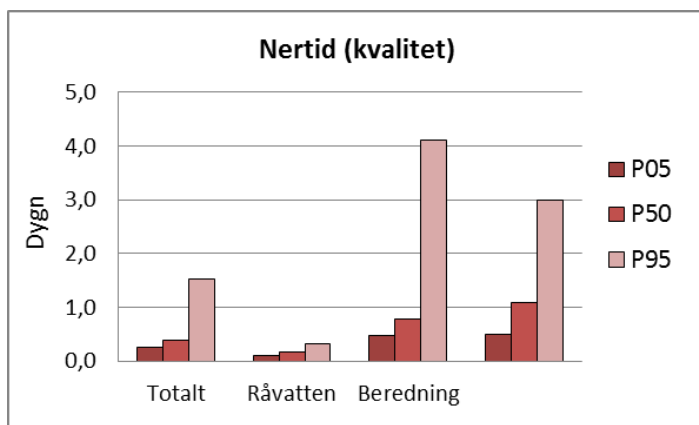
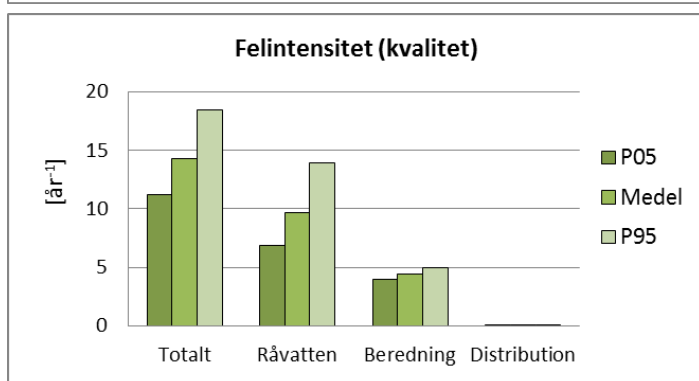
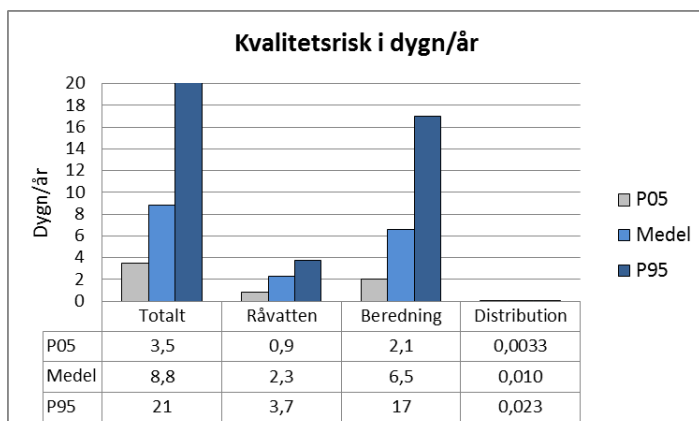
Figur 13. Resultat för vattenförsörjning från Vättern uttryckt i kvalitetsrisk, felintensitet och nertid (kvalitet). Med "Örebro" avses kvalitetsfel när Örebrossystemet nyttjas som reservvattenförsörjning (alltså kvantitetsfel i Vätternsystemet och samtidigt kvalitetsfel i Örebrossystemet).

5.3 Resultat för vattenförsörjning från Mogetorp

Resultatet för vattenförsörjning från Mogetorp, med 50 % försörjning från Mogetorp och 50 % från Örebros befintliga system och möjlighet att öka till 100 % i respektive system vid behov, visas i Figur 14 och Figur 15.



Figur 14. Resultat för vattenförsörjning från Mogetorp (samt Örebro) uttryckt i kvalitetsrisk, felintensitet och nertid (kvantitet).



Figur 15. Resultat för vattenförsörjning från Mogetorp (samt Örebro) uttryckt i kvalitetsrisk, felintensitet och nertid (kvantitet). För att illustrera osäkerheterna i resultaten för nertiden presenteras P05, P50 och P95. Nertiden för några av de ingående händelserna har en fördelning som gör att man i modelleringarna kan få enstaka mycket höga nertider, vilket kan påverka medelvärdet men inte percentilerna.

5.4 Känslighetsanalys

De bedömningar som gjorts i riskanalysen av frekvenser (återkomsttid) och nertider (varaktighet) för identifierade felhändelser påverkar direkt slutresultatet, de beräknade kvantitets- och kvalitetsriskerna. Nedan visas hur mycket de mest bidragande händelserna påverkar slutresultatet och dess osäkerhet när återkomsttid och varaktighet varierar.

Känsligheten i resultatet åskådliggörs i detta kapitel med känslighetsdiagram som visar parametrarnas bidragande andel till osäkerheten i resultatet. Andelen beror dels på hur den specifika parametern ingår i modellberäkningarna (olika variabler i en ekvation påverkar resultatet olika mycket) och dels på hur mycket parametrarnas osäkerhet påverkar osäkerheten i resultatet.

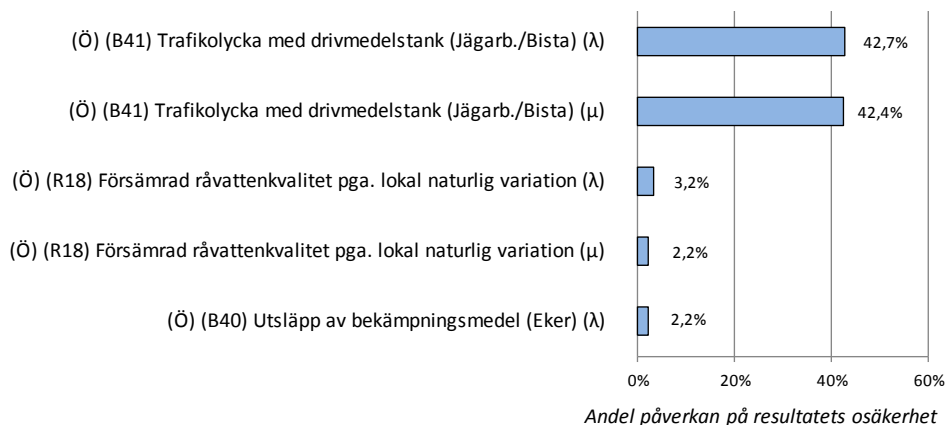
I modellen har parametrarnas värden definierats som intensiteter i form av λ och μ , för vilka resultaten presenteras i känslighetsdiagrammen nedan. För att underlätta beskrivningen av resultaten diskuteras istället för intensiteter den återkomsttid och varaktighet de motsvarar. Inversen av intensiteterna ($1/\lambda$ och $1/\mu$) motsvarar återkomsttiden respektive varaktigheten för ett fel.

5.4.1 Känslighetsanalys för resultatet med Örebros befintliga vattenförsörjning

I följande avsnitt redovisas hur bedömningarna för Örebros befintliga system påverkar osäkerheten i resultatet.

5.4.1.1 Kvantitetsrisken

I Figur 16 visas i vilken omfattning olika parametrar påverkar osäkerheten i resultatet för kvantitetsrisken (avbrottsrisk) för Örebros befintliga system.



Figur 16. Känslighetsdiagram avseende kvantitetsrisken med Örebro's befintliga system, med andel som ingående parametrar påverkar osäkerheten i resultatet. De fem parametrar med högst andel presenteras.

Baserat på framräknat resultat i Figur 16 kan konstateras att den återkomsttid och varaktighet som påverkar resultatet mest är:

- Återkomsttid ($1/\lambda$) för *Trafikolycka med drivmedelstank (Jägarbacken/Bista)*
- Varaktighet ($1/\mu$) för *Trafikolycka med drivmedelstank (Jägarbacken/Bista)*

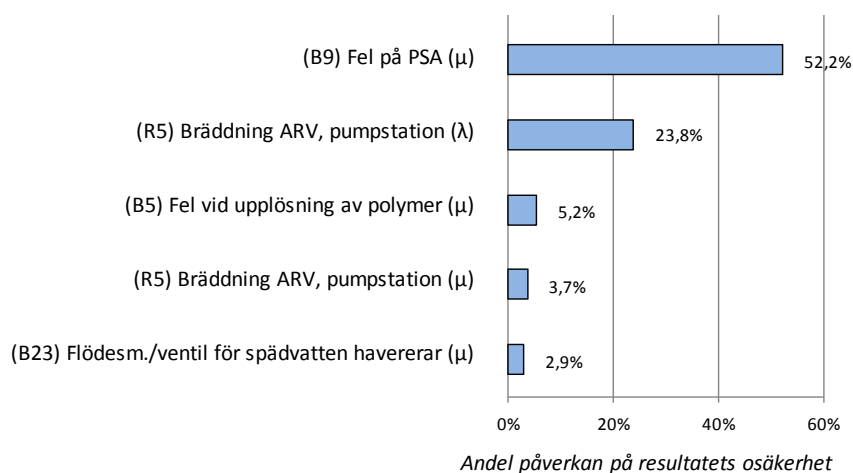
I Tabell 1 visas hur specifika förändringar i ovanstående parametrar påverkar resultatet.

Tabell 1. Resultat med ändrade värden för de mest påverkande parametrarna för kvantitetsrisken.

	Antaget värde i felträdet:	Minskad återkomsttid/ varaktighet:	Ökad återkomsttid/ varaktighet:
Återkomsttid för <i>Trafikolycka med drivmedelstank (Jägarbacken/Bista)</i>	1 gång/10 år – 1 gång/20 år	1 gång/30 år – 1 gång/50 år	1 gång/5 år – 1 gång/10 år
Varaktighet för <i>Trafikolycka med drivmedelstank (Jägarbacken/Bista)</i>	6 mån - 1 år	3 mån – 6 mån	1 år – 2 år
Medelvärde kvantitetsrisk per år (totalt för råvatten, beredning och distribution)	30 dygn/år	16 dygn/år	74 dygn/år

5.4.1.2 Kvalitetsrisken

I Figur 17 visas i vilken omfattning olika parametrar påverkar osäkerheten i resultatet för kvalitetsrisken för Örebros befintliga system.



Figur 17. Känslighetsdiagram avseende kvalitetsrisken med Örebros befintliga system, med andel som ingående parametrar påverkar osäkerheten i resultatet. De fem parametrar med högst andel presenteras.

Baserat på framräknat resultat i Figur 17 konstateras att den varaktighet och återkomsttid som påverkar resultatet mest är:

- Varaktighet för *Fel på PSA*
- Återkomsttid för *Bräddning ARV, pumpstation*

I Tabell 2 visas hur specifika förändringar i ovanstående parametrar påverkar resultatet.

Tabell 2. Resultat med ändrade värden för de mest påverkande parametrarna för kvalitetsrisken.

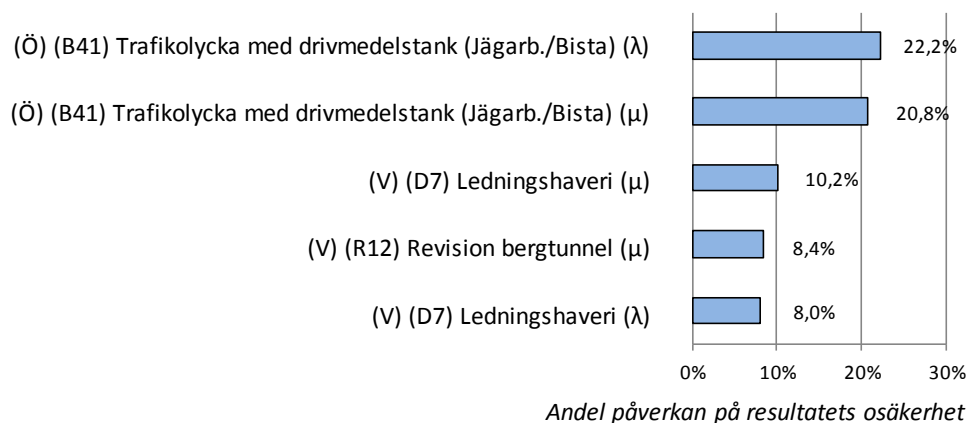
	Antaget värde i felträdet:	Minskad varaktighet/återkomsttid:	Ökad varaktighet/återkomsttid:
Varaktighet för <i>Fel på PSA</i>	1 tim - 4 dagar	1 – 7 timmar	5 timmar – 7 dagar
Återkomsttid för <i>Bräddning ARV, pumpstation</i>	6 gånger/2 år - 1 gång/5 år	1 gång/år – 1 gång/10 år	6 gånger/år – 1 gång/3 år
Medelvärde kvalitetsrisk per år (totalt för råvatten, beredning och distribution)	5,3 dygn/år	2,9 dygn/år	6,9 dygn/år

5.4.2 Känslighetsanalysen för resultatet med vattenförsörjning från Vättern

I följande avsnitt redovisas hur bedömningar för vattenförsörjning från Vättern med reservvattenförsörjning påverkar resultatet.

5.4.2.1 Kvantitetsrisken

I Figur 18 visas i vilken omfattning olika parametrar påverkar resultatet för kvantitetsrisken (avbrottsrisk) för vattenförsörjning från Vättern, med Örebros befintliga vattenförsörjning som reservvattenförsörjning.



Figur 18. Känslighetsdiagram avseende kvantitetsrisken med vattenförsörjning från Vättern (med Örebros befintliga vattenförsörjning som reservvattenförsörjning), med andel som ingående parametrar påverkar osäkerheten i resultatet. De fem parametrar med högst andel presenteras. (Ö) innebär att händelsen återfinns i felträdet för Örebros befintliga vattenförsörjning och (V) att händelsen återfinns i felträdet för vattenförsörjning från Vättern.

Baserat på framräknat resultat i Figur 18 konstateras att den återkomsttid och varaktighet som påverkar resultatet mest är:

- Återkomsttid för *Trafikolycka med drivmedelstank (Jägarbacken/Bista)*
- Varaktighet för *Trafikolycka med drivmedelstank (Jägarbacken/Bista)*
- Varaktighet för *Ledningshaveri (i distributionen)*

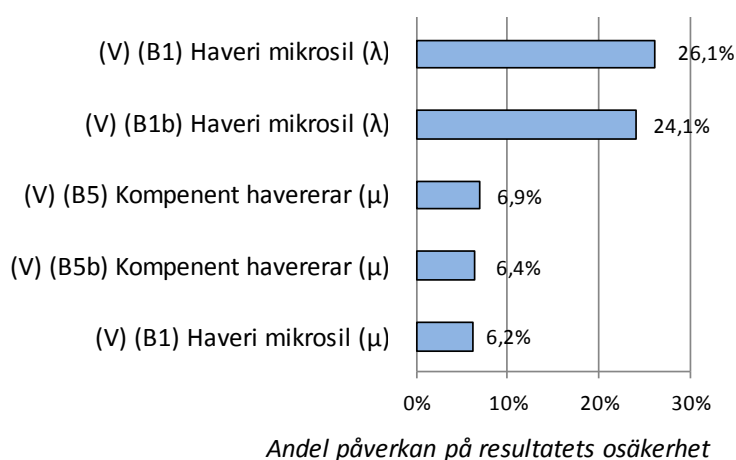
I Tabell 3 visas hur specifika förändringar i ovanstående parametrar påverkar resultatet.

Tabell 3. Resultat med ändrade värden för de mest påverkande parametrarna för kvantitetsrisken.

	Antaget värde i felträdet:	Minskad återkomsttid/ varaktighet:	Ökad återkomsttid/ varaktighet:
Återkomsttid för <i>Trafikolycka med drivmedelstank (Jägarb./ Bista)</i>	1 gång/10 år – 1 gång/20 år	1 gång/30 år – 1 gång/50 år	1 gång/5 år – 1 gång/10 år
Varaktighet för <i>Trafikolycka med drivmedelstank (Jägarb./ Bista)</i>	6 mån - 1 år	3 mån – 6 mån	1 år – 2 år
Varaktighet för <i>Ledningshaveri (i distributionen)</i>	2 veckor – 1 månad	1 – 2 veckor	2 veckor – 1,5 månad
Medelvärde kvantitetsrisk per år (totalt för råvatten, beredning och distribution)	0,037 dygn/år	0,015 dygn/år	0,1 dygn/år

5.4.2.2 Kvalitetsrisken

I Figur 19 visas i vilken omfattning olika parametrar påverkar osäkerheten i resultatet för kvalitetsrisken för vattenförsörjning från Vättern, med Örebro befintliga vattenförsörjning som reservvattenförsörjning.



Figur 19. Känslighetsdiagram avseende kvalitetsrisken med vattenförsörjning från Vättern (med Örebro befintliga vattenförsörjning som reservvattenförsörjning), med andel som ingående parametrar påverkar osäkerheten i resultatet. De fem parametrar med högst andel presenteras. (Ö) innebär att händelsen återfinns i felträdet för Örebro befintliga vattenförsörjning och (V) att händelsen återfinns i felträdet för vattenförsörjning från Vättern.

Baserat på framräknat resultat i Figur 19 konstateras att den återkomsttid och varaktighet som påverkar resultatet mest är:

- Återkomsttid för *Haveri mikrosil*
- Varaktighet för *Komponent havererar*

I Tabell 4 visas hur specifika förändringar i ovanstående parametrar påverkar resultatet.

Tabell 4. Resultat med ändrade värden för de mest påverkande parametrarna för kvalitetsrisken.

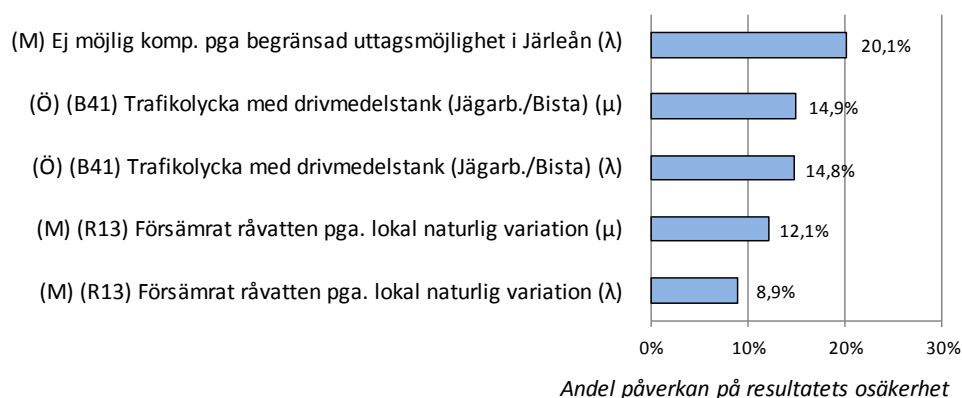
	Antaget värde i felträdet:	Minskad återkomsttid/ varaktighet:	Ökad återkomsttid/ varaktighet:
Återkomsttid för <i>Haveri mikrosil</i>	1 gång/10 år – 1 gång/50 år	1 gång/30 år – 1 gång/70 år	1 gång/5 år – 1 gång/20 år
Varaktighet för <i>Komponent havererar</i>	1 tim - 2 dagar	1 – 4 timmar	1 – 5 dagar
Medelvärde kvalitetsrisk per år (totalt för råvatten, beredning och distribution)	0,36 dygn/år	0,25 dygn/år	0,65 dygn/år

5.4.3 Känslighetsanalys för resultatet med vattenförsörjning från Mogetorp

I följande avsnitt redovisas hur bedömningar för vattenförsörjning från Mogetorp (samt Örebro) påverkar osäkerheten i resultatet.

5.4.3.1 Kvantitetsrisken

I Figur 20 visas i vilken omfattning olika parametrar påverkar osäkerheten i resultatet för kvantitetsrisken (avbrottsrisk) för vattenförsörjning från Mogetorp (samt Örebro).



Figur 20. Känslighetsdiagram avseende kvantitetsrisken med vattenförsörjning från Mogetorp (samt Örebro), med andel som ingående parametrar påverkar osäkerheten i resultatet. De fem parametrar med högst andel presenteras. (Ö) innebär att händelsen återfinns i felträdet för Örebros befintliga vattenförsörjning och (M) att händelsen återfinns i felträdet för vattenförsörjning från Mogetorp.

Baserat på framräknat resultat i Figur 20 konstateras att de återkomsttider och den varaktighet som påverkar resultatet mest är:

- Återkomsttid för *Ej möjlig komp. pga. begränsad uttagsmöjlighet i Järleån*
- Varaktighet för *Trafikolycka med drivmedelstank (Jägarbacken/Bista)*
- Återkomsttid för *Trafikolycka med drivmedelstank (Jägarbacken/Bista)*

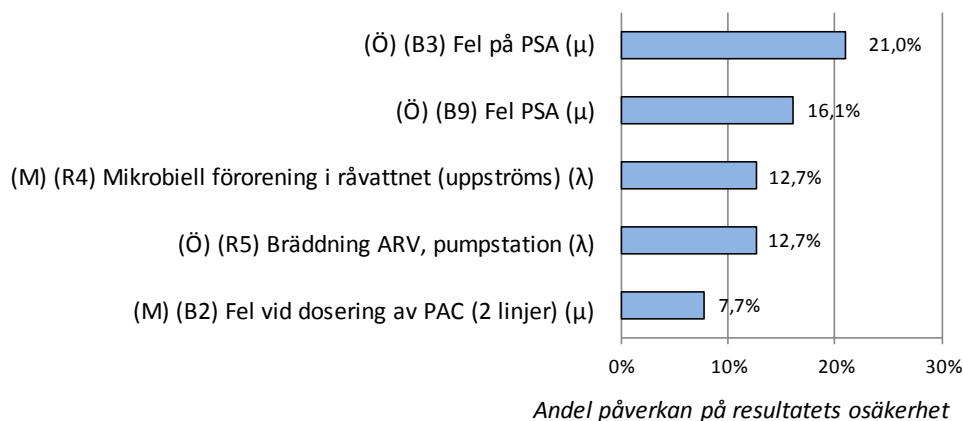
I Tabell 5 visas hur specifika förändringar i ovanstående parametrar påverkar resultatet.

Tabell 5. Resultat med ändrade värden för de mest påverkande parametrarna för kvantitetsrisken.

	Antaget värde i felträdet:	Minskad återkomsttid/ varaktighet:	Ökad återkomsttid/ varaktighet:
Återkomsttid för <i>Ej möjlig komp. pga. begränsad uttagsmöjlighet i Järleån</i>	1 gång/3 år - 1 gång/8 år	1 gång/5 år - 1 gång/15 år	1 gång/1 år - 1 gång/5 år
Varaktighet för <i>Trafikolycka med drivmedelstank (Jägarbacken/Bista)</i>	6 mån - 1 år	3 mån - 6 mån	1 år - 2 år
Återkomsttid för <i>Trafikolycka med drivmedelstank (Jägarbacken/Bista)</i>	1 gång/10 år - 1 gång/20 år	1 gång/30 år - 1 gång/50 år	1 gång/5 år - 1 gång/10 år
Medelvärde kvantitetsrisk per år (totalt för råvatten, beredning och distribution)	0,73 dygn/år	0,36 dygn/år	2,7 dygn/år

5.4.3.2 Kvalitetsrisken

I Figur 21 visas i vilken omfattning olika parametrar påverkar osäkerheten i resultatet för kvalitetsrisken för vattenförsörjning från Mogetorp (samt Örebro).



Figur 21. Känslighetsdiagram avseende kvalitetsrisken med vattenförsörjning från Mogetorp (samt Örebro), med andel som ingående parametrar påverkar osäkerheten i resultatet. De fem parametrar med högst andel presenteras. (Ö) innebär att händelsen återfinns i felträdet för Örebros befintliga vattenförsörjning och (M) att händelsen återfinns i felträdet för vattenförsörjning från Mogetorp.

Baserat på framräknat resultat i Figur 21 konstateras att den varaktighet och de återkomsttider som påverkar resultatet mest är:

- Varaktighet för *Fel på PSA (händelse B3 är antagen lika med händelse B9 och B10 med OCH-grind emellan)*
- Varaktighet för *Fel på PSA*
- Återkomsttid för *Mikrobiell förorening i råvattnet (uppströms)*
- Återkomsttid för *Bräddning ARV, pumpstation*

I Tabell 6 visas hur specifika förändringar i ovanstående parametrar påverkar resultatet.

Tabell 6. Resultat med ändrade värden för de mest påverkande parametrarna för kvalitetsrisken.

	Antaget värde i felträdet:	Minskad varaktighet/ återkomsttid:	Ökad varaktighet/ återkomsttid:
Varaktighet för <i>Fel på PSA</i>	1 tim - 4 dagar	1 – 7 timmar	5 timmar – 7 dagar
Varaktighet för <i>Fel på PSA</i>	1 tim - 4 dagar	1 – 7 timmar	5 timmar – 7 dagar
Återkomsttid för <i>Mikrobiell förorening i råvattnet (uppströms)</i>	6 gånger/2 år - 1 gång/5 år	1 gång/år – 1 gång/10 år	6 gånger/år – 1 gång/3 år
Återkomsttid för <i>Bräddning ARV, pumpstation</i>	6 gånger/2 år - 1 gång/5 år	1 gång/år – 1 gång/10 år	6 gånger/år – 1 gång/3 år
Medelvärde kvalitetsrisk per år (totalt för råvatten, beredning och distribution)	8,8 dygn/år	6,0 dygn/år	10,8 dygn/år

6 Diskussion

Kvantitetsrisken (avbrottsrisken) beräknas som förväntat antal dagar med nedsatt eller avbruten leverans från vattenverket. Vid jämförelse av de olika alternativen är kvantitetsrisken högst för *Örebros befintliga system*, med normalt risk för i medeltal ca 4 dagars nedsatt eller avbruten leverans under ett år. När risken för förorening av ett infiltrationsområde med petroleumprodukter från trafikolyckor även tas i beaktande blir risken betydligt högre, nämligen 30 dagar under ett år (medeltal). Vattenförsörjningen med konstgjord grundvattenbildning ger under normala förhållanden en mycket god säkerhet i vattenförsörjningen, men det finns en inbyggd risk att förorening av infiltrationsområdet med t.ex. petroleumprodukter allvarligt kan störa vattenförsörjningen.

För de alternativa försörjningssystemen är kvantitetsrisken (avbrottsrisken) lägre. För *vattenförsörjning från Vättern med reservvattenförsörjning från Örebros befintliga system* är kvantitetsrisken i medeltal ca 0,04 dagar under ett år och för *Mogetorpsalternativet* i medeltal ca 0,7 dagar under ett år.

I Örebro län finns inget uppsatt mål för leveranssäkerhet. Göteborgs kommun har ett politiskt fastställt mål som anger att *avbrottstiden för dricksvattenleveransen för den genomsnittlige brukaren skall vara mindre än 10 dygn på 100 år* (Göteborg Vatten, 2006). Målet kan översättas till 144 minuters avbrott (CML, Customer Minutes Lost) per år, som den genomsnittlige brukaren får otillräcklig kvantitet vatten eller vatten av oacceptabel kvalitet. Göteborgs kommun genomförde en integrerad riskanalys och fick resultatet 878 CML för de kvalitetsrelaterade riskerna (Lindhe, 2010). Deras utredning omfattade även felincidenter i distributionen men detta motsvarande endast en liten andel av resultatet. Vid jämförelse skulle Vätternalternativet uppnå Göteborgs uppsatta mål (kvantitetsrisk i medeltal ca 50 minuter under ett år) medan Örebros befintliga system (i medeltal ca 40 000 minuter under ett år) och Mogetorpsalternativet (i medeltal ca 1 000 minuter under ett år) inte skulle uppnå målet.

Kvalitetsrisken är förväntat antal dagar med avvikelse eller störningar i försörjningen som kan leda till oacceptabel kvalitet hos konsument. För *Örebros befintliga system* är kvalitetsrisken i medeltal ca 5 dagar under ett år medan den är ca 0,4 dagar/år (medeltal) för *vattenförsörjning från Vättern med reservvattenförsörjning* och ca 9 dagar/år (medeltal) för *Mogetorpsalternativet*. Vättern är ett säkrare råvatten i jämförelse med Svartån och Järleån vilket har en betydande inverkan på resultatet. En annan betydande faktor i resultatet är att Vättern inte kräver lika omfattande beredning som Järleån och Svartån.

Det kan uppfattas märkligt att kvalitetsriskerna för *Mogetorpsalternativet* är något högre än för *Örebros befintliga system*. Detta beror på att *Mogetorpsalternativet* kommer omfatta två försörjningssystem (med Örebros befintliga system som ett reservvattensystem), vilket innebär att risken ökar något i och med att det finns fler källor till felhändelser. Detta gäller endast kvalitetsfel, kvantitetsfelen blir lägre med två försörjningssystem i jämförelse med ett. Detta beror på att kvantitetsfelen i det ena systemet mer eller mindre kan kompenseras med det andra systemet.

7 Slutsatser

Den genomförda felträdsanalysen har visat att riskerna normalt är relativt begränsade i Örebros befintliga vattenförsörjning förutsatt att inte hänsyn tas till de risker för trafikolyckor med förorening av infiltrationsområdena med petroleumprodukter som föreligger. Med hänsyn till möjligheten att sådana händelser inträffar ökar risken betydligt och blir mycket stor. Det bekräftar de farhågor och den oro som finns att trafikolyckor i infiltrationsområdena i Örebro skall slå ut vattenförsörjningen. Känslighetsanalysen visar att även då antagen återkomsttid och varaktighet (feltid) minskas blir risken hög i jämförelse med resultatet utan trafikolyckor.

Ett system med konstgjord grundvattenbildning ger under normala förhållanden en säker och väl fungerande vattenförsörjning. Med infiltrationsområden belägna i tätortsbebyggelse med betydande olycksrisker med genomkorsande stora trafikleder ökar dock riskerna betydligt för utslagning av vattenförsörjningen, vilket den genomförda riskanalysen bekräftar. Att Örebros befintliga vattenförsörjning saknar möjlighet till reservvattenförsörjning avspeglas också i den beräknade risken.

Alternativet med en framtida vattenförsörjning från Vättern baseras på ett ytvatten av mycket god kvalitet och utan konstgjord grundvattenbildning i utsatta infiltrationsområden med de föroreningsrisker som här påvisats. Riskanalysen för detta alternativ ger därför mycket hög leveranssäkerhet.

För Mogetorpsalternativet är riskerna och de beräknade feltiderna också väsentligt lägre än de för Örebros befintliga vattenförsörjning. Dock innehåller alternativet infiltrationsområden med påvisade risker. Råvattenkvaliteten i Järleån är jämförbar med den i Svartån, vilket också är en faktor som påverkar att den beräknade leveranssäkerheten är lägre än den för Vätternalternativet.

Norconsult AB
Mark & vatten/VA-teknik

Bertil Israelsson
bertil.israelsson@norconsult.com

Madeleine Forss
madeleine.forss@norconsult.com

8 Referenser

Göteborg Vatten (2006). *Åtgärdsplan vatten: Långsiktiga mål för Göteborgs vattenförsörjning*, Göteborgs stad.

Lindhe, A. (2010). *Risikanalyser från råvatten till tappkran*. Svenskt Vatten Utveckling, Rapport Nr 2010-08.

Norconsult (2011). *Förstudie regional vattenförsörjning från Vättern, steg 2 och 3*.

Norconsult (2013). *MRA – Mikrobiell riskanalys vid Skråmsta vattenverk, Örebro kommun*.

\\segoifs1\1025\13\1021364\0-mappbeskrivningar utredningar
pm\integrerad riskanalys\1\rapport\levererats\utleverans 2015-02-20\word-
format\integrerad riskanalys 2015-02-20.docx



Norconsult AB

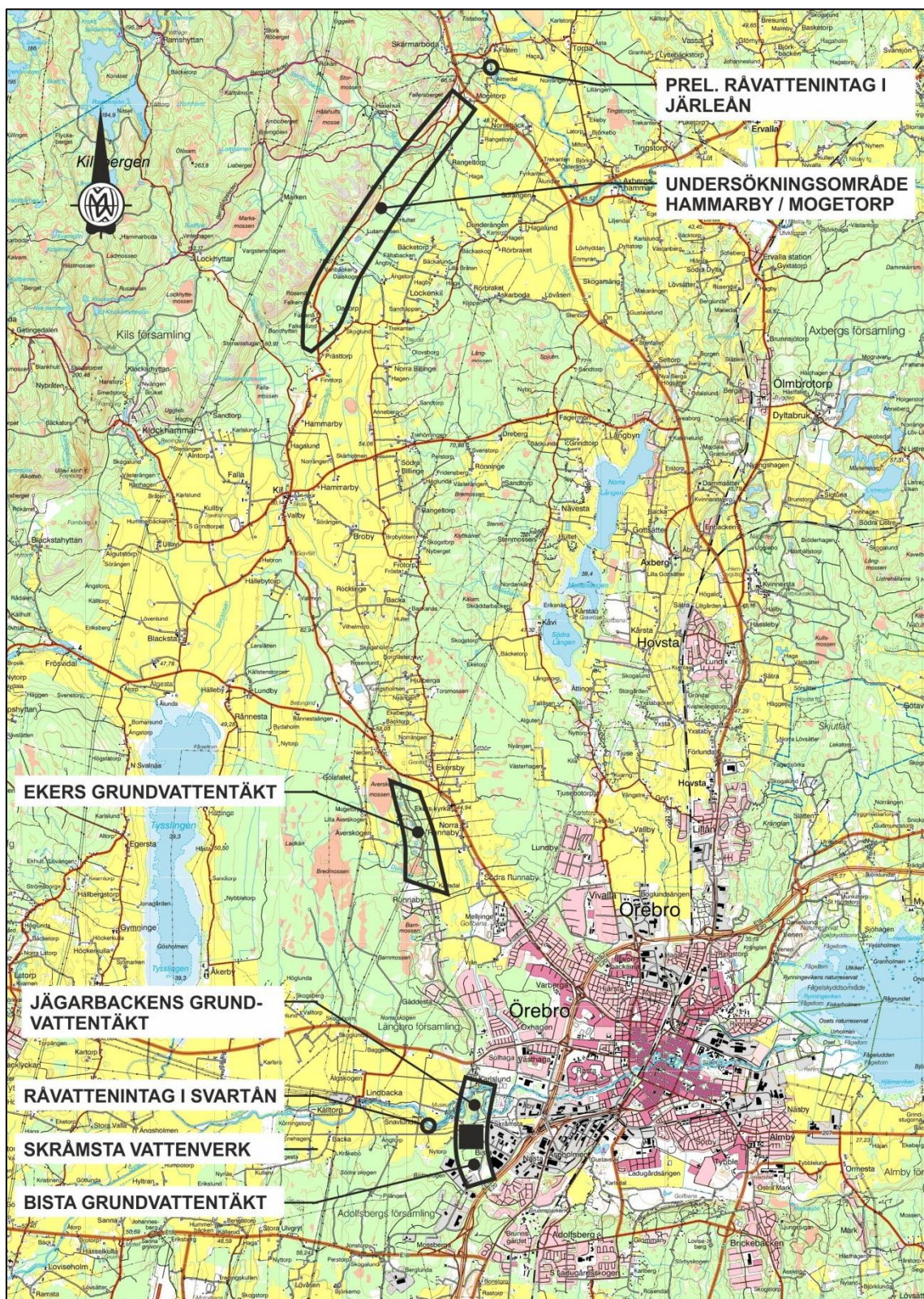
Theres Svensson gata 11

Box 8774, 402 76 Göteborg

031 – 50 70 00, fax 031-50 70 10

www.norconsult.se

Örebro vattenförsörjning översiktsplan, vattentäckernas lägen

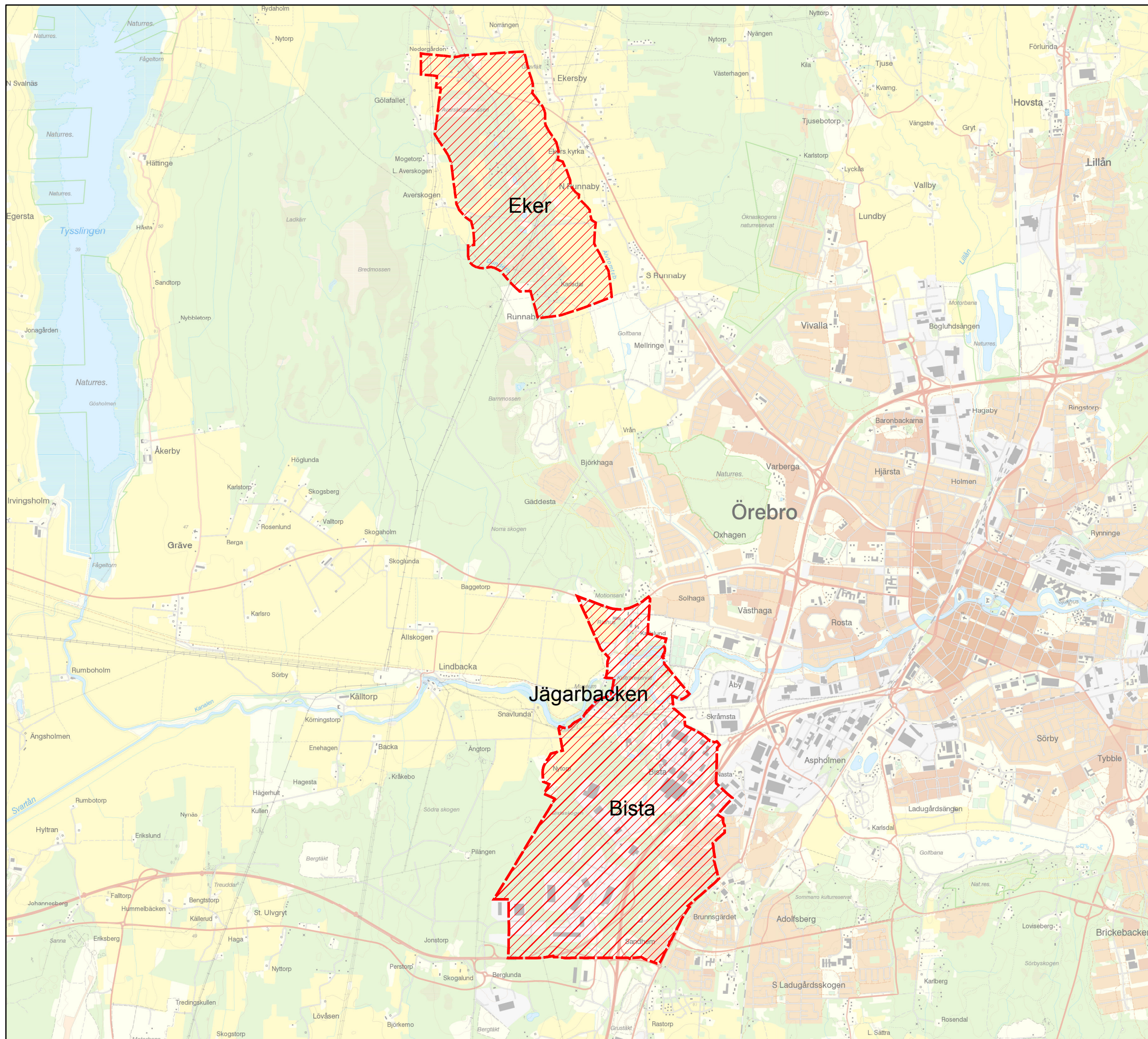




Länstyrelsen
Örebro län

Regionalt underlag för riksintresse avseende Örebro vattenförsörjning

Influensområdet, markanspråk Översiktsplan



 Influensområde



0 375 750 1500
Meters

SKALA 1:40 000 (A3)

Datum: 2013-01-31

Norconsult
Box 8774
402 76 GÖTEBORG

Tfn 031-50 70 00
Fax 031-50 70 10
www.norconsult.se

Besöksadress Theres Svenssons gata 11

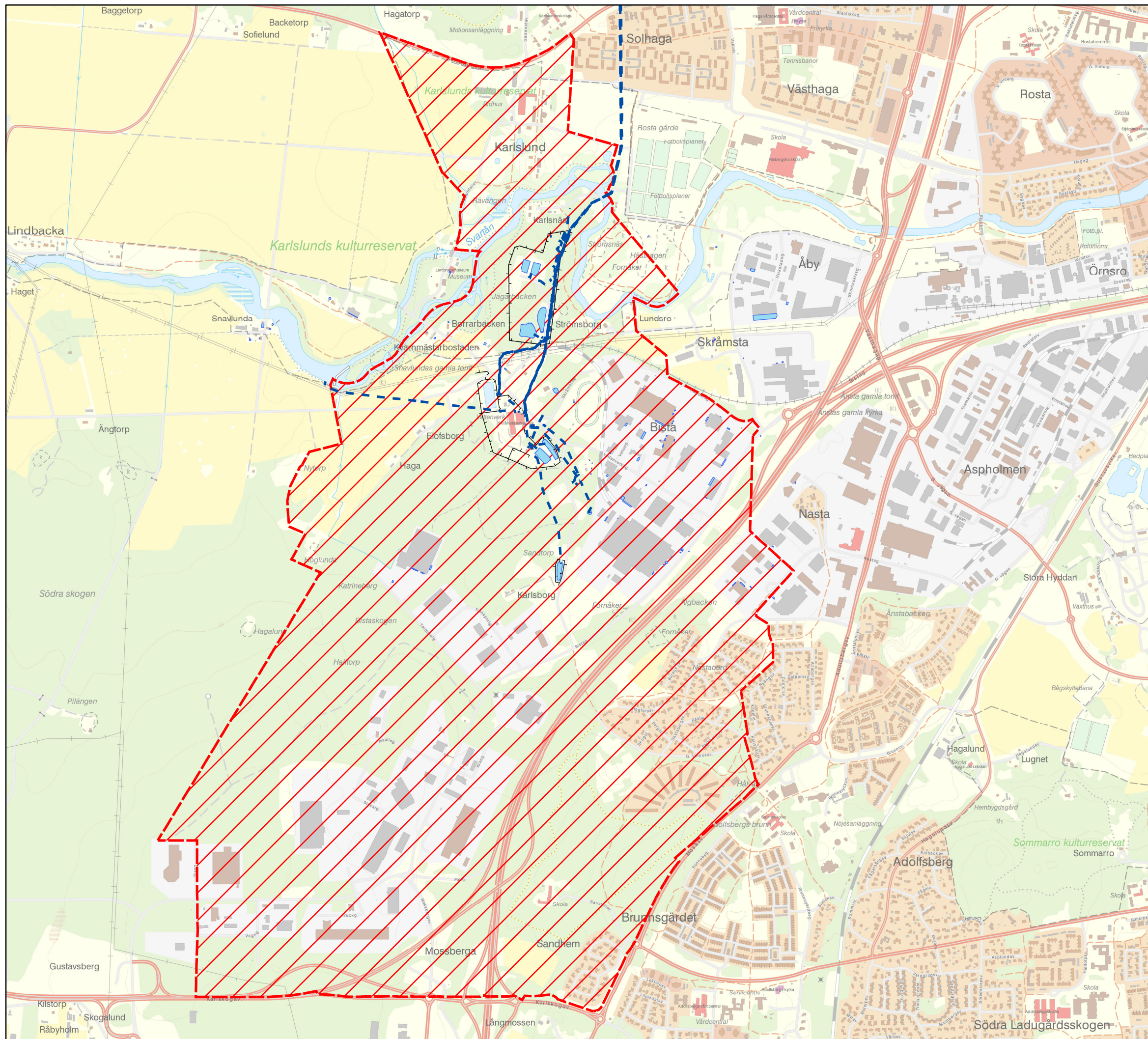



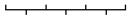




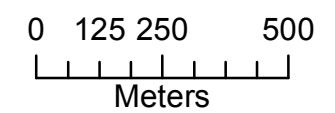
Länsstyrelsen
Örebro län

Regionalt underlag för riksintresse avseende Örebro vattenförsörjning

Influensområdets markanspråk Bista/ Jägarbacken



-  Överföringsledning
-  Staket
-  Dammar
-  Influensområde



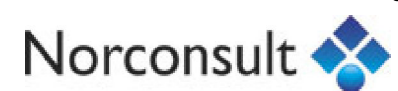
SKALA 1:15 000 (A3)

Datum: 2013-01-31

Norconsult
Box 8774
402 76 GÖTEBORG

Tfn 031-50 70 00
Fax 031-50 70 10
www.norconsult.se

Besöksadress Theres Svenssons gata 11

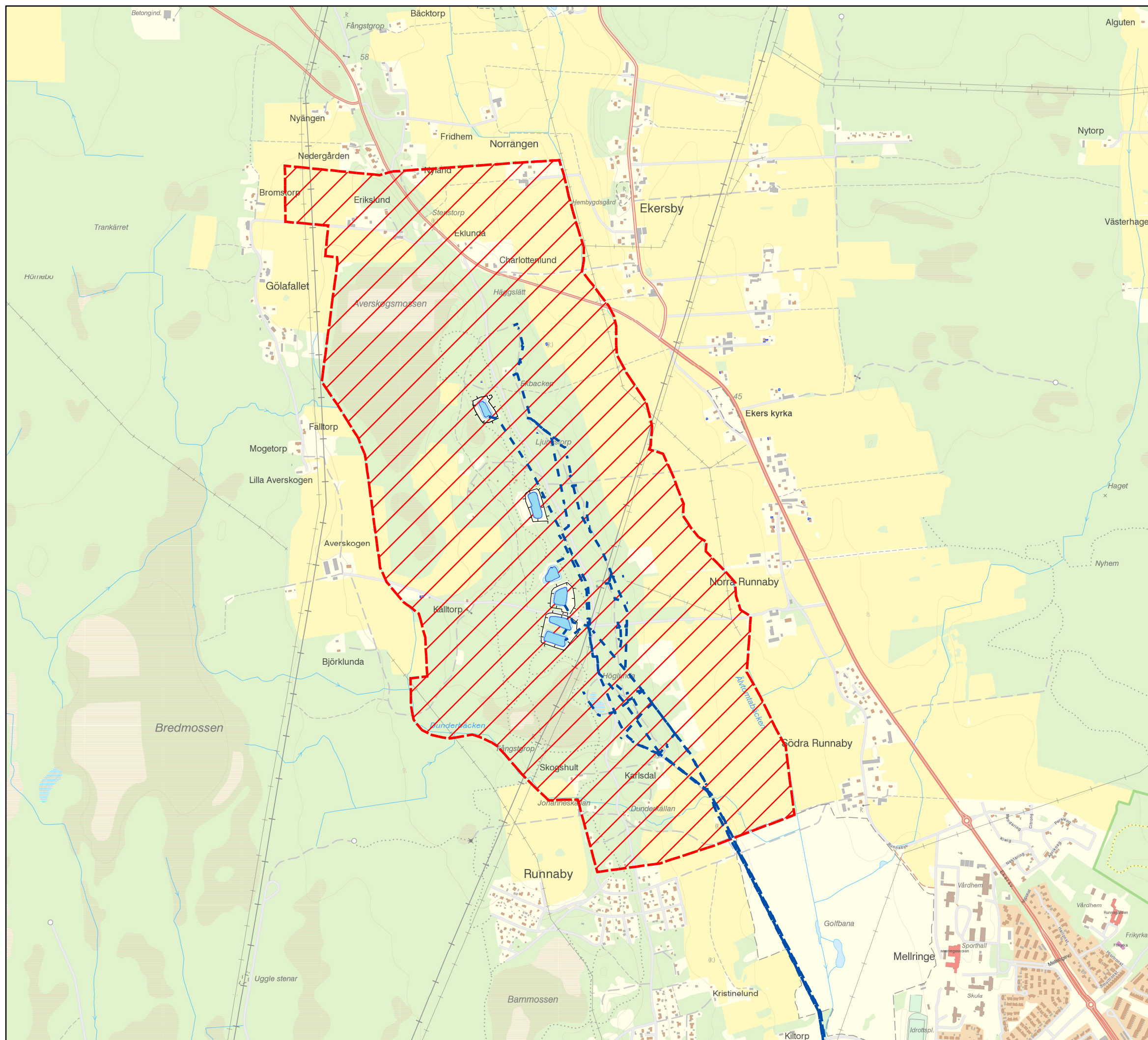




Länstyrelsen
Örebro län

**Regionalt underlag för
riksintresse avseende
Örebro vattenförsörjning**

**Influensområdets markanspråk
Eker**



-  Överföringsledning
-  Staket
-  Dammar
-  Influensområde



0 125 250 500
Meters

SKALA 1:15 000 (A3)

Datum: 2013-01-31

Norconsult
Box 8774
402 76 GÖTEBORG

Tfn 031-50 70 00
Fax 031-50 70 10
www.norconsult.se

Besöksadress Theres Svenssons gata 11



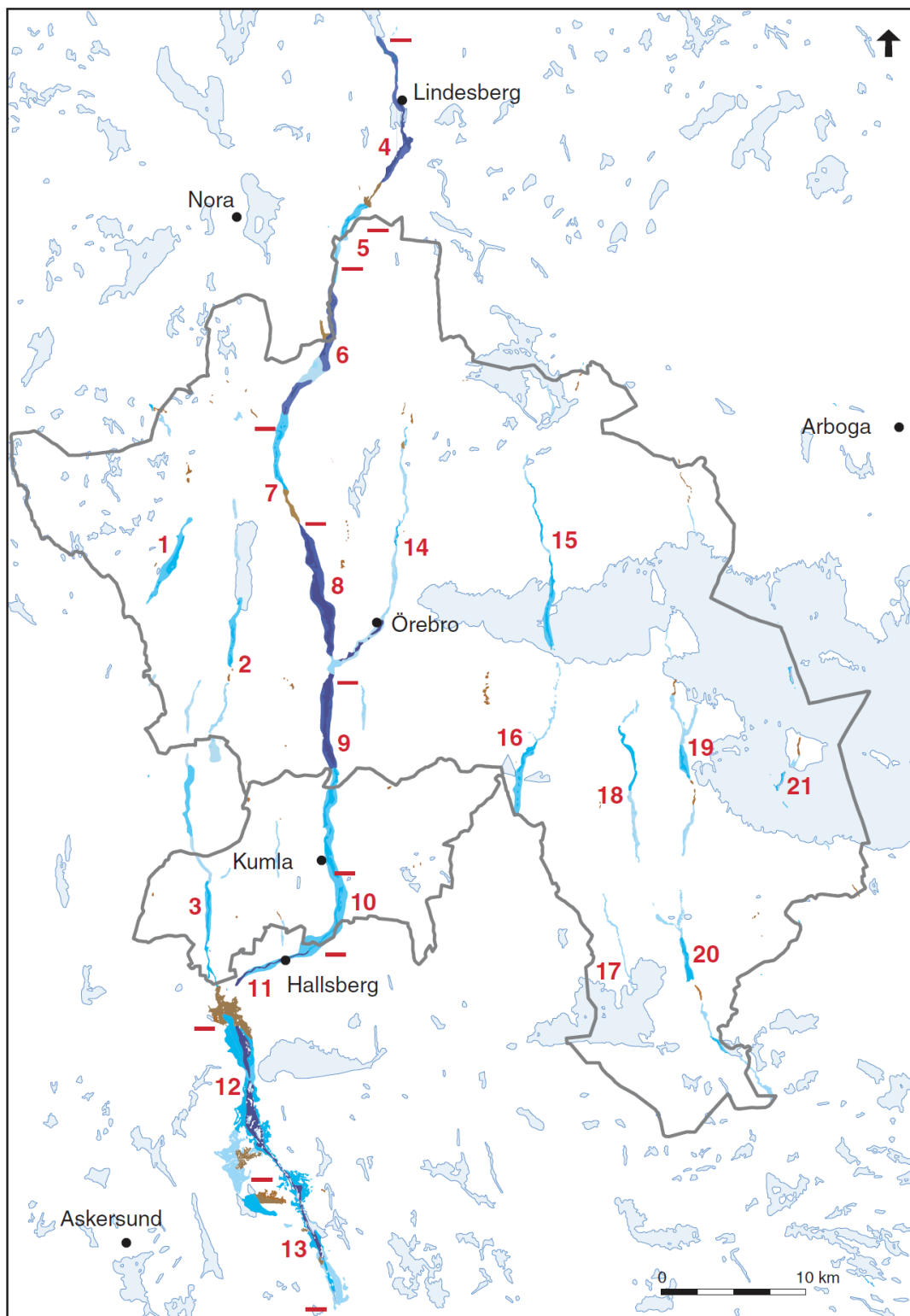


Fig. 2. Karteringsområdets isälvsavlagringar – åsar – indelade i avsnitt som beskrivs i texten. Röda streck markerar åsavsnittens början och slut.

Från SGU K140, 2009

Kvalitetsrisker
Örebro befintliga vattenförsörjning

Totalt kvalitetsfel Örebro bef. system

Råvattenfel kvalitet

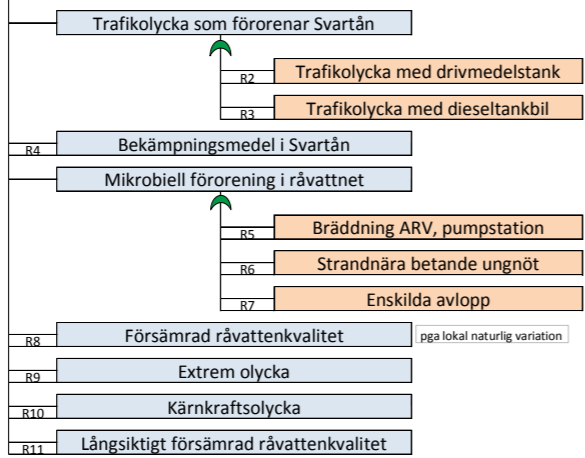
Beredningsfel kvalitet

Distributionsfel kvalitet

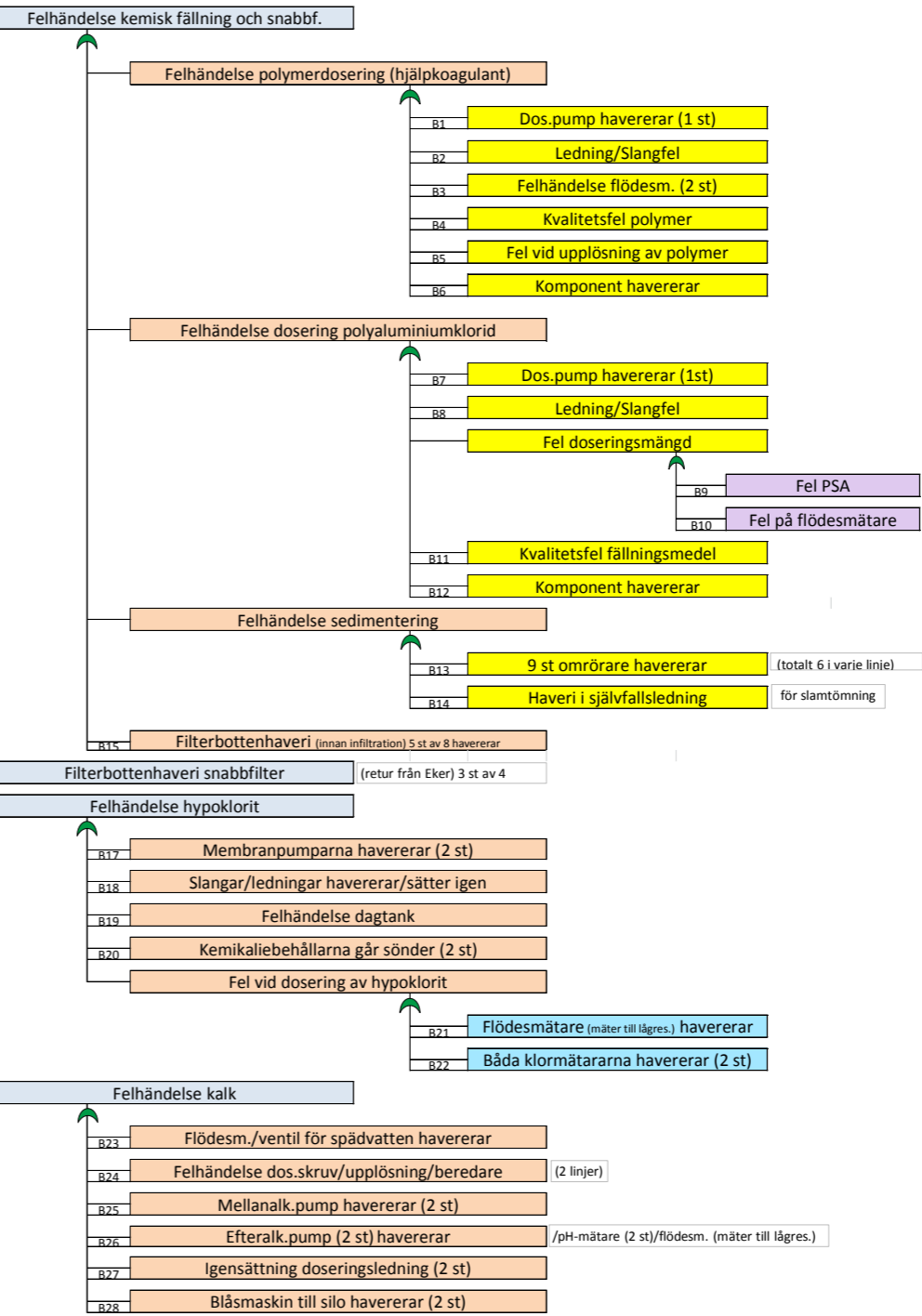
Beredningen kan ej komp.
Försämrad råvattenkvalitet

Denna kompensering togs inte med för att inte överskatta risken.

Inga kvalitetsfel har identifierats



Störningar i beredningen

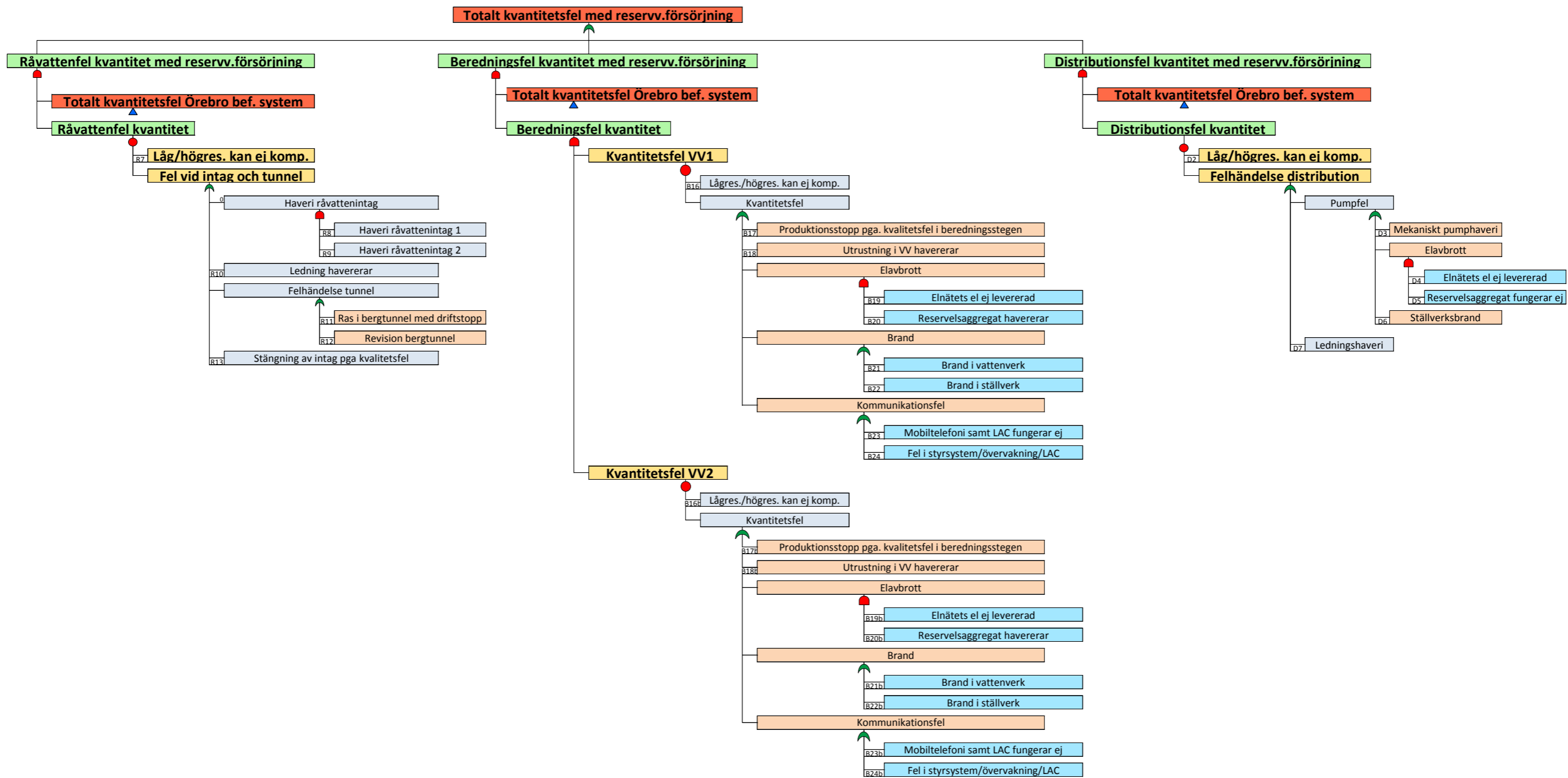


Kommunikationsfel

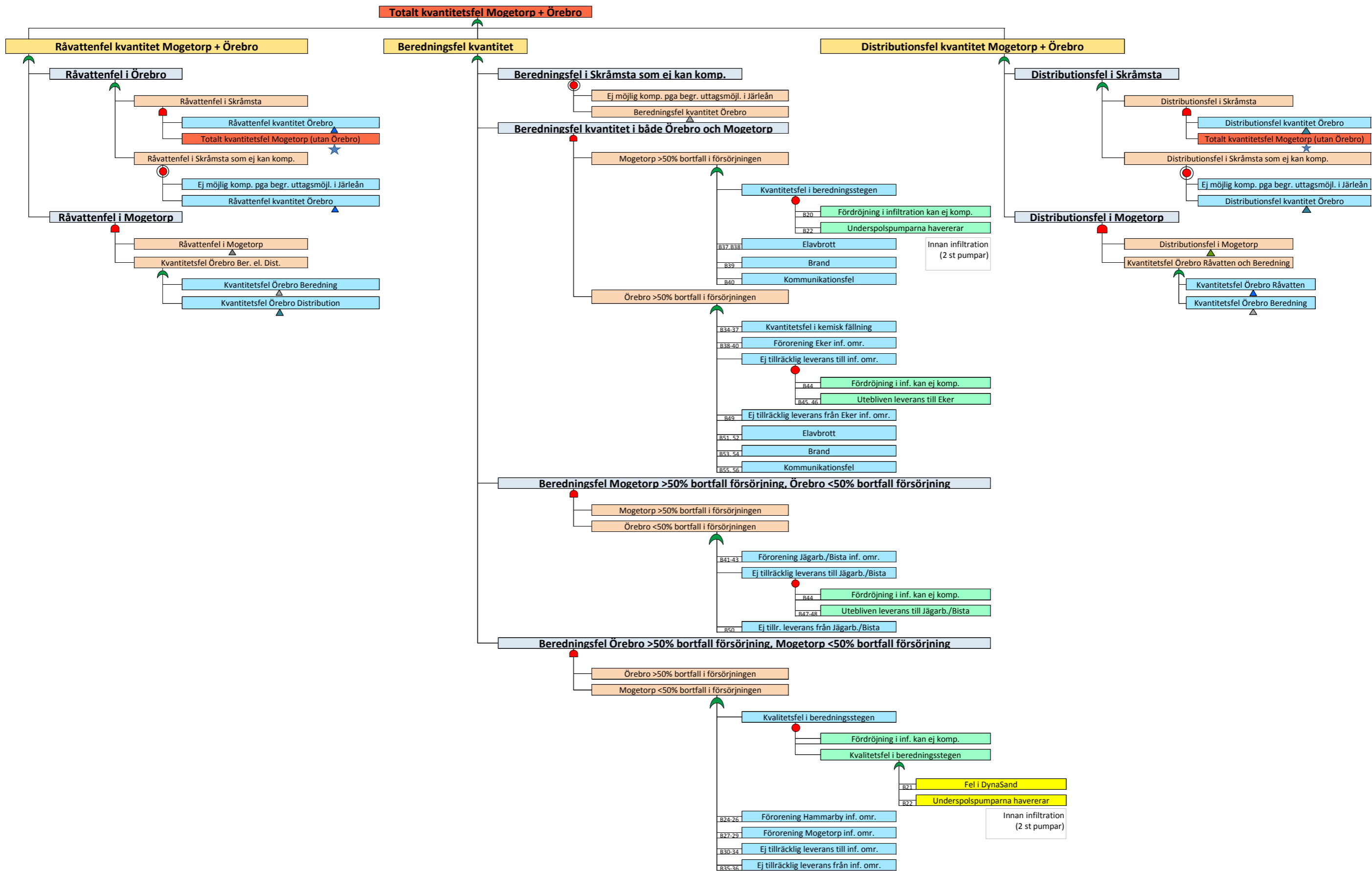
Brand



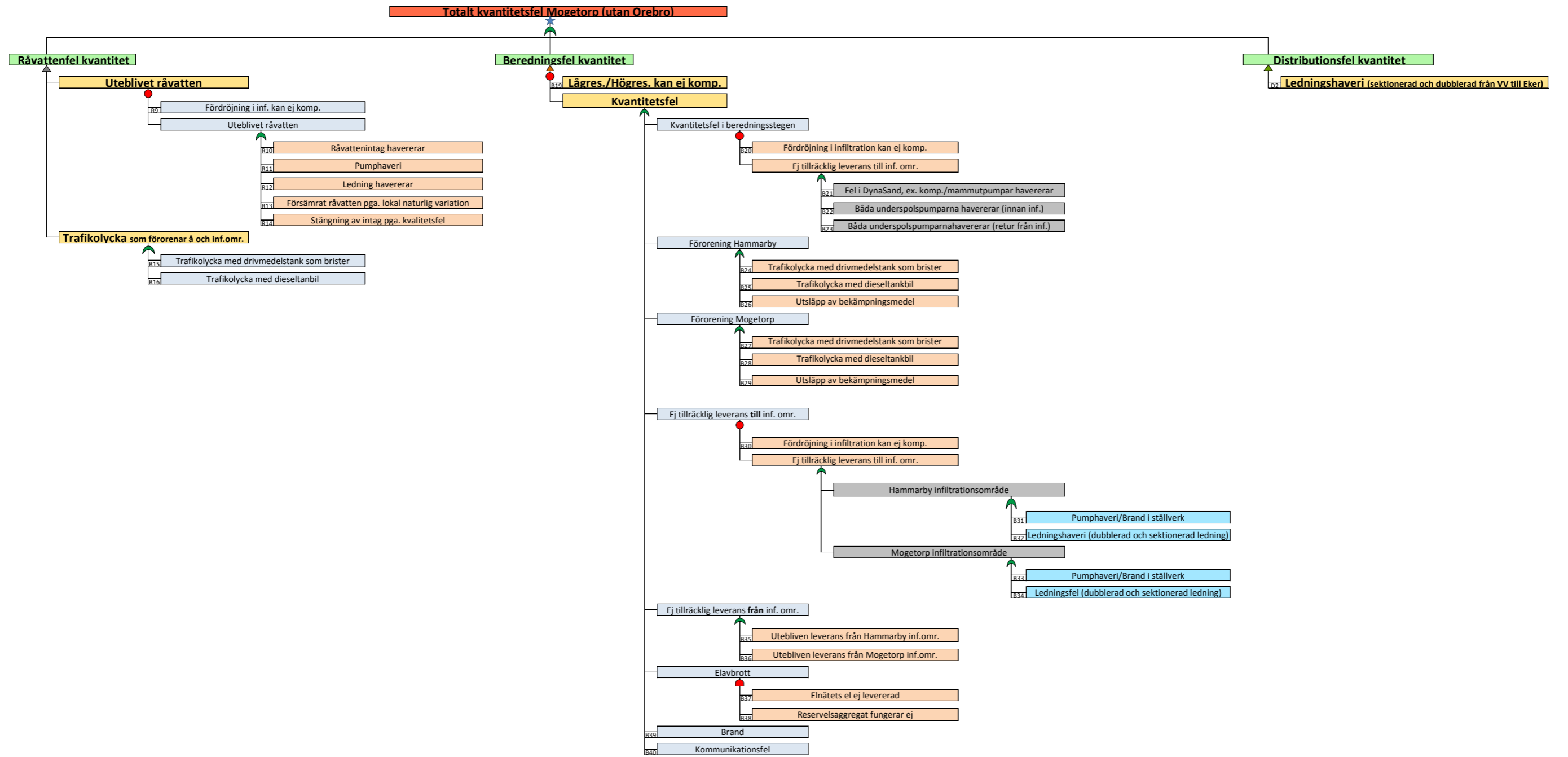
Kvantitetsrisker
 Vattenförsörjning från Vättern med reservvattenförsörjning



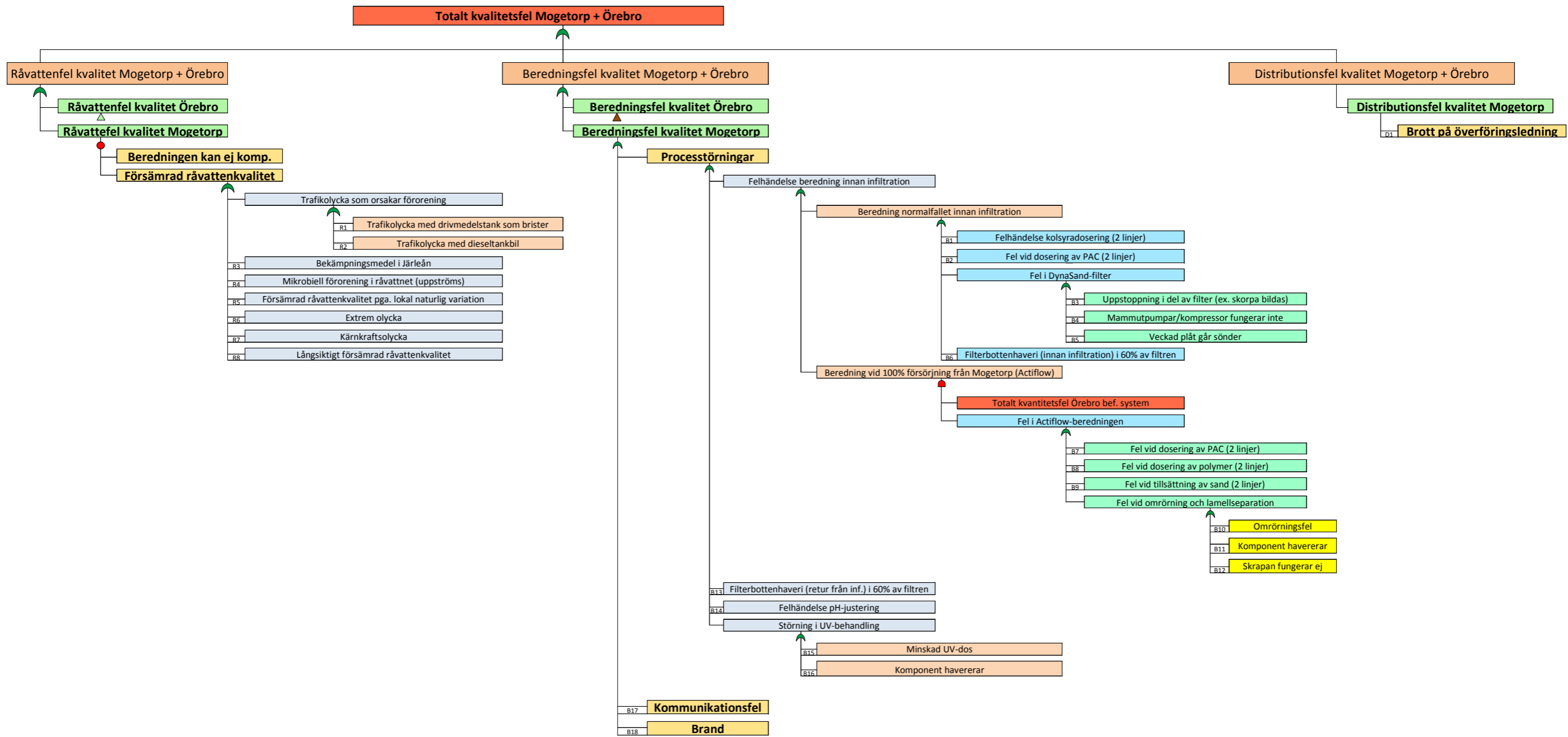
Kvantitetsrisker
Mogetorpsalternativet med Örebro (del 1)



Kvantitetsrisker
Mogetorpsalternativet med Örebro (del 2)



Kvalitetsrisker
Mogetorpsalternativet med Örebro



Vattenförsörjning med Örebro befintliga system

Nr.	Felhändelse	Återkomsttid	Varaktighet
R1	Beredningen kan ej kompensera		
R2	Trafikolycka med drivmedelstank som brister	1 gång/50 år - 1 gång/200 år	1 tim - 1 dag
R3	Trafikolycka med dieseltankbil	1 gång/2000 år - 1 gång/3000 år	1 tim - 1 dag
R4	Bekämpningsmedel i Svartån	1 gång/10 år - 1 gång/50 år	1 tim - 7 dagar
R5	Bräddning ARV, pumpstation	6 gånger/2 år - 1 gång/5 år	8 - 20 timmar
R6	Strandnära betande ungnöt	-	-
R7	Enskilda avlopp	-	-
R8	Försämrad råvattenkvalitet pga. lokal naturlig variation	2-6 gånger/år	1-2 timmar
R9	Extrem olycka	1 gång/500 år - 1 gång/1000 år	1 tim - 1 dag
R10	Kärnkraftsolycka	-	-
R11	Långsiktigt försämrad råvattenkvalitet	-	-
R12	Fördröjning i infiltration kan ej kompensera <i>q = Sannolikhet att kompensationen inte är tillgänglig när den behövs</i>	Tid kompensation är möjlig: 1-3 veckor <i>q = Sannolikhet att Eker eller Bista/Jägarbacken blir förorenat = ca 7 %</i>	
R13	Grovgaller sätter igen	1 gång/10 år-1 gång/15 år	2-3 dgr
R14	Kassun och/eller ledning havererar	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	1-3 veckor
R15	Regleringsfel (nivå) Svartån	1 gång/5 år - 1 gång/20 år	2 tim - 2 dgr
R16	Propellerpump havererar (1 st)	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	2 dgr - 1 vecka
R17	Ledning havererar	1 gång/200 år-1 gång/300 år	2 dagar-2 veckor
R18	Försämrad råvattenkvalitet pga. lokal naturlig variation	2-6 gånger/år	2-4 dgr
R19	Stängning vid kännedom om R2 el. R3	1 gång/50 år - 1 gång/300 år	1 dag - 2 veckor
R20	Stängning vid kännedom om R4	1 gång/100 år - 1 gång/300 år	1 dag - 2 veckor
R21	Stängning vid kännedom om R5	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	1-2 dgr
R22	Stängning vid kännedom om R9	1 gång/500 år - 1 gång/1000 år	1 dag - 3 mån
R23	Trafikolycka med drivmedelstank	1 gång/300 år - 1 gång/500 år	6 mån - 1 år
R24	Trafikolycka med dieseltankbil	1 gång/3000 år - 1 gång/4000 år	1 - 2 år
B1	Dos.pump havererar (1 st)	1 gång/10 år - 1 gång/20 år	1 tim - 2 dagar
B2	Ledning/Slangfel	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	1 tim - 2 dagar
B3	Felhändelse flödesm. (2 st)	lika med B9, B10	lika med B9, B10
B4	Kvalitetsfel polymer	1 gång/15 år - 1 gång/20 år	2 tim - 4 dagar
B5	Fel vid upplösning av polymer	1 gång/år - 1 gång/2 år	1 tim - 1 dag
B6	Komponent havererar	1 gång/10 år - 1 gång/20 år	1 tim - 2 dagar
B7	Dos.pump havererar (1st)	1 gång/10 år - 1 gång/20 år	1 tim - 2 dagar
B8	Ledning/Slangfel	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	1 tim - 2 dagar
B9	Fel PSA	1 gång/år - 1 gång/2 år	1 tim - 4 dagar
B10	Fel på flödesmätare	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	1 tim - 10 dagar
B11	Kvalitetsfel fällningsmedel	1 gång/15 år - 1 gång/20 år	2 tim - 4 dagar
B12	Komponent havererar	1 gång/10 år - 1 gång/20 år	1 tim - 2 dagar
B13	9 st omrörare havererar	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 - 4 dagar
B14	Haveri i självfallsledning	1 gång/25 år - 1 gång/50 år	1 - 4 dagar
B15	Filterbottenhaveri (innan infiltration) 5 st av 8 havererar	1 gång/1000 år - 1 gång/1500 år	6 - 12 månader
B16	Filterbottenhaveri snabbfilter	1 gång/500 år - 1 gång/1000 år	2 - 4 dagar
B17	Membranpumparna havererar (2 st)	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	4 - 5 tim
B18	Slangar/ledningar havererar/sätter igen	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	4 - 5 tim.
B19	Felhändelse dagtank	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	4 - 5 tim
B20	Kemikaliebehållarna går sönder (2 st)	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 tim - 2 dagar
B21	Flödesmätare (mäter till lågres.) havererar	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	1 tim - 3 dagar
B22	Båda klormätarna havererar (2 st)	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 tim - 2 dagar
B23	Flödesm./ventil för spädvatten havererar	1 gång/3 år - 1 gång/5 år	1 tim - 2 dagar
B24	Felhändelse dos.skruv/upplösning/beredare	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 tim - 4 dagar
B25	Mellanalk.pump havererar (2 st)	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 tim - 6 dagar
B26	Efteralk.pump (2 st) havererar	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	1 tim - 3 dagar
B27	Igensättning doseringsledning (2 st)	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 tim - 3 dagar
B28	Blåsmaskin till silo havererar (2 st)	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 - 16 dagar
B29	Mobiltelefoni samt LAC fungerar ej	1 gång/30 år - 1 gång/50 år	1 - 2 timmar
B30	Fel i styrsystem/övervakning/LAC	1 gång/30 år - 1 gång/50 år	1 - 2 timmar
B31	Brand i VV	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	0,5-2 timmar
B32	Brand i ställverk		
B33	Låg/högres. kan ej komp. <i>q = Sannolikhet att kompensationen inte är tillgänglig när den behövs</i>	Tid kompensation är möjlig: 2 - 4 timmar <i>q = 2 - 3 timmar underhåll/2 år</i>	
B34	Fördröjning i infiltration kan ej kompensera <i>q = Sannolikhet att kompensationen inte är tillgänglig när den behövs</i>	Tid kompensation är möjlig: 1 - 3 veckor <i>q = Sannolikhet att Eker eller Bista/Jägarbacken blir förorenat = ca 7 %</i>	
B35	2 sediment.linjer havererar (4 st totalt)	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 - 3 veckor
B36	Underspolspump (1 st) havererar, innan inf.	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	1 - 2 veckor
B37	Underspolspump (1 st) havererar, retur från Eker	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	1 - 2 veckor
B38	Trafikolycka med drivmedelstank (Eker)	1 gång/100 år - 1 gång/300 år	6 mån - 1 år
B39	Trafikolycka med dieseltankbil (Eker)	1 gång/2000 år - 1 gång/3000 år	1 - 2 år
B40	Utsläpp av bekämpningsmedel (Eker)	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 - 2 år

B41	Trafikolycka med drivmedelstank (Jägarb./Bista)	1 gång/10 år - 1 gång/20 år	6 mån - 1 år
B42	Trafikolycka med dieseltankbil (Jägarb./Bista)	1 gång/1500 år - 1 gång/2500 år	1 - 2 år
B43	Utsläpp av bekämpningsmedel (Jägarb./Bista)	1 gång/200 år - 1 gång/300 år	1 - 2 år
B44	Fördröjning i infiltration kan ej kompensera <i>q = Sannolikhet att kompensationen inte är tillgänglig när den behövs</i>	Tid kompensation är möjlig: 1-3 veckor q = Sannolikhet att Eker eller Bista/Jägarbacken blir förorenat = ca 7 %	
B45	Ledningshaveri på den del av ledningssträckan som är singel	1 gång/10 år - 1 gång/20 år	1 - 2 veckor
B46	Brand i ställverk	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 vecka - 1 månad
B47	Båda ledningarna havererar	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 vecka - 1 månad
B48	Brand i ställverk	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 vecka - 1 månad
B49	Utebliven leverans från Eker infiltrationsområde	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 vecka - 1 månad
B50	Utebliven leverans från Bista och Jägarbacken infiltrationsområde	1 gång/200 år - 1 gång/500 år	1 vecka - 1 månad
B51	Elnätets el ej levererad	3 - 5 ggr/år	1 min - 3 tim.
B52	2 av 3 reservsaggregat havererar Inndata för händelserna B57 och B58 är uppskattade på nivån ovanför i felträdet, för händelsen "Brand".	1 gång/100 år - 1 gång/300 år	1 timma - 1 mån.
B53	Brand Skrämssta VV	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 dag - 3 mån.
B54	Brand ställverk		
B55	Mobiltelefoni samt LAC fungerar ej	1 gång/30 år - 1 gång/50 år	1 - 2 timmar
B56	Fel i styrsystem/övervakning/LAC	1 gång/30 år - 1 gång/50 år	1 - 2 timmar

q när R12, B34 och B44 när trafikolyckorna inte tas med i riskanalysen

q = Sannolikhet att kompensationen inte är tillgänglig när den behövs

q i detta fallet är andel av tiden som underhåll uppskattas till: 10-12 timmars underhåll/5 år

D1	Lågres./högres. kan ej komp. <i>q = Sannolikhet att kompensationen inte är tillgänglig när den behövs</i>	Tid kompensation är möjlig: 2-4 timmar q = 2 - 3 timmar underhåll/2 år	
D2	Nödpumpar i ventilstation havererar	1 gång/200 år - 1 gång/400 år	2 veckor - 1,5 månad
D3	Mekaniskt pumphaveri/underhåll	1 gång/500 år - 1 gång/1000 år	2 veckor - 1 månad
D4	Nödpumpar i ventilstation havererar	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	2 veckor - 1 månad
D5	Brand i ställverk el kabelstege	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 vecka - 1 månad
D6	Nödpumpar i ventilstation havererar	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	2 veckor - 1 månad
D7	Mekaniskt pumphaveri/underhåll	1 gång/1000 år - 1 gång/1500 år	2 veckor - 1 månad
D8	Nödpumpar i ventilstation havererar	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	2 veckor - 1 månad
D9	Brand i ställverk el kabelstege	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 vecka - 1 månad
D10	Elnätets el ej levererad	3 - 5 ggr/år	1 min - 3 tim.
D11	2 av 3 reservsaggregat fungerar ej	1 gång/100 år - 1 gång/300 år	1 timma - 1 mån.
D12	Nödpumpar i ventilstation havererar (3 st)	1 gång/200 år - 1 gång/400 år	2 veckor - 1,5 månad
D13	Haveri sugledning från lågres.	1 gång/150 år - 1 gång/300 år	2 veckor - 1 månad

Vattenförsörjning från Vättern

Nr.	Felhändelse	Återkomsttid	Varaktighet
R1	Trafikolycka som orsakar förorening	1 gång/5000 år - 1 gång/7000 år	1 tim - 1 dag
R2	Mikrobiell förorening i råvattnet	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	8 - 20 timmar
R3	Försämrat råvatten pga. lokal naturlig variation	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 - 2 timmar
R4	Extrem olycka	1 gång/5000 år - 1 gång/10000 år	1 tim - 1 dag
R5	Kärnkraftsolycka	-	-
R6	Långsiktigt försämrad råvattenkvalitet	-	-
R7	Lågres./högres. kan kompensera <i>q = Sannolikhet att kompensationen inte är tillgänglig när den behövs</i>	Tid kompensation är möjlig: 2-4 timmar q = 2 - 3 timmar underhåll/2 år	
R8	Haveri råvattenintag 1	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	1 dag - 3 veckor
R9	Haveri råvattenintag 2	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	1 dag - 3 veckor
R10	Ledning havererar	1 gång/200 år - 1 gång/300 år	2 dagar - 2 veckor
R11	Ras i bergtunnel, driftstopp	1 gång/400 år - 1 gång/2000 år	1 - 2 veckor
R12	Revision bergtunnel	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	1 - 2 veckor
R13	Stängning av intag pga kvalitetsfel	1 gång/200 år - 1 gång/300 år	1 dag - 1 mån
B1	Haveri mikrosil	1 gång/10 år - 1 gång/50 år	1 dag - 2 dagar
B2	Filtergenombrott	1 gång/20 år - 1 gång/50 år	1 - 12 tim
B3	Mikrobiologisk genomsläpp efter rensning	1 gång/30 år - 1 gång/50 år	2 tim - 2 dagar
B4	Förändrad vattensammansättning	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	2 tim - 2 dagar
B5	Komponent havererar	1 gång/20 år - 1 gång/40 år	1 tim - 2 dagar
B6	Pumpar havererar (2 st)	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	4 - 5 tim.
B7	Slangar/ledningarna havererar/sätter igen	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	4 - 5 tim.
B8	Felhändelse dagtank	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	4 - 5 tim
B9	Kemikaliebehållarna går sönder (2 st)	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 tim - 2 dagar
B10	Fel vid dosering av hypoklorit	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	1 tim - 2 dagar
B1b	Haveri mikrosil	1 gång/10 år - 1 gång/50 år	1 dag - 2 dagar
B2b	Filtergenombrott	1 gång/20 år - 1 gång/50 år	1 - 12 tim
B3b	Mikrobiologisk genomsläpp efter rensning	1 gång/30 år - 1 gång/50 år	2 tim - 2 dagar
B4b	Förändrad vattensammansättning	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	2 tim - 2 dagar
B5b	Komponent havererar	1 gång/20 år - 1 gång/40 år	1 tim - 2 dagar
B6b	Pumpar havererar (2 st)	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	4 - 5 tim.
B7b	Slangar/ledningarna havererar/sätter igen	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	4 - 5 tim.
B8b	Felhändelse dagtank	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	4 - 5 tim
B9b	Kemikaliebehållarna går sönder (2 st)	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 tim - 2 dagar
B10b	Fel vid dosering av hypoklorit	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	1 tim - 2 dagar
B12	Mobiltelefoni samt LAC fungerar ej	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 - 2 timmar
B13	Fel i styrsystem/övervakning/LAC	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 - 2 timmar
B14	Brand i vattenverk	1 gång/200 år - 1 gång/300 år	0,5 - 1 timmar
B15	Brand i ställverk		
B16	Lågres./högres. kan ej kompensera <i>q = Sannolikhet att kompensationen inte är tillgänglig när den behövs</i>	Tid kompensation är möjlig: 2-4 timmar q = 2 - 3 timmar underhåll/2 år	
B17	Produktionsstopp pga. kvalitetsfel i beredningsstegen	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 dag - 1 månad
B18	Utrustning i VV havererar	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 dag - 1 månad
B19	Elnätets el ej levererad	3 - 5 ggr/år	1 min - 3 tim.
B20	Reservsaggregat havererar	1 gång/100 år - 1 gång/300 år	1 timma - 1 mån.
B21	Brand i vattenverk	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 dag - 3 mån.
B22	Brand i ställverk		
B23	Mobiltelefoni samt LAC fungerar ej	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	1 - 2 timmar
B24	Fel i styrsystem/övervakning/LAC	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	1 - 2 timmar
B16b	Lågres./högres. kan ej kompensera <i>q = Sannolikhet att kompensationen inte är tillgänglig när den behövs</i>	Tid kompensation är möjlig: 2-4 timmar q = 2 - 3 timmar underhåll/2 år	
B17b	Produktionsstopp pga. kvalitetsfel i beredningsstegen	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 dag - 1 månad
B18b	Utrustning i VV havererar	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 dag - 1 månad
B19b	Elnätets el ej levererad	3 - 5 ggr/år	1 min - 3 tim.
B20b	Reservsaggregat havererar	1 gång/100 år - 1 gång/300 år	1 timma - 1 mån.
B21b	Brand i vattenverk	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 dag - 3 mån.
B22b	Brand i ställverk		
B23b	Mobiltelefoni samt LAC fungerar ej	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	1 - 2 timmar
B24b	Fel i styrsystem/övervakning/LAC	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	1 - 2 timmar
D1	Brott på överföringsledning	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	12 tim - 3 dagar
D2	Lågres./högres. kan ej kompensera <i>q = Sannolikhet att kompensationen inte är tillgänglig när den behövs</i>	Tid kompensation är möjlig: 2-4 timmar q = 2 - 3 timmar underhåll/2 år	
D3	Mekaniskt pumphaveri	1 gång/1000 år - 1 gång/1500 år	1 vecka - 1 månad
D4	Elnätets el ej levererad	3 - 5 ggr/år	1 min - 3 tim.
D5	Reservsaggregat fungerar ej	1 gång/100 år - 1 gång/300 år	1 timma - 1 mån.
D6	Ställverksbrand	1 gång/200 år - 1 gång/400 år	1 vecka - 1 månad
D7	Ledningshaveri	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	2 veckor - 1 månad

Vattenförsörjning från Mogetorp

Nr.	Felhändelse	Återkomsttid	Varaktighet
R1	Trafikolycka med drivmedelstank som brister	1 gång/200 år - 1 gång/300 år	1 tim - 1 dag
R2	Trafikolycka med dieseltankbil	1 gång/1500 år - 1 gång/2000 år	1 tim - 1 dag
R3	Bekämpningsmedel i Järleån	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	1 tim - 7 dagar
R4	Mikrobiell förorening i råvattnet (uppströms)	6 ggr/2 år - 1 gång/5 år	8 - 20 timmar
R5	Försämrad råvattenkvalitet pga. lokal naturlig variation	2 - 6 ggr/år	1 - 2 timmar
R6	Extrem olycka	1 gång/500 år - 1 gång/1000 år	1 tim - 1 dag
R7	Kärnkraftsolycka	-	-
R8	Långsiktigt försämrad råvattenkvalitet	-	-
R9	Fördröjning i inf. kan ej komp.	1 - 3 veckor	
R10	Råvattenintag havererar	1 gång/30 år - 1 gång/100 år	2 dgr - 2 veckor
R11	Pumphaveri	1 gång/200 år - 1 gång/400 år	2 dagar - 1,5 mån
R12	Ledning havererar	1 gång/200 år - 1 gång/300 år	2 dagar - 2 veckor
R13	Försämrat råvatten pga. lokal naturlig variation	2 - 6 ggr/år	2 - 4 dgr
R14	Stängning av intag pga. kvalitetsfel	1 gång/100 år - 1 gång/1000 år	1 dag - 3 mån
R15	Trafikolycka med drivmedelstank som brister	1 gång/500 år - 1 gång/700 år	6 mån - 1 år
R16	Trafikolycka med dieseltankbil	1 gång/2000 år - 1 gång/3000 år	1 - 2 år
B1	Felhändelse kolsyradosering (2 linjer)	Ges samma fördelning som kalk i Örebro-trädet	
B2	Fel vid dosering av PAC (2 linjer)	1 gång/2 år - 1 gång/5 år	Ges samma fördelning som PAC i Örebro-trädet
B3	Uppstopning i del av filter (ex. skorpa bildas)	1 gång/10 år - 1 gång/30 år	5 tim - 4 dagar
B4	Mammutpumpar/kompressor fungerar inte	1 gång/10 år - 1 gång/20 år	10 tim - 3 dagar
B5	Veckad plåt går sönder	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	1 timma - 1 vecka
B6	Filterbottenhaveri (innan infiltration) i 60% av filtren	1 gång/500 år - 1 gång/1000 år	6 - 12 månader
B7	Fel vid dosering av PAC (2 linjer)	1 gång/2 år - 1 gång/5 år	Ges samma fördelning som PAC i Örebro-trädet
B8	Fel vid dosering av polymer (2 linjer)	1 gång/2 år - 1 gång/5 år	Ges samma fördelning som polymer i Örebro-trädet
B9	Fel vid tillsättning av sand (2 linjer)	1 gång/10 år - 1 gång/20 år	1 tim - 2 dagar
B10	Omrörningsfel	1 gång/10 år - 1 gång/20 år	1 timma - 2 dagar
B11	Komponent havererar	1 gång/2 år - 1 gång/10 år	1 - 24 timmar
B12	Skrapan fungerar ej	1 gång/20 år - 1 gång/30 år	1 - 24 timmar
B13	Filterbottenhaveri (retur från inf.) i 60% av filtren	1 gång/1000 år - 1 gång/1500 år	6 - 12 månader
B14	Felhändelse pH-justering	Ges samma fördelning som kalk i Örebro-trädet	
B15	Minskad UV-dos	1 gång/50 år - 1 gång/100 år	2 tim - 2 dagar
B16	Komponent havererar	1 gång/20 år - 1 gång/40 år	1 tim - 2 dagar
B17	Kommunikationsfel	1 gång/15 år - 1 gång/25 år	1 - 2 timmar
B18	Brand	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	0,5 - 2 timmar
B19	Lågres./Högres. kan ej komp. <i>q = Sannolikhet att kompensationen inte är tillgänglig när den behövs</i>	Tid kompensation är möjlig: 2-4 timmar <i>q = 2 - 3 timmar underhåll/2 år</i>	
B20	Fördröjning i infiltration kan ej komp. <i>q = Sannolikhet att kompensationen inte är tillgänglig när den behövs</i>	Tid kompensation är möjlig: 1-3 veckor <i>q = Sannolikhet att Hammarby eller Mogetorp inf.omr. blir förorenat = ca 1,5%</i>	
B21	Fel i DynaSand, ex. komp./mammutpumpar havererar	1 gång/10 år - 1 gång/20 år	10 timmar - 3 dagar
B22	Båda underspolspumparna havererar (innan inf.)	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 - 2 veckor
B23	Båda underspolspumparnahavererar (retur från inf.)	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 - 2 veckor
B24	Trafikolycka med drivmedelstank som brister (Hammarby inf.omr.)	1 gång/200 år - 1 gång/300 år	6 mån - 1 år
B25	Trafikolycka med dieseltankbil (Hammarby inf.omr.)	1 gång/2500 år - 1 gång/3000 år	1 - 2 år
B26	Utsläpp av bekämpningsmedel (Hammarby inf.omr.)	1 gång/300 - 1 gång/500 år	1 - 2 år
B27	Trafikolycka med drivmedelstank som brister (Mogetorp inf.omr.)	1 gång/200 år - 1 gång/300 år	6 mån - 1 år
B28	Trafikolycka med dieseltankbil (Mogetorp inf.omr.)	1 gång/2500 år - 1 gång/3000 år	1 - 2 år
B29	Utsläpp av bekämpningsmedel (Mogetorp inf.omr.)	1 gång/300 - 1 gång/500 år	1 - 2 år
B30	Fördröjning i infiltration kan ej komp. <i>q = Sannolikhet att kompensationen inte är tillgänglig när den behövs</i>	Tid kompensation är möjlig: 1-3 veckor <i>q = Sannolikhet att Hammarby eller Mogetorp inf.omr. blir förorenat = ca 1,5%</i>	
B31	Pumphaveri/Brand i ställverk	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 vecka - 1 månad
B32	Ledningshaveri (dubblerad och sektionerad ledning)	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 vecka - 1 månad
B33	Pumphaveri/Brand i ställverk	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 vecka - 1 månad
B34	Ledningsfel (dubblerad och sektionerad ledning)	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 vecka - 1 månad
B35	Utebliven leverans från Hammarby inf.omr.	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 vecka - 1 månad
B36	Utebliven leverans från Mogetorp inf.omr.	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 vecka - 1 månad
B37	Elnätets el ej levererad	3 - 5 gånger/år	1 min - 3 tim
B38	Reservelsaggregat fungerar ej	1 gång/100 år - 1 gång/300 år	1 tim - 1 mån
B39	Brand	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	1 dag - 3 mån
B40	Kommunikationsfel	1 gång/15 år - 1 gång/25 år	1 - 2 timmar
D1	Brott på överföringsledning	1 gång/100 år - 1 gång/200 år	12 tim - 3 dagar
D2	Ledningshaveri (sektionerad och dubblerad från VV till Eker)	1 gång/200 år - 1 gång/300 år	1 - 2 veckor
Kompensationsgrind vid ihopsättning av Mogetorp-trädet och Örebro-trädet:			
	Ej möjlig komp. pga begränsad uttagsmöjlighet i Järleån	1 gång/3 år - 1 gång/8 år	2 - 4 veckor

Skulle en radiologisk/nukleär olycka i Sverige eller utomlands kunna innebära att Vätterns vatten skulle kunna bli signifikant kontaminerat map dricksvattenkvalitet?

Bakgrund

Sjön Vättern har en yta av ca 1900 km², ett maxdjup på 120 m och ett medeldjup av ca 40 m och en total vattenvolym av ca 77.6 km³. Vätterns tillrinningsområde har en total yta av ca 6400 km² [1]. Tillflöden till Vättern sker från 6 större och 16 mindre åar, bl.a. genom Forsviksån från sjöarna Unden och Viken, Tabergsån, Huskvarnaån, Göta kanal. Genomsnittlig vattenutbytestid är ca 60 år [2]. Vättern klassificeras som näringsfattig (ultraoligotrof) men har i vissa områden en betydande sedimentation [2]. Bottenkarteringsstudier har visat på sedimenttillväxter mellan 4-7 mm/år [3]. På grund av den långa vattenutbytestiden är det rimligt att antaga en snabb mixing av föroreningar i Vätterns vattenvolym jämfört med utflödesprocessen.

Tänkbara risker för allvarlig radionuklidkontaminering av Vätterns vatten.

1. Olycka i samband med transport av radioaktivt gods. Transporter av radionuklider på landsväg är vanligt förekommande i Sverige, framförallt transporter av radiofarmaka till sjukhusen i Sverige. Transporterna sker vanligtvis i ordinära pick-up eller lastbilar, men även i taxi. I regel transporteras kortlivade radionuklider, fysikalisk halveringstid om timmar till dagar, ex. ¹⁸F, ⁹⁹Mo/^{99m}Tc, ¹³¹I. Transportade kollin har vanligtvis aktiviteter av MBq-GBq. Dessa transporter utgör ingen risk för signifikant kontaminering av Vätterns vatten, dvs. även om en transports hela radioaktivitet skulle läcka ut i Vättern blir aktivitetskoncentrationen i vattnet pga utspädning helt försumbar ur risksynpunkt. Transporten av mer långlivade radionuklider (månader till 100-tals år) som ⁶⁰Co, ¹³⁷Cs, ¹⁹²Ir, U-isotoper med hög aktivitet sker dels mycket mer sällan, dels sker transporterna i strålnings säkra och transportsäkra behållare, och strålkällorna är i de allra flesta fall i fast form. Skulle en sådan strålkälla i fast form hamna i Vätterns vatten kan man räkna med lång fördröjning innan radioaktiviteten blir löst i vattnet. Det bör därmed finnas goda möjligheter att hinna bärga strålkällan innan läckage börjar ske.
2. Antagonistisk spridning av radioaktivitet. Inom Sveriges beredskap för kärntekniska (RN)-olyckor samlas idag kunskap och förmåga att hantera scenarier med antagonistisk spridning av radioaktivitet, ex. smutsiga bomber. Denna spridning skulle kunna innehålla långlivade radionuklider med avsevärd radioaktivitet för att dels skapa belastning på samhällen och samtidigt orsaka hälsoeffekter genom kontaminering och direkt exponering. En sådan händelse skulle kunna kontaminera områden och också vattentäkter. Troligt är dock att radionukliderna är i fast form vilket fördröjer att radionukliden blir löst i vattnet. Vår bedömning är att Vätterns stora vattenvolym effektivt skulle späda radionukliderna till ofarliga nivåer.
3. Kärnkraftsolyckor. Allvarliga kärnkraftsolyckor kan innebära kraftiga utsläpp och nedfall av radionuklider, ex. Tjernobylolyckan drabbade Sverige i högsta grad. Stora mängder radioaktivt jod och Cs föll ned över Sverige genom ofördelaktiga utsläpps- och väderförhållanden. Cirka 5% av det totala utsläppet av ¹³⁷Cs regnade ned i Sverige,

framförallt i centrala och norra Sverige. I medeltal blev markkontamineringen i Sverige 4.6 kBq/m², med maxvärden på ca 200 kBq/m²[5]. I det korta perspektivet (veckor) dominerade kortlivade radionuklider i nedfallet där ¹³¹I var den mest dominerande radiologiskt, med markkoncentrationer cirka 15 ggr. högre än för ¹³⁷Cs.

Olyckan i Tjernobyl skedde i en äldre reaktortyp med en konstruktion som inte uppfyller kraven på reaktorsäkerhet i Sverige. Kärnkraftshaveriet i Fukushima 2011 skedde dock i reaktorer med grundkonstruktion som svenska reaktorer, förvisso i första och andra generationens reaktorer. I svenska reaktorer finns utöver de säkerhetssystem de japanska reaktorerna har ett filtersäkerhetssystem, Filtra, som har som funktion att fördröja luftburna utsläpp och till stor del förhindra utsläpp av partikulär form.

Vilka scenarier för kärnkraftsolyckor kan man tänka sig som skulle kunna kontaminera Vätterns vatten signifikant? Ett totalhaveri vid ett svenskt kärnkraftverk kan inte helt uteslutas, antingen genom felfunktion eller genom antagonistiska inslag. Detsamma gäller kärnkraftverk i våra grannländer med rimliga avstånd till Vättern (10-tals mil); de svenska verken befinner sig på avstånd 15-25 mil från Vättern. Effekterna av sådana olyckor map utsläpp och spridning simuleras kontinuerligt i kärnsäkerhetsbranschen genom modellberäkningar, men är alltför komplex för att göra rimlighetsbedömningar och bedömningar av konsekvenser här. Vi har istället valt att göra en enkel rimlighetsbedömning av kontaminering baserad på nedfallet från Tjernobyl i Sverige.

Till att börja med bortser vi från effekter av nedfall av kortlivade radionuklider (timmar-månader) eftersom huvuddelen av dessa, efter spädning i Vätterns vatten, hinner sönderfalla innan det når dricksvattenuttagen. Av de mer långlivade radionukliderna som förekommer i reaktorerna och som förekommit i utsläpp från kärnkraftsolyckor är ¹³⁴Cs och ¹³⁷Cs de helt dominerande map aktivitet och radiotoxicitet.

- a. Beräkning baserad på högst uppmätta nedfallet i Sverige efter Tjernobylolyckan. Antag nedfall i Vättern av 200 kBq/m² ¹³⁷Cs och 100 kBq/m² ¹³⁴Cs. Detta medför ett totalt nedfall över Vättern om 3.8 10¹⁴ Bq av ¹³⁷Cs och 1.9 10¹⁴ Bq av ¹³⁴Cs. Om vi sedan konservativt antar att sedimentationen är obefintlig och att Cs späds ut jämnt i vattenfasen, blir koncentrationen i vattnet;
¹³⁷Cs: 4.9 Bq/L, ¹³⁴Cs: 2.4 Bq/L. Om vi vidare antar att inget Cs filtreras innan vattnet når dricksvattenkonsumenten skulle samma koncentration återfinnas i dricksvattnet. Om vi vidare antar en vattenkonsumtion av 2 L/dag, skulle det innebära ett teoretiskt intag av ca 3.6 kBq ¹³⁷Cs och 1.8 kBq ¹³⁴Cs per år. Vilken strålningsexponering skulle ett sådant intag medföra? Med hjälp av doskoefficienter framtagna av den internationella strålskyddsmyndigheten ICRP [4]; ¹³⁷Cs: 1.3 10⁻⁸ Sv/Bq, ¹³⁴Cs: 1.9 10⁻⁸ Sv/Bq, erhålls följande årsdos: **0.08 mSv/år.**
- b. Beräkning baserad på medelnedfallet i Sverige efter Tjernobylolyckan. Antag nedfall i Vättern av 4.6/m² kBq ¹³⁷Cs och 2.3/m² kBq ¹³⁴Cs. Med samma antaganden och beräkningsmetodik som under a. ovan erhålls en årsdos av ca **0.002 mSv/år.**

Doser vid dessa nivåer innebär en helt försumbar risk för sena strålningseffekter, både på individ- och kollektiv nivå. Som jämförelse kan nämnas att den naturliga bakgrundsstrålningen inkl. Rn-

exponering i våra hem medför årliga stråldoser av ca 2 mSv i medeltal i Sverige. Tillskottet från exemplet ovan är obetydligt i sammanhanget. I exemplet är beräkningen konservativ, dvs. troligen skulle strålningsdoserna bli väsentligt lägre. Å andra sidan har tillskott från tillflöden till Vättern inte inkluderats i beräkningen, vilket eventuellt skulle addera något till stråldosen.

Sammanfattning:

Vi har försökt göra en enkel bedömning av möjligheter till signifikant radionuklidkontaminering av Vätterns vatten. Slutsatsen är att med utgångspunkt från idag kända spridningsvägar och kända typer av olyckor är det inte sannolikt att Vättern skulle kunna kontamineras till en grad som skulle medföra en hälsorisk för dricksvattenkonsumenten. När det gäller antagonistisk spridning av radioaktivitet är det självklart svårare att förutsäga omfattning av kontaminering, men tack vare Vätterns stora vattenvolym skulle det krävas oerhörda strålkällor för att få signifikanta koncentrationer i vattnet.

1. SMHI. www.smhi.se
2. Sofia Dahl & Charlotta Rosenqvist. Näringsvävsmodell i Vättern. Inst för geovetenskaper, Uppsala Universitet. ISSN 1401-5765, Uppsala 2004. <http://www.w-program.nu/filer/exjobb/SofiaDahlCHRosen.doc>
3. Jonsson, P. & Karlsson, M. Bottenkartering av ammunitionsdumpingsplatser i Vätern, Vättern och Bråviken september 2003. <http://www.jp-sedimentkonsult.se/texter/rapporter.html>
4. ICRP. Compendium of dose coefficients based on ICRP 60. ICRP publication 119, Vol 41, Suppl. 1, 2012.
5. SSI. *Kärnkraftolyckan i Tjernoby: en sammanfattning femton år efter olyckan. SSI- Rapport 2001:07. ISSN 0282-4434.*

Håkan Pettersson
Strålskyddsfysiker, Doc

Axel Israelsson
Sjuhusfysiker, doktorand

Avd för medicinsk radiofysik, IMH
Linköpings universitet