



Nr U 5831  
Juni 2017

# Hållbar markanvändning i Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde

Etapp 1: Metodbeskrivning av föreslagen  
riskhanteringsprocess samt redovisning av  
riskanalys av programområde Ulleråker

På uppdrag av Uppsala kommun, Stadsbyggnadsförvaltningen

Ann-Sofie Allard, Daniel Edlund, Hanna Matschke Ekholm, Johan Strandberg, Karin Eliaeson, Lars Rosenqvist, Marcus Liljeberg, Mikael Olshammar och Erik Lindblom (redaktör)



**Författare:** Ann-Sofie Allard, Daniel Edlund, Hanna Matschke Ekholm, Johan Strandberg, Karin Eliaeson, Lars Rosenqvist, Marcus Liljeberg, Mikael Olshammar och Erik Lindblom (redaktör)

**På uppdrag av:** Uppsala kommun, Stadsbyggnadsförvaltningen

**Rapportnummer** U 5831

**© IVL Svenska Miljöinstitutet 2017**

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel 010-788 65 00 // Fax 010-788 65 90 // [www.ivl.se](http://www.ivl.se)

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

# Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	6
Bakgrund och syfte .....	6
Tillämpning på Ulleråker .....	6
Beskrivning av Ulleråker .....	8
Metodbeskrivning.....	9
Riskhanteringsprocess .....	9
Beräkning av sannolikhet.....	10
Beräkning av konsekvens.....	10
Grund för bedömning av konsekvens .....	10
Användning av resultatet.....	11
Fortsatt arbete .....	12
Ordförklaring.....	12
1 Inledning .....	14
1.1 Uppdraget .....	14
1.1.1 Uppsala kommuns säkerhetsmål för grundvatten.....	14
1.1.2 Målsättning jämfört med tidigare riskanalys.....	15
1.1.3 Pågående processer.....	15
1.2 Läsanvisningar .....	16
1.3 Genomförande .....	16
1.3.1 Projektorganisation.....	16
1.3.2 Delresultat .....	17
2 Riskhanteringsprocess .....	18
2.1 Omfattning .....	18
2.2 Övergripande avgränsningar för riskhanteringsprocessen .....	19
2.3 Steg 1 – Riskinventering .....	19
2.3.1 Val av skyddsobjekt.....	20
2.3.2 Val av hänsynskrav.....	21
2.3.3 Val av riskobjekt.....	24
2.3.4 Identifiering av skadehändelser.....	27
2.4 Steg 2 – Riskanalys .....	28
2.4.1 Sannolikhet .....	28
2.4.2 Metod för att skatta konsekvens av diffus belastning.....	30
2.4.3 Metod för att beräkna konsekvens av punktbelastning .....	30
2.4.4 Klassning av beräknade och skattade konsekvenser .....	40
2.4.5 Risknivå .....	41
2.5 Steg 3 – Riskhantering .....	43
2.5.1 Värdering av risk .....	43
2.5.2 Systematisk riskreduktion.....	45
2.6 Fortsatt utveckling av riskhanteringsprocessen.....	45
3 Beskrivning av området.....	46
3.1 Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde .....	46

3.2	Skyddsobjekt och hänsynskrav.....	47
3.2.1	Nuvarande status enligt vattenförvaltningen.....	47
3.2.2	Uppmätta bakgrundshalter i Uppsalaåsen-Uppsala .....	48
3.2.3	Bedömda effekter på skyddsobjektet till följd av ett förändrat klimat .....	52
3.3	Uppsalas dricksvattenproduktion .....	53
3.4	Naturlig kontakt mellan Fyrisån och Uppsalaåsen .....	54
3.5	Diffus vardagsbelastning från olika markanvändningar .....	54
<b>4</b>	<b>Beskrivning av Ulleråkerområdet .....</b>	<b>59</b>
4.1	Ulleråker idag .....	59
4.1.1	Lokalisering .....	59
4.1.2	Strukturgeologi .....	60
4.1.3	Sårbarhetszonering.....	62
4.1.4	Diffus vardagsbelastning från nuvarande markanvändning .....	63
4.1.5	Utgångspunkter för riskanalysen .....	65
4.2	Planerad utbyggnad .....	66
4.2.1	Vision och mål enligt planprogrammet.....	66
4.2.2	Utgångspunkter för riskanalysen .....	68
<b>5</b>	<b>Riskanalys av programområde Ulleråker.....</b>	<b>70</b>
5.1	Avgränsningar och antaganden.....	70
5.2	Riskobjekt och skadehändelser .....	71
5.3	Skattning av sannolikheter och konsekvenser för analyserade skadehändelser .....	73
5.3.1	Diffus vardagsbelastning.....	74
5.3.2	Trafikolyckor .....	76
5.3.3	Bränder .....	81
5.3.4	Utsläpp av farligt ämne.....	85
5.3.5	Spill av bekämpnings- och gödningsmedel .....	86
5.3.6	Läckage från dagvatten- och spillvattenledningar .....	87
5.3.7	Förorenade områden .....	88
5.3.8	Miljöfarliga verksamheter .....	89
5.3.9	Halkbekämpning .....	89
5.3.10	Anläggningsarbeten och schakt .....	90
5.3.11	Källarkonstruktioner .....	91
5.3.12	Borrningar och borrhål .....	92
5.3.13	Katastrofer .....	93
5.3.14	Kemikaliesamhället .....	95
5.4	Slutsatser .....	96
<b>6</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>99</b>
6.1	Tillgänglig information.....	100
6.2	Modellering .....	100
6.3	Långsiktiga och storskaliga förändringar .....	101
6.4	Hantering av osäkerheter.....	102
<b>7</b>	<b>Fortsatt arbete.....</b>	<b>103</b>
7.1	Riskhantering för utbyggnad av Ulleråker i pågående detaljplaneprocess .....	103
7.2	Metodutveckling och framtagande av riktlinjer för markanvändning i etapp 2 .....	103

8 Referenser..... 105

# Sammanfattning

## Bakgrund och syfte

Uppsalas befolkning ökar i snabb takt, men staden växer i nära anslutning till Uppsalaåsen, som tillsammans med Vattholmaåsen utgör en av Sveriges viktigaste grundvattenresurser. Det saknas reservvattentäkter som kan ersätta åsen och den bedöms även i framtiden försörja större delen av befolkningen i Uppsala kommun med dricksvatten. För att undvika att stadens utveckling hotar försörjningen för dricksvatten skriver Uppsala kommun i översiktsplanen från 2016 att man ska ta fram "en sammanvägd riskbedömning för hela Uppsalaåsen med en strategi för markanvändning i syfte att bevara åsen som vattenreservoar." Uppsala kommun har startat ett projekt för att under 2017 ta fram riktlinjer för hållbar markanvändning i Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde. Den första etappen av två är genomförd och omfattar:

- *Utveckling av en metod* för att inventera, analysera och hantera risker ur ett grundvattenperspektiv. En inventering av data och underlag som krävs för att kunna genomföra analysen har påbörjats. Utvecklingsarbetet kommer att slutföras under etapp 2, då riskbedömningen för hela tillrinningsområdet kommer att genomföras och uttryckas i termer av långsiktigt hållbar markanvändning. En extern referensgrupp bidragit med synpunkter på den framtagna metodiken.
- *Tillämpning av metoden* på stadsutvecklingsprojektet Ulleråker. Risker till följd av den planerade utbyggnaden av området har inventerats och analyserats. För att sätta Ulleråker i ett större sammanhang görs en utblick mot hela tillrinningsområdet. *Riskhanteringen*, det vill säga vilka åtgärder som ska vidtas för att reducera riskerna, ingår däremot inte i etapp 1. Resultatet av riskanalysen hanteras istället inom ramen för Uppsala kommuns pågående Ulleråkerprojekt och den tillhörande detaljplaneprocessen.

Målsättningen med projektet är att ge stöd för utvecklingen av staden, inklusive den planerade utbyggnaden i Ulleråker, så att den sker på ett sådant sätt att god kemisk och kvantitativ grundvattenstatus uppnås och behålls på både kort och lång sikt. Den metod som tas fram i projektet fokuserar därför på hur olika risker påverkar grundvattenkvaliteten i förhållande till gällande miljökvalitetsnormer (MKN) för grundvattnet och Livsmedelsverkets gränsvärden för dricksvatten. Riskbedömningarna görs så långt möjligt med ett långtidsperspektiv och med hänsyn tagen till kumulativa effekter.

## Tillämpning på Ulleråker

Sammantaget bedöms lokala och tillfälliga överskridanden av bedömda rikt- och gränsvärden bli vanligare eftersom ökad mänsklig närvaro och aktivitet i åsens närhet ökar risken för olyckor. Samtidigt bedöms risknivåerna för de analyserade skadehändelserna inte öka så mycket att den kemiska statusen i grundvattenförekomsten som helhet hotas. I riskanalysen har ingen hänsyn tagits till de planerade åtgärderna för skydd av grundvatten i Ulleråker, såsom val av byggnadsmaterial, bilbegränsande åtgärder eller högsta tillåtna hastighet. Analysen bygger på

generell tillgänglig statistik för Uppsala kommun, Uppsala län, Sverige eller internationell forskning.

Området som är aktuellt att bebygga ligger omedelbart invid och delvis på åskärnan. Det gör att områdets betydelse ur ett riskperspektiv är större än vad enbart areal och befolkning motiverar. Det är fallet redan idag. På lång sikt kan risknivån påverkas om miljöfarliga kemikalier hanteras i större kvantiteter än vad som är brukligt för privatpersoner. För att olyckor ska få genomslag i riskanalysen krävs att större mängder belastar grundvattnet.

Riskanalysen för olycksbelastning visar att utsläpp av bensin på åskärnan från en trafikolycka är den sällanhändelse som får högst risknivå, där MKN kan komma att överskridas lokalt med avseende på bensen. Konsekvensen bedöms bli ännu allvarligare om diesel eller eldningsolja släpps ut, men sannolikheterna för dessa utsläpp är lägre på grund av att trafikolyckor med lastbil är mindre vanliga. Bränsleutsläpp har i analysen kopplats till trafikolyckor, vilka i sin tur antagits öka proportionellt mot befolkningsökningen. Detta leder till en överskattning av sannolikheten, men påverkar inte beräkningen av konsekvensen som fortfarande är allvarlig lokalt. Slutsatsen med avseende på olycksbelastning blir att det är viktigt att se till att ett stort momentant utsläpp inte kan infiltrera marken.

Bränder i bilar och hus kommer, baserat på statistik från Uppsala, ske årligen i det framtida Ulleråker. Belastningen från det släckvatten som används vid dessa är dock (förutsatt att vatten används som släckmedel) så låg att denna riskhändelse inte bedöms kunna leda till överskridande av MKN, även om allt släckvatten skulle infiltrera i marken.

Förutom belastningen som kan orsakas av sällanhändelser sker en diffus vardagsbelastning av dagvatten. I bebyggd miljö omhändertas en stor del av dagvattnet, men även där sker en viss infiltration till marken. Den diffusa vardagsbelastningen bedöms bli dubbelt så stor från Ulleråker när området är fullt utbyggt, jämfört med dagens belastning. Samtidigt förväntas befolkningen tiofaldigas. Det saknas med andra ord en direkt koppling mellan belastning och befolkning. Belastningen skattas istället med hjälp av markanvändningen. Befolkningsökningen är väsentligt större än förändringen i till exempel total takareal, eftersom områdets befolkningstäthet ökar. Ökningen bedöms inte leda till att MKN överskrids med avseende på de ämnen där underlagsdata finns.

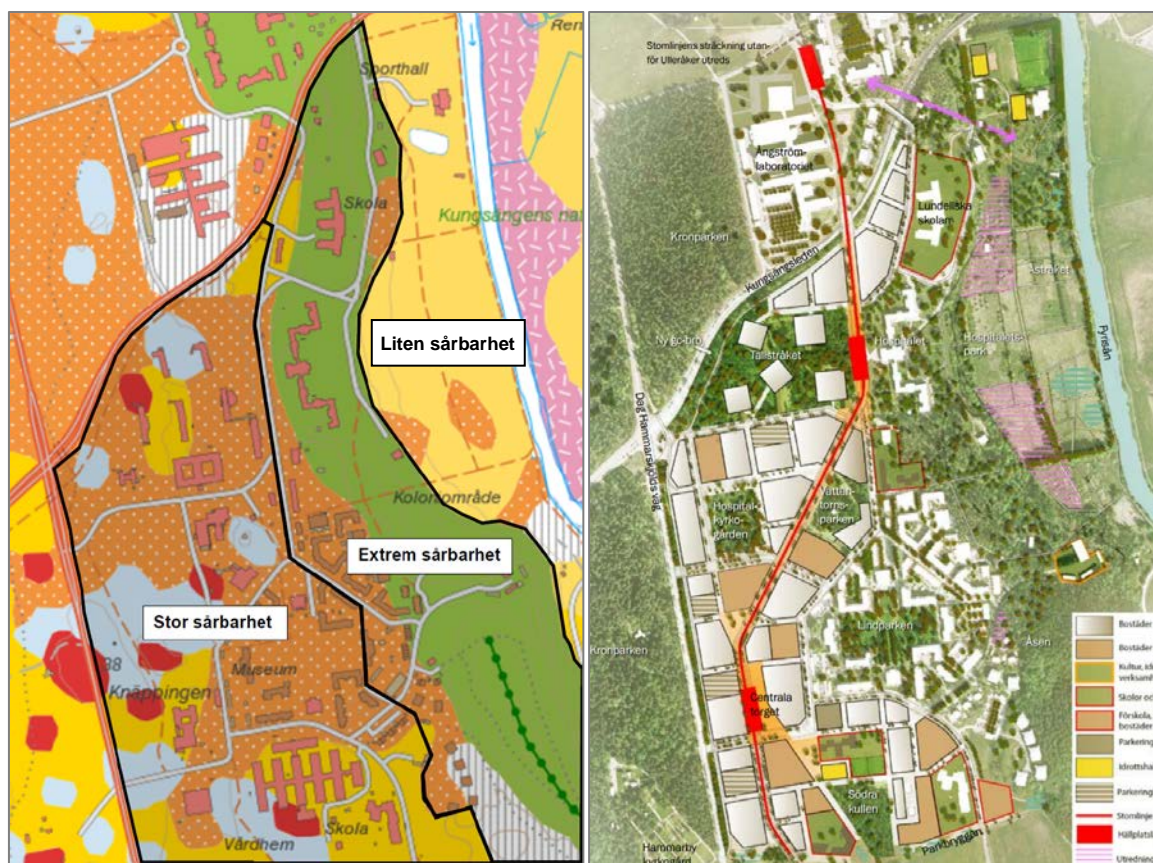
Idag överskrider två föroreningar MKN: PFAS och BAM. De nivåerna bedöms inte påverkas av utbyggnaden eftersom ämnena inte kommer hanteras i området. I framtiden kommer dock grundvattenförvaltningen helt säkert omfatta fler ämnen än idag. Det går inte idag att bedöma hur stor risken är för att dessa framtida MKN kommer att överskridas. Däremot antas dessa ämnen inte förekomma i större omfattning i Ulleråker än på andra ställen i Uppsala.

Även om riskanalysen fokuserar på situationen när Ulleråker är full utbyggt är det värt att peka på förhöjda risknivåer under anläggningsfasen, om inte tillräckliga åtgärder för att minska dessa risker vidtas. Ett ökat antal maskiner och tunga fordon i området kommer öka sannolikheten för utsläpp av petroleumprodukter. Till skillnad från vanliga trafikolyckor förekommer anläggningsmaskiner oftare utanför vägbanan och uppsamlade diken. Konsekvensen av ett spill från anläggningsmaskiner kan jämföras med de beräknade konsekvenserna för spill på grund av trafikolyckor. Anläggningsfasen har inte detaljstuderats i denna riskanalys.

# Beskrivning av Ulleråker

Ulleråker ligger i södra delen av Uppsala, mellan universitetsområdena Polacksbacken (Uppsala universitet) i norr och Ultuna (SLU) i söder. Inom en 15-årsperiod planeras omkring 7 000 nya bostäder att byggas, tillsammans med lokaler för offentlig och kommersiell service. Befolkningen beräknas maximalt att tiofaldigas från dagens omkring 2 000 invånare.

Uppsalaåsen sträcker sig från norr till söder rakt genom östra delen av Ulleråker. Här går åskärnan i dagen och saknar därför det naturliga skydd som de tjocka lerlagren utgör längs stora delar av åsen. Ungefär en tredjedel av programområdet har därför klassats som "extremt sårbart" med avseende på grundvattnet. Nybyggnationer, liksom vägar och parkeringsplatser kommer därför att koncentreras till området västra del, närmare Dag Hammarskjölds väg (figur 1). På så vis ökar man avståndet mellan det som hotar grundvattnet och själva grundvattenförekomsten. Hoten kan vara olika verksamheter och aktiviteter, till exempel trafik. De västra delarna täcks delvis av ett en till två meter tjockt lerlager. Under det finns siltig sand (ett finkornigt material). Jordlagren har en fördröjande förmåga vid ett utsläpp och klassas därför som ett område med "stor sårbarhet", det vill säga den näst högsta sårbarhetsklassen. Tillsammans med avståendet till åskärnan innebär det att det finns viss tid att genomföra saneringsinsatser innan utsläppet förorenar grundvattenförekomsten.



Figur 1. Till vänster visas Ulleråkers sårbarhetszonering. De dominerande jordarterna är åsmaterial (grön bakgrund), sand (orange) och lera (gul). Mindre inslag finns också av berg (röd bakgrund), morän (ljusblå) och fyllnadsmaterial (vitrandig). Till höger visas den planerade strukturen efter utbyggnad. Den nya bebyggelsen koncentreras till områdets västra del. Mobilitetsanläggningar för parkering och mobilitetstjänster placeras nära in- och utfart till Dag Hammarskjölds väg. Den röda linjen markerar den planerade stomlinjen för kollektivtrafik (strukturplan från Ulleråker planprogram antaget av kommunstyrelsen april 2016).



Uppsala kommun har långtgående planer på att Ulleråker ska bli en hållbar stadsdel, med tydligt fokus på bland annat trafiklösningar som främjar kollektiv-, cykel- och gångtrafik och grundvattenskydd. I området kommer det inte att tillåtas till exempel tillverkningsindustri eller andra verksamheter som får hantera eller lagra större mängder miljöstörande ämnen. Skulle markanvändningen ändras i framtiden så ändras också förutsättningarna för riskanalysen.

## Metodbeskrivning

När riskerna beskrivs har värden valts enligt försiktighetsprincipen. Det ger ett slags worst case, vilket inte alltid är ett troligt fall. Bland annat utgår riskanalysen från det nuvarande förslaget för planprogram, men tar inte hänsyn till riskreducerande åtgärder som inte är beslutade ännu. I det fortsatta planarbetet med Ulleråker kan Uppsala kommun välja att vidta ytterligare åtgärder för att reducera riskerna till ännu lägre nivåer.

Metoden skiljer sig från den tidigare riskanalysen för Ulleråker, som genomfördes av Sweco 2015, särskilt på tre punkter:

- *Riskinventeringen har breddats och omfattar fler händelser, inklusive diffus vardagsbelastning från infiltrerande dagvatten och mänsklig närvaro.* Det har gjorts genom att dels ta tillvara synpunkter från samrådet, dels utöka och bredda projektgruppens sammansättning.
- *Riskanalysen bygger i högre utsträckning på beräkningar än bedömningar utifrån lokala förutsättningar,* bland annat för att öka transparensen i slutsatserna. Så långt möjligt bygger sannolikheter på empirisk olycksstatistik från Räddningstjänsten i Uppsala, MSB, Brandskyddsföreningen och Transportstyrelsen. Konsekvenser uttrycks i förhållande till MKN och gränsvärden för dricksvatten. För punktkällor beräknas de med hjälp av en kombination av vedertagna metoder och modeller, bland annat från Naturvårdsverkets riktvärdesmodell för förorenad mark. Vardagsbelastningen skattas med hjälp av StormTac, som bygger på en stor databas över kemiskt innehåll i dagvatten från olika områden.
- *Ulleråker sätts tydligare in i det större sammanhanget.* Grunden läggs för att utvidga riskanalysen till att omfatta hela tillrinningsområdet för Uppsala- och Vattholmaåsarna.

## Riskhanteringsprocess

Den framtagna riskhanteringsprocessen består förenklat av tre steg. Först görs en inventering av vad som kan hota grundvattenförekomsten och på vilket sätt. Därefter analyseras riskerna för att beskriva hur sannolika de är, det vill säga hur ofta de kan förväntas inträffa, och vad konsekvensen förväntas bli om de inträffar. Det tredje steget är att värdera riskerna, det vill säga ta ställning till vilka som är acceptabla och vilka som behöver åtgärdas och i så fall hur. I etapp 1 har de två första stegen genomförts för Ulleråker. En inventering har genomförts i samarbete med UVAB och Uppsala kommun av vad som kan hota grundvattenförekomsten och på vilket sätt. Därefter analyserade IVL Svenska Miljöinstitutet riskerna med avseende på hur sannolika de är och vad konsekvensen för grundvattnet förväntas bli om de inträffar.

För ett så stort geografiskt område och över ett så långt tidsspänn som riskhanteringsprocessen ska omfatta kan det förekomma ett stort antal markanvändningar, verksamheter och aktiviteter. Det finns ingen metod för att systematiskt avgöra om alla risker har identifierats eller inte. Det gäller även miljöstörande ämnen som ännu inte har reglerats eller ens upptäckts i miljön. Risker och

ämnen som förbises kommer heller inte att analyseras. Därför har riskinventeringen gjorts med en bred ansats som kombinerar bland annat tidigare riskanalyser, olycksstatistik projektgruppens expertis och inte minst de synpunkter som hittills har inkommit under Ulleråkers detaljplaneprocess.

## Beräkning av sannolikhet

Sannolikheten för olyckor beskrivs med hjälp av olycksstatistik som sammanställs av Räddningstjänsten i Uppsala, MSB och Brandskyddsföreningen samt Transportstyrelsen. Statistiken bedöms vara tillförlitlig, men på en generell nivå. Det innebär ofta att sannolikheter överskattas för Ulleråker, där till exempel hastighetsbegränsningar är lägre än för flertalet av de vägsträckor som där olyckor har registrerats. De planerade mobilitetslösningarna syftar dessutom bland annat till att det ska finnas färre fordon i Ulleråker än i andra stadsdelar av motsvarande storlek och befolkningsmängd.

I verkligheten belastas grundvattnet inte av en skadehändelse i taget, utan av flera samtidiga, flera på varandra följande (dominoeffekter) och ibland upprepat (kumulativa effekter). De kumulativa effekterna gäller särskilt vardagsbelastning. Riskanalysen görs med avseende på isolerade riskhändelser. För olyckor har detta hanterats genom att genomgående göra konservativa antaganden. Det betyder till exempel att en hel bensintank läcker ned i marken vid *varje* bilolycka, trots att det vanligtvis handlar om mycket mindre mängder. På så vis tar analysen viss höjd för kumulativa risker. För diffus vardagsbelastning har effekt i grundvatten beräknats utan hänsyn tagen till fastläggning i marken, vilket innebär ett mer långsiktigt perspektiv som antar att alla ämnen förr eller senare når grundvattnet.

## Beräkning av konsekvens

De identifierade skadehändelserna har konkretiserats i någon form av produkt eller emission, exempelvis bensin, för vilken den typiska kemiska sammansättningen beskrivits. Detta har gjorts utifrån tillgänglig litteratur och har därmed begränsats till befintliga studierna. Det har sedan antagits att ämnena infiltrerar marken fullständigt. I marken sker en fastläggning och endast en andel av ämnet finns i vattenfasen. Denna andel sprids i sin tur till grundvattnet, där en utspädning sker med oförorenat vatten. Utspädningen har beräknats med en etablerad modell som används av många länder vid riskbedömningar. Denna beräkning ger vilken koncentration man får i grundvattnet om man spiller en produkt av en given volym. Modellen som är en så kallad endimensionell modell ska teoretiskt sett ge den högsta koncentration som kan uppkomma till följd av utsläppet, oberoende av när i tiden det sker.

Nuvarande modell för analys av konsekvens med avseende på grundvattenkvalitet fungerar enbart för punktbelastning, till exempel för trafikolyckor. Konsekvensen av diffus belastning, till exempel från övrig markanvändning, måste istället skattas, baserat på beräknad bruttobelastning. Det gör att bedömningarna av konsekvenserna inte är helt jämförbara.

## Grund för bedömning av konsekvens

Grundvattenförekomsten Uppsalaåsen-Uppsala, som sträcker sig genom Uppsala och Ulleråker, har valts som skyddsobjekt för riskanalysen eftersom det är den förekomst som primärt påverkas av förändringar i Ulleråker. En grundvattenförekomst är ett formellt utpekat område som har ett starkt skydd genom den svenska vattenförvaltningen och i slutändan EU:s ramdirektiv för vatten.

Sverige har åtagit sig att alla grund- och ytvattenförekomster ska uppnå god status. Statusen beskrivs med hjälp av miljökvalitetsnormer för ett antal olika föroreningar. Ett överskridet riktvärde innebär att halten av det ämnet över huvud taget inte får öka i grundvattenförekomsten och åtgärder ska vidtas för att uppnå god kemisk status senast 2027.

För att kunna bedöma hur allvarlig den framräknade hypotetiska koncentrationen skulle vara används befintliga bedömningsgrunder för grund- och dricksvatten. Dessa förutsätter att den nuvarande statusen tas i beaktande. Detta kan dock bara göras för de ämnen där tillräckligt underlag finns till hands, vilket är ett mindre antal av de som hanterats i riskanalysen. Idag bedöms Uppsalaåsen-Uppsala ha otillfredsställande kemisk status med avseende på PFAS 11, BAM och klorerade kolväten, enligt Vatteninformationssystem Sverige (VISS). PFAS11 är samlingsnamnet på en grupp kemikalier med ett stort användningsområde.

MKN gäller för en grundvattenförekomst i sin helhet under längre tid. Det innebär att MKN överskrids lokalt och/eller tillfälligt utan att den kemiska statusen sänks till otillfredsställande. Det saknas tydlig vägledning om när ett överskridande blir så betydande att statusen förändras. Därför analyseras konsekvenser utifrån ett lokalt perspektiv, det vill säga för en liten del av den totala grundvattenförekomsten. För belastningar från punktkällor, till exempel en trafikolycka eller en husbrand, analyseras konsekvensen genom att beräkna hur stor ökningen blir i grundvattnet 20 meter nedströms i grundvattenförekomsten. Detta avstånd är godtyckligt och har satts för att kunna genomföra analysen. Avståndet har stor betydelse i åsen, eftersom att flödet och därmed utspädningen stor. Ett lokalt överskridande av MKN, eller gränsvärden för dricksvatten, bedöms i analysen innebära en mycket stor konsekvens, det vill säga den högsta konsekvensnivån. Det är en tydlig signal om att sådana skadehändelser bör hanteras för att reducera risknivåerna.

## Användning av resultatet

Givet att riskanalysen görs som ett underlag för prioritering av insatser är det viktigt att riskhändelserna behandlas konsekvent, och att analysen inte ger en skevhet i resultatet som förändrar dess inbördes ordning. Sammantaget ger analysen en god bild av inbördes storlekar för riskerna. Däremot är det inte möjligt att separera enskilda risker/risktyper till exempelvis specifika platser. En riskanalys av det här slaget bör användas som ett av flera underlag för att ta beslut om hur ett område ska utformas och vilka skyddsåtgärder som ska vidtas. I det här fallet är riskanalysen för Ulleråker avgränsad till att gälla grundvattenförekomsten Uppsalaåsen-Ulleråker. Den säger därför inget om riskerna för marken, för Fyrisån eller för andra viktiga och värdefulla inslag i området och dess omgivning – eller andra grundvattenförekomster. Det måste hanteras i andra analyser.

För att vidmakthålla en långsiktigt hållbar markanvändning i Ulleråker såväl som hela Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde, krävs det att riskanalysen uppdateras på ett systematiskt sätt. Efter hand kommer nya risker att identifieras, kunskapen om kända risker och skyddsåtgärder att öka, nya skyddsåtgärder att utvecklas och samhällets prioriteringar att förändras. Det betyder att osäkerheterna i förutsägelseerna om framtida förändringar, till exempel effekter av klimatförändringar, minskar i takt med att de realiserar. Ett långsiktigt skydd av grundvattenförekomsten bygger på en kontinuerlig riskhantering.

## Fortsatt arbete

Resultaten som presenteras i den här rapporten kommer att utvecklas i två olika spår. Uppsala kommun arbetar sedan lång tid intensivt med planeringen av Ulleråkerområdet. Det projektet kommer att utvärdera och eventuellt revidera sina olika åtgärdsval för till exempel dagvattenhantering och mobilitetslösningar för att på bästa sätt uppnå en acceptabel risknivå och en i övrigt hållbar utveckling av området. Parallellt med det kommer Uppsala kommun att fortsätta med etapp 2 av arbetet med att ta fram riktlinjer för hållbar markanvändning i Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde. Riskhanteringsprocessen kommer under andra hälften av 2017 att utvecklas och förfinas. Den ska därefter användas för att analysera hur det växande Uppsala kan komma att förändra risksituationen för grundvattnet.

## Ordförklaring

**Belastning.** Den mängd förorening som sprids av en skadehändelse.

**Hänsynskrav.** De kriterier som valts för att beskriva skyddsobjektet. Skadehändelsernas konsekvenser bedöms i förhållande till hänsynskraven.

**Konsekvens.** Den negativa följd en skadehändelse har för skyddsobjektet.

**Miljö kvalitetsnorm.** Miljö kvalitetsnormer för vatten (MKN) är bestämmelser om kvaliteten på miljön i en vattenförekomst. De fastställs med stöd av 5 kap MB, enligt vattenförvaltningsförordningen och Havs- och vattenmyndighetens föreskrift HVMFS 2013:19 samt HVMFS 2015:4. Normerna är ett rättsligt verktyg och ställer krav på vattnets kvalitet vid en viss tidpunkt, till exempel "god status 2015".

**Olycka.** En oönskad händelse som leder till förluster (skada på, eller förlust av, människa, maskin, material, produktion, affärsmöjlighet, anseende m.m.)

**Risk.** Ett uttryck för den fara som en oönskad händelse (skadehändelse) som, om den inträffar, kan hindra att mål nås och att strategier genomförs. Risk är en sammanvägning av sannolikhet och konsekvens.

**Riskhändelse.** Se skadehändelse.

**Risknivå.** Sannolikheten för att den oönskade händelsen inträffar, i kombination med konsekvenserna av denna händelse.

**Riskobjekt.** Ett geografiskt avgränsat område (till exempel en vägsträcka eller ett bostadsområde) som kan kopplas till olika riskhändelser (till exempel vägdagvatten eller bilolycka).

**Riskreducerande åtgärd.** En åtgärd som syftar till att sänka risknivån för en (eller flera) skadehändelser. Åtgärden kan antingen vara förebyggande (reducera sannolikheten) eller skadelindrande (reducera konsekvensen) eller en kombination av de båda. Avser både tekniska och icke-tekniska åtgärder.

**Sannolikhet.** Även händelsefrekvens. Hur ofta en händelse bedöms inträffa i genomsnitt under en oändligt lång tid

**Skadehändelse.** Samlingsnamn på alla identifierade källor som kan – men inte nödvändigtvis måste – bidra till att halterna av miljöstörande ämnen ökar i grundvattnet.

**Skyddsobjekt.** Det eller de objekt som ska skyddas från negativa konsekvenser.

**Skyddsåtgärd.** Se riskreducerande åtgärd.

**Säkerhet.** Att ha kontroll över sådana oönskade händelser som kan leda till förluster.

**Sällanhändelse.** Plötsliga och tillfälliga skadehändelser. De kan orsakas av olyckor, haverier eller uppsåt. Sällanhändelser analyseras med avseende på både sannolikhet och konsekvens.

**Tillbud.** En önskad händelse som, under andra omständigheter, kunnat leda till förluster.

**Tillrinningsområde.** Ett geografiskt område inom vilket allt vatten strömmar till en och samma utloppspunkt.

**Vardagshändelse.** Vardagliga och tillståndsgivna verksamheter och händelser. Vardagshändelser analyseras enbart med avseende på konsekvens. Sannolikheten är per definition mycket stor.

**Vattenförekomst.** Ett sammanhängande och homogent grundvattenmagasin, sjö, å eller kustvatten över en viss storlek. Den grundläggande enheten inom vattenförvaltningen. För samtliga vattenförekomster finns beslutade miljökvalitetsnormer.

# 1 Inledning

## 1.1 Uppdraget

Uppsala kommun planerar för en kraftig tillväxt de närmaste åren. Enligt översiktsplan 2016 kan befolkningen öka med 135 000 invånare till år 2050. Det kommer att ställa krav på en kraftig utveckling av staden, inklusive om- och nybyggnation. En del i detta är Uppsala kommuns planer på att utveckla centrala Ulleråker i södra Uppsala med uppemot 7 000 nya bostäder samt offentlig och kommersiell service. Ulleråker ligger, liksom centrala delar av Uppsala i övrigt, delvis på Uppsalaåsen<sup>1</sup>. Uppsalaåsen utgör stadens enda dricksvattentäkt. Utvecklingen av Ulleråker, liksom staden i övrigt, måste därför ske så att tillräckligt skydd uppnås för grundvattenförekomsten både på kort och på lång sikt. Det förutsätter i sin tur att en riskanalys görs av planen ur ett grundvattenperspektiv. Uppsala kommun har därför gett IVL Svenska Miljöinstitutet i uppdrag att:

1. Initiera arbetet med att ta fram riktlinjer för hållbar markanvändning i Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde ur ett grundvattenperspektiv genom att utveckla en riskhanteringsprocess. Processen ska på ett ändamålsenligt sätt förmå att ta till vara de kunskaper och erfarenheter som finns om åsen och staden, så att risker till följd av framtida förändring av markanvändning kan inventeras, analyseras och hanteras.
2. Tillämpa riskhanteringsprocessen genom att identifiera och analysera de skadehändelser som bedöms komma att förändras eller tillkomma till följd av stadsutvecklingsprojektet Ulleråker. Analysen ska bedöma Ulleråkers betydelse i ett större sammanhang ur ett grundvattenperspektiv.

Följande rapport redovisar resultatet av detta arbete. Bland förutsättningarna ingår att utgå från den riskanalys som tidigare gjorts för Ulleråker (Sweco, 2015) tillsammans med de synpunkter som framförts under detaljplanens samrådsprocess. De förändrade och preciserade planeringsförutsättningar som tillkommit sedan den första riskanalysen gjordes ska också beaktas.

### 1.1.1 Uppsala kommuns säkerhetsmål för grundvatten

Säkerhetsmålen ska uttrycka den ambition som kommunen eller verksamhetsansvarig har och mot vilken man avser inrikta de olycksförebyggande och skadebegränsande insatserna.

Målsättningen är att utvecklingen av staden, inklusive den planerade utbyggnaden i Ulleråker, ska ske på ett sådant sätt att god kemisk och kvantitativ grundvattenstatus uppnås och behålls på både kort och lång sikt. För utbyggnaden av Ulleråker gäller detta särskilt grundvattenförekomsten Uppsalaåsen-Uppsala. Det ställer krav på att risker som påverkar grundvattenkvaliteten beaktas tidigt i planeringen. Riskbedömningarna ska så långt möjligt göras med ett långtidsperspektiv och med hänsyn tagen till kumulativa effekter.

---

<sup>1</sup> Inom vattenförvaltningen benämns Uppsalaåsen genom Uppsala och Ulleråker för Uppsalaåsen-Uppsala. Se avsnitt 2.3.1.

## 1.1.2 Målsättning jämfört med tidigare riskanalys

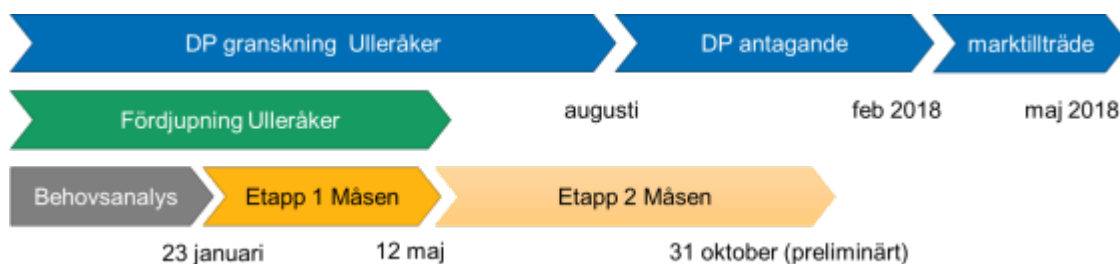
Uppsala kommun har ställt upp ett antal målsättningar för riskhanteringsprocessen. De utgår i hög grad från de synpunkter som bland annat Länsstyrelsen i Uppsala län har framfört under samrådet om detaljplanen för Ulleråker. Jämfört med den tidigare riskanalysen för Ulleråker (Sweco 2015) är målsättningen att:

- Riskinventeringen ska breddas och omfatta fler händelser, inklusive diffus vardagsbelastningen från infiltrerande dagvatten och mänsklig närvaro.
- Riskanalysen ska i första hand bygga på beräkningar istället för bedömningar, bland annat för att öka transparensen i slutsatserna.
- Sannolikheter ska utgå från empirisk olycksstatistik.
- Konsekvenser ska uttryckas i förhållande till specifika rikt- eller gränsvärden.
- Vedertagna metoder och modeller, till exempel Naturvårdsverkets riktvärdesmodell för förorenad mark, ska användas för att beräkna förroreningstransport och spridning.
- Ulleråker tydligare sätts in i det större sammanhanget.
- Grunden läggs för att utvidga riskanalysen till att omfatta hela tillrinningsområdet för Uppsala- och Vattholmaåsarna.

## 1.1.3 Pågående processer

Det här uppdraget utgör dels etapp 1 i arbetet med att ta fram riktlinjer för hållbar markanvändning i Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde, dels ett stöd i att fördjupa och revidera planeringsförutsättningarna för detaljplanen för Ulleråker. Figur 1 indikerar tidplanen för dessa processer så som de ser ut i skrivande stund. Arbetet kommer med andra ord att fortsätta efter den här rapporten, vilket utvecklas i kapitel 6.

- Resultaten av riskanalysen av programområde Ulleråker kommer att direkt ligga till grund för arbetet att ta revidera val av riskreducerande åtgärder för grundvattnet. Den processen vidtar omedelbart efter det här uppdraget och ingår som en del av detaljplaneprocessen. De risknivåer som redovisas i den här riskanalysen kommer därmed i olika grad att reduceras som ett resultat av denna riskhantering.
- Under etapp 2 kommer den föreslagna riskhanteringsprocessen att utvecklas och förfinas. Den ska därefter användas för att analysera hur det växande Uppsala kan komma att förändra risksituationen för grundvattnet. Målet med etapp 2 är att ta fram riktlinjer för lämplig markanvändning i olika delar av Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde för att tillgodose såväl stadsutvecklingens som grundvattenskyddets behov. I skrivande stund beräknas det arbetet att genomföras att presenteras hösten 2017.



Figur 2. Översiktlig tidplan för pågående processer.

## 1.2 Läsanvisningar

Rapporten kan sägas bestå av två delar, dels kapitel 2 som beskriver den föreslagna riskhanteringsprocessen, dels kapitel 3, 4 och 5 som beskriver riskanalysen av programområde Ulleråker. I korthet tar kapitlen upp följande:

- Kapitel 2 redovisar den riskhanteringsprocess som har tagits fram så här långt. Det är dels ett resultat i sig självt, som lägger grunden för etapp 2, dels en beskrivning av det material och de metoder som har använts vid riskanalysen av programområde Ulleråker.
- Kapitel 3 beskriver mycket kortfattat tillrinningsområdet och de förutsättningar det ger för Ulleråker. Syftet är att sätta in det analyserade Ulleråkerområdet i ett större sammanhang. Under etapp 2 kommer beskrivningen att behöva utvecklas för att kunna ligga till grund för en riskanalys av hela tillrinningsområdet.
- Kapitel 4 beskriver programområde Ulleråker, det vill säga analysområdet. Här beskrivs kortfattat Ulleråker idag och planerade utbyggnaden, som tillsammans med de hydrogeologiska förhållandena ger förutsättningarna för riskanalysen.
- Kapitel 5 utgör den egentliga riskanalysen. Kapitlet omfattar de två första stegen i riskhanteringsprocessen, det vill säga riskinventering och riskanalys. Ett antal skadehändelser identifieras och analyseras med avseende på sannolikhet och konsekvens, som summeras i en samlad riskbedömning. Däremot värderas och hanteras inte riskerna. Det görs i processens tredje steg, riskhantering, som tar vid omedelbart efter det här uppdragets genomförande.

## 1.3 Genomförande

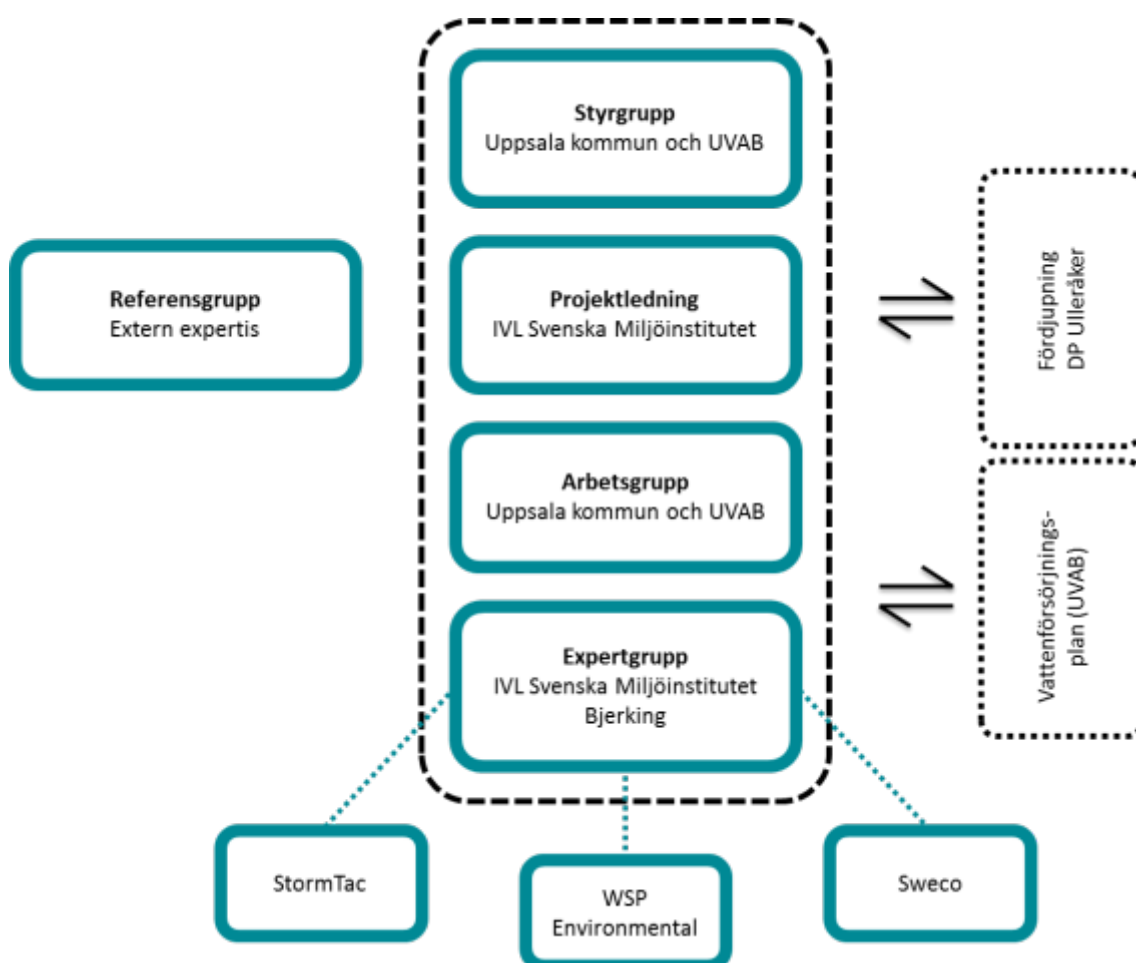
### 1.3.1 Projektorganisation

Projektet ägs av Uppsala kommun. Det har genomförts med aktivt stöd av Uppsala Vatten och Avfall AB (UVAB) under ledning av IVL Svenska Miljöinstitutet. Genomförandeperiod har varit januari till maj 2017. Figur 1 illustrerar projektorganisationen. Följande funktioner ingår:

- Styrgrupp: Ansvarar för de strategiska beslut som rör projektet, bland annat resursallokering och förankring inom kommun-/bolagsledning.
- Projektledning: Uppsala kommun har anlitat IVL för att leda projektet.
- Arbetsgrupp: Handläggare från Uppsala kommun och UVAB har tillsammans med projektledningen ansvarat för operativa avgränsningar och beslut under arbetets gång.
- Expertgrupp: Ett stort antal experter har knutits till projektet, såväl från Uppsala kommun och UVAB som från olika konsultorganisationer. Expertgruppen är därför inte en sammanhållen gruppering, utan utgörs i praktiken av experter som engagerats för längre eller kortare perioder för mer eller mindre avgränsade uppgifter. Det är i första hand personal från IVL som bidragit direkt till arbetet med riskhanteringsprocessen, medan övriga konsulter har gett oumbärliga bidrag i form av olika underlag. Rapporten är uteslutande skriven av IVL och övriga konsulter har därför inget ansvar för innehållet.
- Referensgrupp: Extern expertis har knutits till projektet i syfte att få konstruktiv kritik på den metod som har valts för genomförandet. Avsikten är vidare att referensgruppen ska få kommentera även resultat och slutsatser under etapp 2.



De frågor som behandlas i det här projektet har beröringspunkter med ett stort antal andra projekt inom Uppsala kommun och UVAB. Två av de projekt som det föreligger störst samordningsbehov med är Fördjupning DP Ulleråker (Uppsala kommun) och Vattenförsörjningsplan (UVAB).



Figur 3. Projektorganisation för genomförandet av riskhanteringsprocessen för Ulleråker. Referensgruppen har lämnat synpunkter på metod, inte resultat. Expertgruppen utgörs av konsulter som utfört olika uppdrag åt Uppsala kommun, vars resultat har använts i riskhanteringsprocessen. StormTac, WSP och Sweco har inte varit direkt involverade i riskhanteringsprocessen, utan tagit fram olika avgränsade underlag. Fördjupning DP Ulleråker och Vattenförsörjningsplan är två andra projekt som riskhanteringsprocessen särskilt har förhållit sig till under genomförandet.

### 1.3.2 Delresultat

Det genomförda uppdraget har resulterat i ett antal pro memorior. Dessa ligger till grund dels för den här rapporten, dels för det fortsatta arbetet i etapp 2. Med andra ord utgör de arbetsmaterial som i flera fall inte förstas utanför sitt sammanhang och delvis kan vara inaktuellt jämfört med den här rapporten.

- PM Grovanalys av järnvägsolyckor. Skadehändelser kopplade till järnvägsnätet har grovanalysrats i etapp 1. Eftersom det inte finns någon järnväg i Ulleråker redovisas det i en separat pro memoria istället för i den samlade riskanalysen.
- PM Hänsynskrav för Uppsala- och Vattholmaåsarnas vattenkvalitet. Sammanställning av det bakgrundsmaterial som etapp 1 tagit fram i arbetet med att besluta om hur skyddsobjektet ska definieras, inklusive tolkning av MKN och icke försämringskravet.

- PM *Beskrivning till karta, känslighet och skyddsvärde*. En första ansats att klassificera tillrinningsområdets känslighet med avseende på föroreningstransport till skyddsobjektet. Kort metodbeskrivning och karta.
- PM *Nuvarande vattenkvalitet i Uppsalaåsen enligt UVAB:s kontrollprogram*. En sammanställning av data från UVAB:s kontrollprogram för åren 2012–2016 i form av medelvärde, maxvärde samt trend (med hjälp av linjär regression). I etapp 1 har det använts vid konsekvensbedömning av punktbelastning.
- PM *Bedömda effekter på skyddsobjektet till följd av ett förändrat klimat*. Beskrivning av hur pågående klimatförändringar bedöms påverka grundvattenförekomsten med avseende på nederbörd och variationer i grundvattennivåer.
- PM *Förslag på kompletterande hänsynskrav*. Riktvärden för MKN för ytvatten respektive särskilda förorenande ämnen samt förteckning över ämnen "nya" ämnen som kan bli aktuella för reglering.
- PM *Skydd av grundvatten Uppsalaåsen*. Introduktion till pågående arbete att identifiera, beskriva och prioritera riskreducerande åtgärder.
- PM *Inventering av skyddsåtgärder*. Förteckning över identifierade riskreducerande åtgärder. Pågående arbete.
- PM *Förslag på hållbarhetsindikatorer för prioritering av riskreducerande åtgärder*. Förslaget är framtaget av IVL och har diskuterats med representanter för Ulleråkers kvalitetsprogram. Vid föredragning för SG konstaterades att förslaget behöver stämmas av mot bland annat stadens hållbarhetsindikatorer i stort.
- PM *Markanvändningsklassificering för riskhanteringsprocess MÅsen*. Tabulerad översikt av hur fastighetsregistrets klassificering översatts till StormTac-klasser.
- PM *Underlag inför projektplan för MÅsen etapp 2*. Underlaget utgör en sammanställning i två delar. Dels projektledningens bedömning av måluppfylland, dels AP-ledarnas synpunkter på utvecklingsbehov och arbetssätt i etapp 2.

## 2 Riskhanteringsprocess

### 2.1 Omfattning

Det övergripande målet är att på ett systematiskt sätt utgå från identifierade risker, mäta dessa och rekommendera det handlingsalternativ som ger den mest ändamålsenliga kombinationen av risk och nytta med avseende på grundvatten och markanvändning. Den riskhanteringsprocess som presenteras här och som har använts vid riskanalysen av Ulleråker (avsnitt 5) följer i huvudsak Räddningsverkets handbok för riskanalys (2003). Även Livsmedelsverkets Risk- och sårbarhetsanalys för dricksvattenförsörjning (2007) har använts i tillämpliga delar. Översiktligt omfattar riskhanteringsprocessen tre steg enligt Figur 2.



Figur 4. Riskhanteringsprocessen

Stommen i arbetet är riskinventeringen. Den ger en sammanställning av riskbilden och innehåller uppgifter om riskobjekt och skyddsobjekt, det vill säga ramarna för den fortsatta analysen. Nästa steg utgörs av riskanalysen, som är en systematisk beskrivning av olycksrisker med avseende på deras sannolikhet och konsekvens samt bedömning av risknivåer. Målet för riskanalysen är att belysa var och hur olyckor, tillbud och störningar kan inträffa, hur ofta de kan tänkas ske och vilka konsekvenser som kan uppstå. Dessa kunskaper utgör underlag för värdering av riskerna och beslut om riskreducerande åtgärder.

## 2.2 Övergripande avgränsningar för riskhanteringsprocessen

Den här redovisade riskhanteringsprocessen är ett pågående arbete. De avgränsningar som har gjorts i den här etappen kan komma att ändras i takt med att processen utvecklas. De viktigaste föreslagna utvecklingsbehoven inför etapp 2 listas i avsnitt 2.6. För att kunna tillämpa riskhanteringsprocessen på programområdet Ulleråker har ytterligare ett antal avgränsningar gjorts för genomförd riskinventering och riskanalys. De listas i avsnitt 5.1. De övergripande processavgränsningar som har gjorts i det här skedet är följande:

- Riskhanteringsprocessen ger inte entydigt svar på vilka risker som måste hanteras eller hur de ska åtgärdas. Istället resulterar riskhanteringsprocessen i ett beslutsunderlag. Resultaten måste därför ha en utpekad mottagare med mandat att fatta beslut om riskhantering.
- Risker analyseras med avseende på konsekvenser på grundvattnets kvalitet. Andra hänsynskrav (till exempel kvantitet) eller skyddsobjekt (till exempel mark) ingår därmed inte.
- Riskanalysen bygger på en stationär långtidsbetraktelse. Både områdets yttre förutsättningar och inre skadehändelser, det vill säga markanvändning, beteendemönster med mera, antas vara i huvudsak oförändrade över tid. För att belysa hur risksituationen skiljer sig åt mellan olika skeden görs begränsade analyser som komplement till huvudanalysen. Konsekvensen av en skadehändelse uttrycks för den högsta belastning som uppstår vid något tillfälle under betraktat skede.

## 2.3 Steg 1 – Riskinventering

Inventeringen av risker (eller mer korrekt skadehändelser) är ett av de viktigaste stegen i riskhanteringsprocessen eftersom man här, i realiteten, bestämmer analysens innehåll. Risker som inte är identifierade blir inte heller analyserade. Detta i sin tur innebär att riskerna med den aktuella verksamheten och behovet av säkerhetshöjande åtgärder underskattas. Eventuellt kan viktiga säkerhetsåtgärder helt förbises. Primära målsättningar vid riskinventeringen är därför:

- Fullständighet: Alla risker ska identifieras.
- Kunskapsbaserad: Tidigare erfarenheter (olyckor eller incidenter eller analyser) ska beaktas.
- Multidisciplinär: Erfarenheter från olika områden ska tas tillvara.

Riskinventeringens utgångspunkt är det säkerhetsmål som riskhanteringsprocessen ska bidra till att uppfylla. Vad är det som ska skyddas? Från vad? För att kunna välja lämpliga skydds- och riskobjekt krävs dessutom en grundläggande förståelse för det analyserade systemet eller området. Riskinventeringen grundläggs med andra ord genom en områdesbeskrivning som fokuserar på de förhållanden och processer, både naturliga och antropogena, som påverkar eller karakteriserar den situation som riskhanteringsprocessen omfattar. Dessa förutsättningar är ett stöd såväl i fortsatt riskinventering som påföljande riskanalyser. Konkret kan områdesgivna förutsättningar vara:

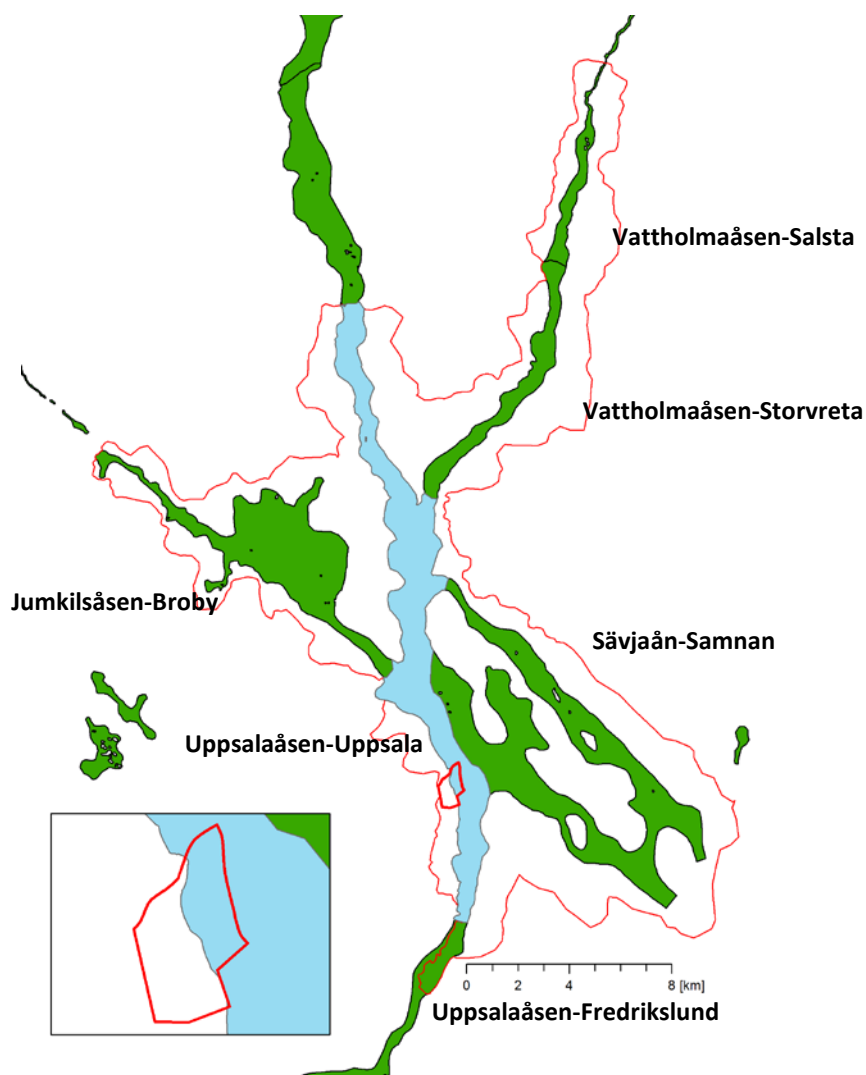
- Det analyserade områdets struktur, både nuläge och kända eller förväntade förändringar.
- Storskaliga förlopp oberoende av analysområdet, till exempel klimatförändringar eller långväga deposition.
- Hydrogeologiska förutsättningar av betydelse för föroreningstransport i mark och grundvatten.

### 2.3.1 Val av skyddsobjekt

Riskhanteringsprocessens målsättning är att bidra till ett tillräckligt planeringsunderlag för att Uppsala ska kunna utvecklas på ett sådant sätt att grundvattenförekomsten har ett fullgott skydd idag och på lång sikt. Uppsala- och Vattholmaåsarna utgörs formellt av fyra grundvattenförekomster. I deras tillrinningsområde ligger ytterligare två grundvattenförekomster, det vill säga totalt sex stycken enligt Figur 3. Givet Ulleråkers lokalisering väljs Uppsalaåsen-Uppsala som skyddsobjekt för riskanalysen i etapp 1.

- Jumkilsåsen-Broby
- Sävjaån-Samnan
- Uppsalaåsen-Uppsala
- Uppsalaåsen-Fredrikslund
- Vattholmaåsen-Storvreta
- Vattholmaåsen-Salsta

Som framgår av figuren finns det fler grundvattenförekomster i direkt anslutning till Uppsalaåsen-Uppsalas tillrinningsområde, bland annat Uppsalaåsen-Björklinge direkt norr om Uppsalaåsen-Uppsala. Den huvudsakliga strömningsriktningen i dessa åspartier är riktad bort från Uppsalaåsen-Uppsalas tillrinningsområde. Se även avsnitt 3.2.



Figur 5. Grundvattenförekomster inom Uppsalaåsens- och Vattholmaåsenarnas tillrinningsområde. Tillrinningsområdet är markerat med röd linje. Formellt rymmer tillrinningsområdet sex olika grundvattenförekomster, varav Uppsalaåsen-Uppsala, i blått, är den största och löper genom Uppsala och Ulleråker. Programområde Ulleråker markerat och förstort i figurens nedre vänstra hörn.

## 2.3.2 Val av hänsynskrav

### 2.3.2.1 Miljö kvalitetsnormer för grundvatten och gränsvärden för dricksvatten

Risikanalyser förutsätter att skyddsobjektet beskrivs på ett sådant vis att konsekvenserna av de olika skadehändelserna kan uttryckas på ett rimligt entydigt vis. Det valda skyddsobjektet, Uppsalaåsen-Uppsala, omfattas av både ramdirektivet för vatten (2000/60/EG) och grundvattendirektivet (2006/118/EG). Den utnyttjas också som grundvattentäkt för produktion av dricksvatten. Som hänsynskrav i risikanalyser väljs därför en kombination av miljö kvalitetsnormer för grundvatten (MKN) och gränsvärden för dricksvattenkvalitet finns bestämda i livsmedelverkets föreskrifter om dricksvatten, Tabell 1. Utöver kvalitativ status krävs att grundvattenförekomsten också uppnår god kvantitativ status, det vill säga att grundvattenbildningen är tillräckligt stor jämfört med uttaget.

Tabell 1. Riktvärde för grundvatten (MKN), utgångspunkt för att vända trend (SGU-FS 2013:2) och gränsvärden för dricksvatten (Livsmedelsverket)

Parameter	Enhet	Riktvärde för grundvatten (MKN)	Utgångspunkt för att vända trend (MKN)	Gränsvärden för dricksvatten (LMV)
1,2-diklorethan	µg/l	3	0.5	3
<b>Bekämpningsmedel</b>				
Aktiva ämnen	µg/l	0.1 (enskilda)	Detekterat	0.1 (enskilda)
inkl. metaboliter, nedbrytnings- och reaktionsprodukter	µg/l	0.5 (totalt)		0.5 (totalt)
Ammonium	mg/l	1.5	0.5	
Antimon	µg/l			5
Arsenik	µg/l	10	5	10
Bensen	µg/l	1	0.2	1
Benso(a)pyren	ng/l	10	2	10
Bly	µg/l	10	2	10
Bor	mg/l			1
Bromat (BrO <sub>3</sub> )	µg/l			10
Cyanid	µg/l			50
Fluorid	mg/l			1.5
Fosfat	mg/l	0.6	0,1	
Kadmium	µg/l	5	1	5
Klorid	mg/l	100	50; Västkusten 75	
Kloroform (triklormetan)	µg/l	100	50	100 (trihalometaner totalt)
Konduktivitet	mS/m	150	75	
Koppar	mg/l			2
Krom	µg/l			50
Kvicksilver	µg/l	1	0.05	1
Nickel	µg/l			20
Nitrat	mg/l	50	20	50 (mg/l NO <sub>3</sub> )
Nitrit	mg/l	0.5	0.1	0.5
Summa 4 PAH:er,	ng/l	100	20	100
Benso(b)fluoranten				
Benso(k)fluoranten				
Benso(ghi)perylen				
Indeno(1,2,3-cd)pyren				
Selen	µg/l			10
Sulfat	mg/l	100	50	
Trikloreten + tetrakloreten	µg/l	10	2	10
Vinylklorid	µg/l			Beräknat 0.5

MKN är ett juridiskt styrmedel som fastställs och grundar sig på vetenskapliga kriterier. Normerna fastställs av vattenmyndigheterna för varje enskild grundvattenförekomst. De omfattar ett flertal ämnesgrupper i form av bland annat bekämpningsmedel, organiska föroreningar (tri- och tetrakloreten), poly- och aromatiska kolväten (benso(a)pyren, benso(b)fluoranten, bensen, med flera) och naturligt förekommande ämnen som begränsar vattnets användning som dricksvatten (metaller, klorid, sulfat, med flera). MKN är angivna med dels ett övre riktvärde, dels en utgångspunkt för att vända trend. Dessa utgångspunkter ska användas för att i ett tidigt skede identifiera trender som riskerar att leda till att MKN överskrids, så att motverkande åtgärder kan vidtas.

### 2.3.2.2 Gränsvärden för PFAS i grund- och dricksvatten

Hänsynskraven kompletteras med riktvärden för brandbekämpningsmedlet PFAS, vilket bedöms komma att omfattas av MKN inom kort. I november 2016 fattades ett inriktningsbeslut av vattenmyndigheterna om riktvärde avseende utgångspunkt för att vända trend för PFAS (summa 11) i grundvatten. Förslaget har varit ute på remiss under 2016 till berörda remissinstanser varav ett slutgiltigt beslut efter kartläggning (riskbedömning, statusklassificering och åtgärdsbehov) väntas i december 2018 (Vattenmyndigheterna, 2016). Livsmedelsverket har tagit fram en åtgärdsgräns för summan av 11 PFAS-ämnen, Tabell 2. Om åtgärdsgränsen överskrids uppfyller vattnet inte gällande dricksvattenkvalitetskrav.

**Tabell 2. Rekommenderade gränsvärden för PFAS i grund- och dricksvatten**

Parameter	Enhet	Föreslaget gränsvärde	Kommentar
PFAS 11 (Perfluorbutansulfonat (PFBS), Perfluorhexansulfonat (PFHxS), Perfluoroktansulfonat (PFOS), Fluortelomersulfonat (6:2 FTS), Perfluorbutanoat (PFBA), Perfluorpentanoat (PFPeA), Perfluorhexanoat (PFHxA), Perfluorheptanoat (PFHpA), Perfluoroktanoat (PFOA), Perfluornonanoat (PFNA), Perfluordekanoat (PFDA))	µg/l	0,09	Livsmedelsverkets riskhanteringsrapport (Risker vid förorening av dricksvatten med PFAS)
PFOS	µg/l	0,045	SGI preliminärt riktvärde för grundvatten (SGI Publikation 21)

### 2.3.2.3 "Nya" föroreningar ska regleras i takt med att behov uppstår

Kriterierna för bedömning av god kemisk grundvattenstatus bygger på riktvärden i form av miljökvalitetsnormer. Då det ständigt tillkommer nya ämnen vars effekter inte sällan upptäcks förrän de hunnit tillfogat skada ska det enligt SGU:s föreskrift (SGU-FS 2013:2) så snart ny information om förorenande ämnen, grupper av förorenande ämnen eller föroreningsindikatorer fastställas nya riktvärden för ytterligare ämnen med tillräckligt underlag. Det kan därmed på sikt komma att läggas till fler ämnen för bedömning och statusklassificering med utgångspunkt för kvaliteten på grundvatten. Se även avsnitt 5.3.14.

### 2.3.2.4 Tolkning av samband mellan överskridande av MKN och grundvattnets kemiska status

Det övergripande säkerhetsmålet anger att utvecklingen av staden, inklusive den planerade utbyggnaden i Ulleråker, ska ske på ett sådant sätt att grundvattenförekomsten är skyddad och MKN för grundvattnet uppnås. I Ulleråkerfallet innebär det att Uppsalaåsen-Uppsala ska uppnå

både god kemisk och god kvantitativ status. Uppsalaåsen-Uppsala (liksom övriga grundvattenförekomster i tillrinningsområdet) har redan idag god kvantitativ status. Den kvantitativa statusen bedöms inte påverkas av förändringar i Ulleråker.

Enligt § 14 i Sveriges geologiska undersöknings föreskrifter om miljökvalitetsnormer och statusklassificering för grundvatten (SGU-FS 2013:2 14) bestäms den kemiska statusen enligt följande:

*En grundvattenförekomst eller grupp av grundvattenförekomster har god kemisk grundvattenstatus när*

- 1. fastställda riktvärden för grundvatten enligt 5–7 §§ inte överskrids vid någon övervakningspunkt i denna förekomst eller grupp av förekomster, eller*
- 2. riktvärden för grundvatten överskrids i en eller flera övervakningspunkter i denna förekomst eller grupp av förekomster, men det är möjligt att visa att överskridandet inte skadar människa eller angränsande miljö och att möjligheten att använda grundvattnet inte försämras.*

*Om inget av dessa kriterier uppfylls är den kemiska grundvattenstatusen otillfredsställande.*

Enligt punkt 2 är det möjligt att MKN överskrids lokalt och/eller tillfälligt utan att grundvattenförekomstens kemiska status sänks till otillfredsställande. Det saknas tydlig vägledning om var brytpunkten går när överskridande blir så betydande att statusen förändras (Hogdin, 2017; Kjellson 2017, personliga kommentarer). Detta faktum påverkar den här riskhanteringsprocessen på följande vis:

- Konsekvenser analyseras utifrån ett lokalt perspektiv, det vill säga för en liten del av den totala grundvattenförekomsten. Det är dels nödvändigt för att kunna beräkna en teoretisk förändring i grundvattnets kvalitet och därmed särskilja olika konsekvensnivåer, dels förenligt med SGU-FS 2013:2 att beskriva variationer inom en och samma grundvattenförekomst. Områdets storlek bestäms för varje riskanalys. Se avsnitt 5.2.1 för en beskrivning av valt område för Ulleråkers riskanalys.
- Ett lokalt överskridande av MKN, eller gränsvärden för dricksvatten, bedöms innebära en mycket stor konsekvens (se avsnitt 2.4.2). Det är en tydlig signal om att sådana skadehändelser bör hanteras för att reducera risknivåerna.
- Eftersom ett lokalt överskridande av MKN kan tolereras med bibehållen god kemisk status för vattenförekomsten finns handlingsutrymmet att prioritera andra riskreducerande åtgärder om det bedöms vara bättre för att uppnå säkerhetsmålet.

## 2.3.3 Val av riskobjekt

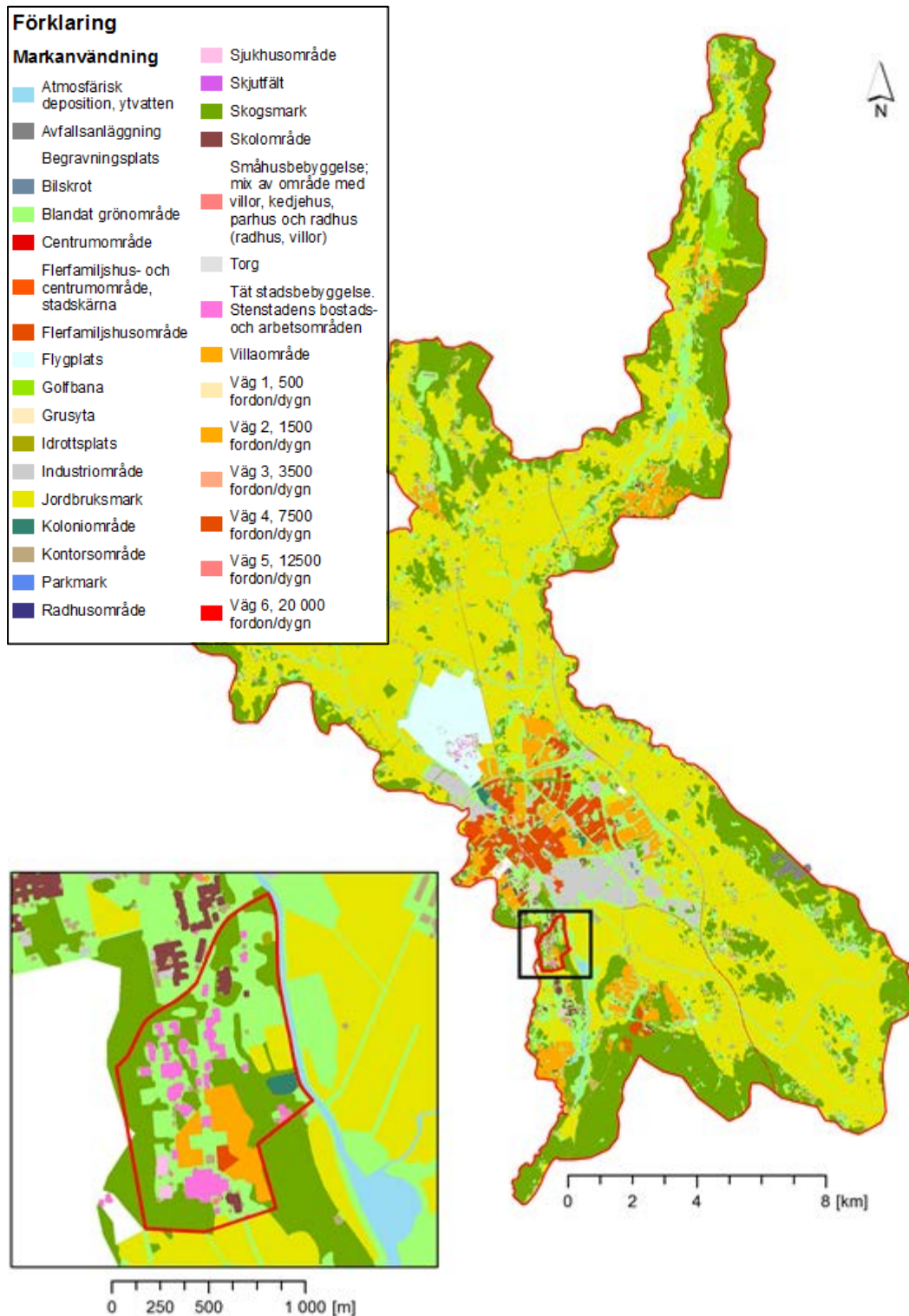
Riskhanteringsprocessens målsättning är att bidra till ett tillräckligt planeringsunderlag för att Uppsala ska kunna utvecklas på ett sådant sätt att grundvattenförekomsten har ett fullgott skydd idag och på lång sikt. För att kunna beskriva stadens utveckling – förändring – på ett sätt tillåter en systematisk identifiering av enskilda skadehändelser väljs markanvändningsytor som riskobjekt. Varje markanvändningsyta antas rymma en viss uppsättning av hela den mångfald av aktiviteter som sker i verkligheten.

### 2.3.3.1 Klassificering av markanvändningar

En markanvändningsyta avser i det här sammanhanget en sammanhängande geografisk yta med en viss markanvändning. Det kan därför finnas flera olika riskobjekt (markanvändningsytor) med samma markanvändning. Dessa kan hanteras enskilt eller gemensamt i riskanalysen, beroende på



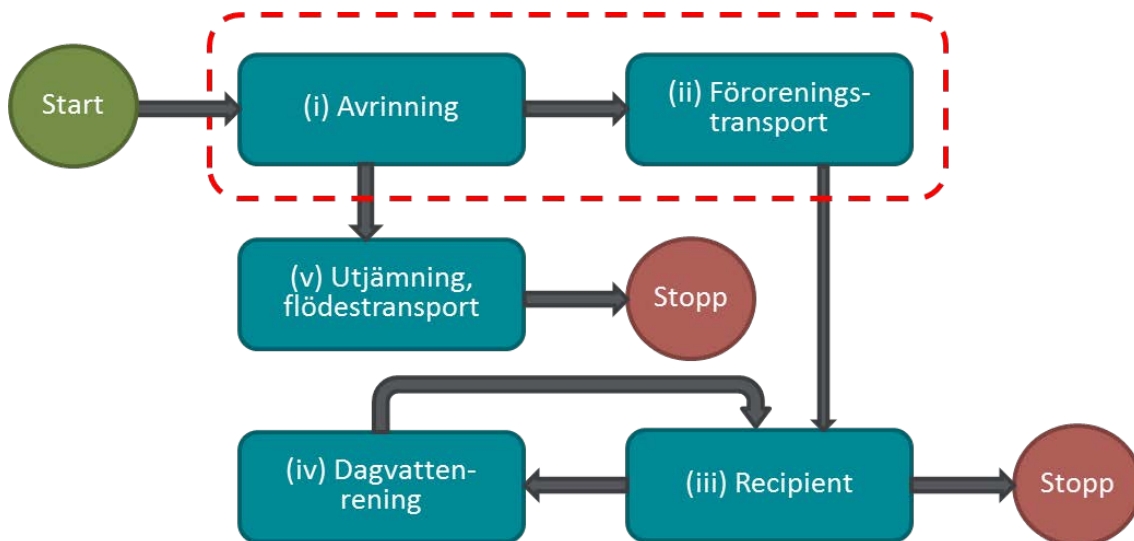
vad som är mest ändamålsenligt. Markanvändningsytorna identifieras med hjälp av underlagsdata från kommunens fastighetsregister och MSB:s olycksstatistik. Dessa samtolkas till klasser enligt den indelning som används i StormTac-modellen. Det är den modell som har valts för att beräkna diffus bruttobelastning från de olika ytorna. Se även avsnitten 2.3.3.2 och 3.2. Resultatet av markanvändningsklassificeringen framgår av Figur 4.



Figur 6. Dagens markanvändning i Ulleråker och hela Uppsalaåsen- och Vattholmaåsans tillrinningsområde, uttryckta i de markanvändningsklasser som används i riskanalysen.

### 2.3.3.2 Skattning av diffus bruttobelastning med hjälp av StormTac

Beräkning av den diffusa bruttobelastningen av olika föroreningar på markytan beräknas med hjälp av dagvatten- och recipientmodellen StormTac Web (Larm, 2000; StormTac, 2017). StormTac är en statisk modell som kan beräkna årsvärden av avrinning och föroreningsbelastningar i dagvatten. Den består av fem delmodeller: (1) avrinning, (2) föroreningstransport, (3) recipient, (4) dagvattenrening samt (5) utjämning och flödestransport (Figur 5). Modellen förutsätter att markytan klassificeras som en av ett stort antal typklasser som ingår i modellbiblioteket. Då fokus ligger på föroreningsbelastning är delmodellerna för avrinning och föroreningstransport relevanta för beräkningar i denna studie.



Figur 7. En schematisk skiss över hur de fem delmodellerna i StormTac kan integreras när modellen exekveras. Röd streckad linje markerar de delmodeller som används inom denna studie. Modifierad från Larm (2005).

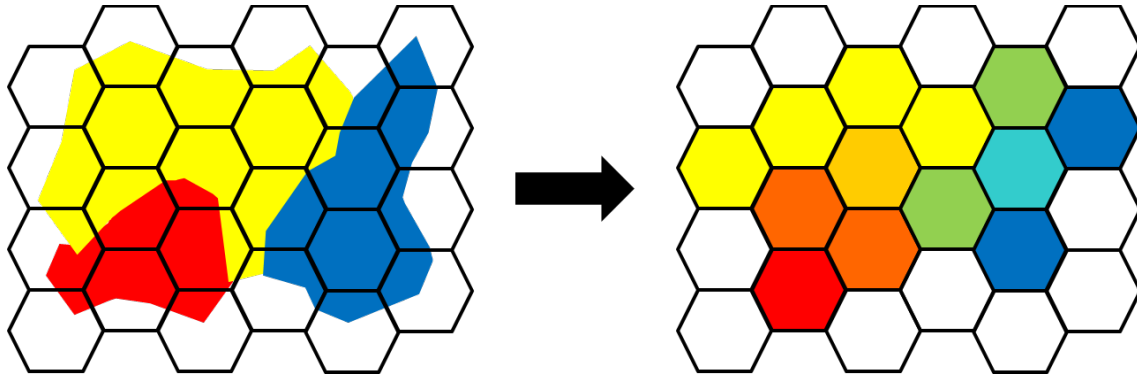
I StormTac beräknas volymen årlig dagvattenavrinning i avrinningsområdet för varje markanvändningsslag med hjälp av avrinningskoefficienter  $\phi_i$ , och areor,  $A_i$  ( $m^2$ ), samt årsnederbörd,  $P$  (mm). Den totala avrinningen via dagvattenledningarna inkluderar även basflöde, det vill säga det vatten som flödar mellan regntillfällena. Det härstammar från eventuellt grundvatten som läcker in till dagvattenledningsnätet och eventuellt anslutna husgrundsdräningar. I områden med högre avrinningskoefficienter (högre andel hårdgjord yta) blir andelen avrinning via basflödet mindre än i områden med lägre avrinningskoefficienter. För att beräkna den årliga föroreningsbelastningen i det till dagvatten avrinnande vattnet används schablonhalter för olika markanvändningar. Schablonhalterna representerar årsmedelhalter och användningen av dessa för beräkning av dagvattens föroreningstransport är en vedertagen metod (Alm m.fl., 2010). Schablonhalterna har tagits fram med hjälp av data från flera fallstudier där flödesproportionell provtagning använts (Larm, 2003). Olika schablonhalter finns för dagvatten och grundvatten.

Beräkning av den diffusa bruttobelastningen görs i GIS-miljö. Resultatet av beräkningen blir en årlig bruttobelastning per ytenhet av samtliga studerade ämnen (hänsynskrav) som har schablonvärden i StormTac. Genom att använda GIS är det möjligt att utläsa beräknad bruttobelastning för vilken ytenhet som helst i det studerade området.

### 2.3.3.3 Aggregering av diffus bruttobelastning på likstora riskobjekt

Eftersom olika markanvändningsytor kan ha vitt skilda storlekar och sträcka sig över olika hydrogeologiska strukturer delas det studerade området in i likstora hexagoner med sidan

100 meter, vilket ger arean 2,6 hektar. Vissa hexagoner kommer helt att utgöras av en markanvändningsklass, andra kommer att ligga på gränsen mellan två eller flera markanvändningsytor och därmed utgöras av en kombination. Oavsett vilket så kan de ingående ytelementens bruttobelastningar summeras till ett värde, som uttrycks som kg förorening per hexagon och år. Detta illustreras i Figur 6.



Figur 8. Schematisk illustration av hur diffus bruttobelastning på olikstora markanvändningsyta aggregeras på likstora hexagoner. Till vänster visas ett hypotetiskt fall med tre olika markanvändningsytor uppvisar olika bruttobelastning per ytenhet av en viss förorening. Genom att applicera ett nät av hexagoner över området summeras de olika ytelementens enskilda bidrag till en total bruttobelastning per hexagon. De hexagoner som kombinerar till exempel röd och gul bruttobelastning blir orange av olika intensitet, de som kombinerar gul och blå bruttobelastning blir gröna eller turkosa. I det här exemplet exkluderas de hexagoner längs områdets rand som mer än till hälften ligger utanför området.

I riskanalysen av Ulleråker har den här aggregeringen enbart använts för att visualisera resultaten av diffus bruttobelastning. Genom att använda hexagonerna blir det tydligare att resultaten är modellerade och läsaren får en mer intuitiv förståelse för att de inte exakt avspeglar verkligheten. Under det fortsatta utvecklingsarbetet i etapp 2 är avsikten att hexagonerna ska användas som riskobjekt och underlätta för att analysera skadehändelser som ger upphov till diffus belastning och punktbelastning i samma modell.

## 2.3.4 Identifiering av skadehändelser

Riskidentifieringen utgår från frågeställningen hur valda riskobjekt kan påverka det valda skyddsobjektet. I det här fallet innebär det hur olika markanvändningar kan påverka hänsynskraven (MKN i grundvattenförekomsten och gränsvärden för dricksvatten). För att en skadehändelse ska kunna påverka grundvattenresursen och därmed inkluderas i analysen, måste föroreningar som uppkommer kunna sprida sig genom jorden till grundvattnet:

- Direkt belastning på grund av läckage. För att en förorening ska kunna spridas krävs att det finns ett medium som kan transportera den, i detta fall är det vatten eller att ämnet som utgör föroreningen i sig är viskös.
- Indirekt belastning på grund av hydrogeologiska förändringar. Till exempel kan kraftiga grundvattennivåhöjningar, till följd av nederbörd, orsaka sekundära effekter såsom utbyte mellan akvifärer som annars inte har kontakt.

Urvalet av händelser som kan leda till en risk för grundvattenpåverkan har gjorts genom att identifiera vilka potentiella skadehändelser som kan förekomma inom olika befintliga och framtida markanvändningar. Genom att knyta skadehändelsen till en viss markanvändning underlättas dels identifieringen, eftersom olika aktiviteter och verksamheter bedrivs på olika markanvändningar, dels kvantifieringen i riskanalysen. *Sannolikheten* ska till exempel avspegla att trafikolyckor sker i

anslutning till vägar, medan bränder i bostäder sker i bostadsområden. Skadehändelsernas geografiska lokalisering är också viktig eftersom *konsekvensen* påverkas av de geologiska förhållandena och transporten från riskobjekt till skyddsobjekt.

Identifieringen av skadehändelser bygger på en kombination av skadehändelser som *har hänt* och som *skulle kunna hända* (det vill säga en kombination av deduktiv och induktiv analys). Den första kategorin är enklare både att identifiera och analysera, eftersom de i olika hög grad är kända sedan tidigare. Det är också dessa skadehändelser som dominerar aktuell riskanalys. Den senare kategorin – det okända – är svårare att uttrycka i termer av specifika orsak-verkan-samband, utan får istället hanteras med *what if*-analyser, det vill säga genom att analysera konsekvenser av allvarliga händelser. Se även avsnitt 2.4.2. En skadehändelse kan ha såväl kort som lång varaktighet i tid, liten eller stor utbredning i rummet och vara direkt eller indirekt orsakad av mänskliga aktiviteter. De beskrivs som vardagshändelser eller sällanhändelser som ger upphov till punktbelastning eller diffus belastning. Vardagshändelser utgörs av vardagliga och tillståndsgivna verksamheter och händelser. Här samlas den myriad av aktiviteter som ständigt pågår i en stad, men som var och en är för obetydlig för att urskilja. Sällanhändelser är plötsliga och tillfälliga. De kan orsakas av olyckor, haverier eller uppsåt. Exempel på olika skadehändelser ges i Tabell 3.

Tabell 3. Exempel på skadehändelser av olika typer

	Diffus belastning	Punktbelastning
Vardagshändelse	Dagvattenbelastning	Förorenat område
Sällanhändelse	Översvämning	Trafikolycka

## 2.4 Steg 2 – Riskanalys

Riskanalysen är det enskilt mest omfattande steget i riskhanteringsprocessen. I det här steget analyseras de identifierade skadehändelserna med avseende på sannolikhet och konsekvens, så att de kan sammanvägas till en bedömd risknivå. Så långt möjligt eftersträvas en kvantitativ analys av skadehändelser för att numeriskt kunna skatta risknivåerna, det vill säga riskernas "storlek". I många sammanhang är emellertid den kvalitativa ansatsen den enda framkomliga på grund av avsaknad av relevant data.

- En kvantitativ riskanalys förutsätter tillgång till underlagsdata. Det krävs för att beskriva dels skyddsobjektet – vad är rådande status? – dels riskobjekten – hur mycket av ett givet ämne kan komma att spridas. Ju mer platsspecifik och aktuell beskrivningen är, desto exaktare kan riskanalysen bli. I vissa fall finns data insamlat för Uppsala, till exempel genom UVAB:s kontrollprogram för råvatten. I andra fall finns generella schabloner som i brist på bättre får ansättas. I vissa fall saknas data. I de fallen kan ingen meningsfull kvantitativ analys genomföras.
- I de fall en kvantitativ riskanalys inte kan göras är den kvalitativa ansatsen, så kallad "expertbedömning" det enda alternativet. Kvalitativa analyser kan också vara värdefulla komplement till kvantitativa analyser eller användas för att göra rimlighetsbedömningar av kvantitativa analysresultat. Metoderna kan användas för både vardags- och sällanhändelser.

### 2.4.1 Sannolikhet

Inom matematiken är definitionen av sannolikhet hur ofta en händelse inträffar i genomsnitt när en oändligt lång tid betraktas. Detta innebär att även mycket ovanliga händelser – till exempel en stor

flygolycka – kan inträffa när som helst. Likaså kan två liknande händelser inträffa med kort mellanrum för att därefter utebli i flera hundra år. En skadehändelses sannolikhet uttrycks som frekvens enligt följande fyrgradiga skala:

- Mycket stor: Flera gånger per år, vardagshändelse.
- Stor: Enstaka gånger per år.
- Medelstor: Enstaka gånger per decennium.
- Liten: Enstaka gånger per sekel.

Observera att sannolikheten beror på om och i så fall hur skadehändelser aggregeras.

Sannolikheten är lägre för att en viss händelse ska inträffa inom ett geografiskt snävt avgränsat område, till exempel blottad åskärna, än någonstans inom ett större område, till exempel hela Ulleråker. Under riskanalysen är det därför viktigt att beakta vilken händelse eller scenario som betraktas, så att sannolikhet och konsekvens hanteras stringent. Det finns två kategorier av metoder för att hantera sannolikheter, deterministiska (konsekvensbaserade) och probabilistiska (sannolikhetsbaserade). I den här analysen används i första hand probabilistiska metoder, kompletterade med deterministiska. Probabilistiska (riskbaserade) metoder utgår ifrån att såväl sannolikheter för att olyckshändelser ska inträffa, som de konsekvenser dessa ger upphov till, är av betydelse för bedömning av risknivån. Deterministiska metoder utgår istället från att händelser som kan inträffa också kommer att inträffa. De inkluderar därmed värsta falls-betraktelser. Ett probabilistiskt synsätt har förutsättningar för att ge en god beskrivning av riskerna och ett gott beslutsunderlag, men kräver mer omfattande och i många fall svåråtkomligt underlagsdata än deterministiska metoder som är relativt enkla att genomföra och kommunicera. Nackdelen med att utgå från värsta tänkbara skadehändelse är att de i många fall leder till att orimligt stora resurser måste satsas på att förhindra att mycket osannolika olyckor inträffar, alternativt undvika att dessa olyckor får allvarliga konsekvenser.

#### 2.4.1.1 Metoder för sannolikhetsbedömning

Sannolikhetsbedömningen kan göras på olika sätt:

- Empiriska skattningar. Sannolikheten bedöms direkt utifrån tidigare inträffade händelser. Användbar olycksstatistik finns framförallt för frekventa olyckskategorier, exempelvis kollisioner inom transportsektorn och bränder i industri och samhälle. Med hjälp av jämförelser mellan den population som ligger till grund för statistiken och den analyserade skadehändelsen kan den förväntade frekvensen skattas.
- Logiska system. En annan möjlighet är att vi kartlägger de orsaker som tillsammans eller var för sig kan leda till händelsen, och sedan beräknar sannolikheten för skadehändelsen med hjälp av sannolikhetsdata för var och en av de ingående delhändelserna.
- Expertbedömningar. Sannolikheten uppskattas här utifrån subjektiva skattningar av personer med (mer eller mindre) god kännedom om aktuella förhållanden. Expertbedömningar ingår ofta (eller nästan alltid) som en del av "logiska system" ovan.

#### 2.4.1.2 Använd olycksstatistik för sannolikhetsbedömning

Den kvantitativa analysen av sällanhändelser förknippade med Ulleråker bygger på empiriska skattningar av olycksfrekvens. Inventering av olycksstatistik har gjorts genom kontakt med

Räddningstjänsten i Uppsala, MSB och Brandskyddsföreningen<sup>2</sup> samt Transportstyrelsen. Baserat på resultaten av inventeringen har följande olycksstatistik använts:

- Byggnads- och fordonsbränder samt utsläpp av farliga ämnen: MSB:s databas IDA (Indikatorer Data Analys). För dessa kategorier erhöles koordinater för ca 90 % av "utsläpp av farligt ämne" medan för bränder erhöles endast koordinater för "brand i fordon utomhus" och "brand i skog och mark". För övriga bränder i bostäder behöver tillstånd sökas för att hantera sekretessen kring bränderna. Räddningstjänsten i Uppsala kan bistå med specifik information om statistiken såsom koordinater men det kräver en manuell bearbetning av data som inte har rymts inom den genomförda analysens tidsramar.
- Trafikolyckor: Transportstyrelsens register Strada. Strada (Swedish Traffic Accident Data Acquisition) är ett informationssystem för data om skador och olyckor inom hela vägtransportssystemet. För trafikolyckorna erhöles koordinater.

## 2.4.2 Metod för att skatta konsekvens av diffus belastning

Den transport- och spädningmodell som används för konsekvensanalys av punktbelastning är inte applicerbar på den diffusa belastningen. Ett viktigt skäl är att de ekvationer som används för att beskriva de olika delprocesserna inte är tillämpliga på lerjordar, som dominerar Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde. Istället måste konsekvensbedömningen av diffus belastning begränsas till att jämföra skillnader mellan olika scenarier. Hur mycket ökar bruttobelastningen om den här förändringen sker eller den här skadehändelsen inträffar? Hur stor andel av bruttobelastningen härrör från en yta jämfört med en annan? Beroende på hur direkta jämförelserna är så kan mer eller mindre tillförlitliga antaganden göras om att transportprocessernas inverkan, det vill säga förhållandet mellan bruttobelastning och nettobelastning, är detsamma för båda scenarierna. Osäkerheten i konsekvensbedömningen blir därmed väsentligt större för diffus belastning än för punktbelastning (antaget att osäkerheten i bruttobelastningens storlek är densamma för en diffus belastning och en punktbelastning).

## 2.4.3 Metod för att beräkna konsekvens av punktbelastning

För punktbelastning är det möjligt att beräkna konsekvensen som koncentrationen av ett ämne i grundvatten som en konsekvens av ett utsläpp. Den transport- och spädningmodell som används för detta bygger delvis på den svenska riktvärdesmodellen för förorenad mark (Naturvårdsverket, 2009). Figur 7 nedan illustrerar schematisk de olika beräkningsstegen:

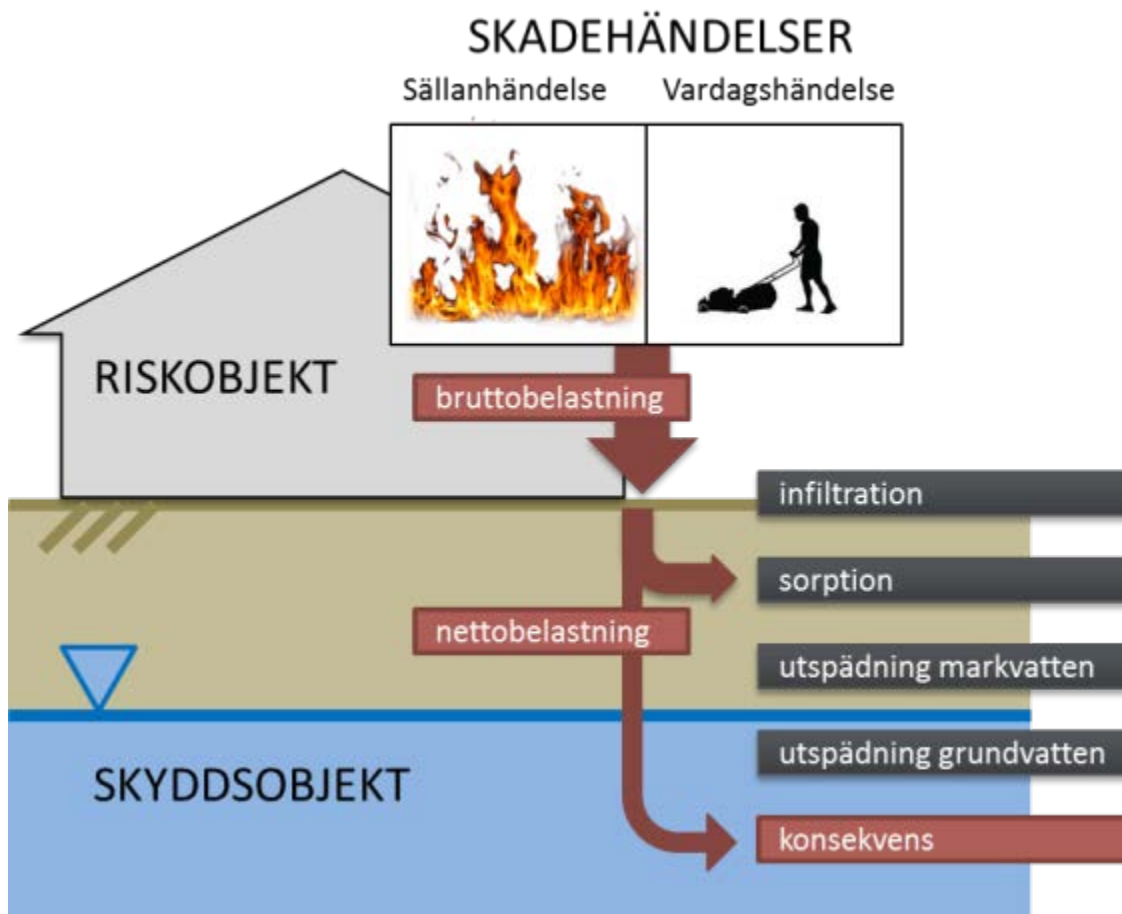
1. Skadehändelsen ger upphov till en bruttobelastning av ett eller flera av de kemiska ämnen som ingår i riskanalysen. För de flesta händelser sker belastningen på markytan. I andra fall sker belastning i marken, till exempel från förorenade områden.
2. Sker belastningen på markytan avgår en del med dagvattnet eller naturlig ytavrinning. Av den del som infiltrerar fastläggs ytterligare en del till partiklar i mark genom så kallad sorption. Den

---

<sup>2</sup> Brandskyddsföreningen för nationell olycksstatistik som en del av uppdraget från Trafikverket att sanera vägbanan på statlig väg.

återstående andel av bruttobelastningen som de facto når skyddsobjektet benämns nettobelastning.

3. Nettobelastningen, som transporteras genom markvattenzonen, späds i den betraktade grundvattenvolymen. I de fall där belastningen sker direkt på skyddsobjektet ger denna spädnings den teoretiska haltökningen av förorelningen, det vill säga konsekvensen. I de fall belastningen sker utanför skyddsobjektet beräknas även en sekundär spädnings, när tillrinnande grundvatten blandas med skyddsobjektet. Konsekvensen ges av det teoretiska halttillskottet i betraktad grundvattenvolym efter sekundär utspädning.



Figur 9. Konceptuell beskrivning av hur sambandet mellan riskobjekt och skyddsobjekt, det vill säga skadehändelserna, analyseras. Utgångspunkten är att konsekvensen orsakas av den andel av belastningen som når skyddsobjektet. På grund av olika processer under transport av förorelning från skadehändelsen minskar bruttobelastningen i högre eller mindre grad.

För riskbedömningen i Ulleråker har en stationär modell för beräkning av belastningens effekt i grundvatten använts. I stationära, till skillnad från tidsberoende modeller, antas att koncentrationen i det fasta material som emitterar förorelningar, är konstant. Den enda utspädning som tas med är den som sker i grundvattnet. Det innebär att de stationära modellerna ger den maximala halten som kan uppstå i grundvattnet på grund av utläckage från marken, oavsett när i tiden halten kan uppkomma.

I stationära modeller tas ingen hänsyn till att ämnen fastläggs i grundvattenzonen, nedbrytning som sker på vägen eller att en plym i grundvattnet kommer att spädas genom dispersion. I den

meningen är modellen konservativ. En avgränsning som däremot kan göra att den underskattar spridningen är att den bara hanterar föroreningar lösta i vatten. De stationära modellerna är inte särskilt krävande att använda med avseende på datakrav, vilket gör att de kan vara en lämplig startpunkt för beräkning av koncentrationer i grundvatten. Även med avseende på projekt med långa tidsperioder, osäkerheter i hur verksamheten ska bedrivas eller hur materialet påverkas över tid är det här angreppssättet lämpligt.

### 2.4.3.1 Infiltration

#### 2.4.3.1.1 Principer

Infiltrationen beskriver hur stor mängd vätska eller ämne som tränger in i markvattenzonen. För analysen av sällanhändelser görs antagandet att all belastning infiltrerar. Detta är konservativt, speciellt för större föroreningsmängder när övre markskikten i realiteten blir mättade och får minskad infiltrationskapacitet.

#### 2.4.3.1.2 Beräkningar

Från belastningsmängden har en koncentration i marken,  $C_s$  [mg/kg torrsvikt] beräknats enligt:

$$C_s = \frac{m_{bel}}{W \times L \times Z \times \rho_b}$$

där:

$m_{bel}$  är belastningens mängd [kg]

$\rho_b$  är torrdensiteten [kg/dm<sup>3</sup>]

$L$  är längden av det förorenade området i flödesriktningen [m].

$W$  är bredden av det förorenade området vinkelrätt flödesriktning [m].

$L$  är längden av det förorenade området i flödesriktningen [m].

$Z$  är djupet på den omättade markvattenzonen [m]

#### 2.4.3.1.3 Antaganden

Infiltrationsberäkning görs för båda fallen, dels direkt på åsen, dels på ett område 300 meter väster om åsen. Skillnaden mellan de båda fallen är att djupet på markvattenzonen antas vara större direkt på åsen än väster om den. Antagandena framgår av Tabell 14.

**Tabell 4. Antaganden för infiltrationsberäkning**

Parameter	Direkt på åsen	300 meter väster om åsen	Kommentar
$m_{bel}$	Enligt scenario	Enligt scenario	
$\rho_b$	1,5	1,5	
$W$	5 m	5 m	Konservativt antagande för större belastningar. Skulle större yta antagits hade belastningen på grundvatten minskat.
$L$	5 m	5 m	Som ovan
$Z$	10 m	4 m	I fallet direkt på åsen skattas djupet konservativt, i fallet väster om åsen skattas medeldjupet på markvattenzonen.



### 2.4.3.2 Sorption och desorption

Ämnen som transporteras genom marken kommer i högre eller lägre grad att bindas till markpartiklar. De här processerna kallas sorption (fastläggning) och desorption (frisättning). Fördelningen av föroreningen mellan olika faser i marken har stor inverkan på föroreningstransporten. Från den belastade volymen mark uppskattas en frisättning genom användning av ett linjärt samband mellan koncentration på fast fas och i lösning.

#### 2.4.3.2.1 Principer

Sorptions- och desorptionsberäkningarna följer den metodik som används bland annat i den svenska riktvärdesmodellen (Naturvårdsverket, 2009). Härifrån hämtas även värden på de konstanter och koefficienter som används i nedanstående beräkningar. Riktvärdesmodellen bygger på ett antal centrala antaganden:

- All förorening infiltrerar, som tidigare kostaterats, samt fördelas jämnt i volymen till en enhetlig koncentration som antas vara konstant med tiden. Det betyder att ingen nedbrytning eller borttransport från området sker. Antagandet är konservativt när det gäller nedbrytbara ämnen där risken baseras på livstidsexponeringen, exempelvis bensen.
- Fördelningen av förorening mellan fasta jordpartiklar, porvattenlösning, löst organiskt kol i porvattnet och porluft antas befinna sig i jämvikt. Jämviktskoncentrationerna beräknas med en fugacitetsmodell. Detta ger normalt sett en överskattning av koncentrationen förorening i lösning, men vid sällanhändelser är sannolikheten högre att föroreningen inte fördelas jämnt och därmed skapar kanaler i matrisen som innehåller betydligt högre koncentration än en markvätska ska göra annars.
- Koncentrationen av förorening i lösning antas vara proportionell mot halten av förorening som sorberat (fastlagts kemiskt) på jordmaterialet. Fördelningsfaktorn kallas  $K_d$ -värde. För organiska ämnen antas  $K_d$ -värdet vara proportionellt mot halten av organiskt kol i jorden.

I riktvärdesmodellen används  $K_d$ -värdet för att bestämma utlakningen av föroreningar baserat på totalkoncentrationer och inte endast det som är sorberat. Därför kan sambandet användas även i detta fall, då man utgår från en totalmängd.

Fördelningen av föroreningen mellan marklösning och porluften av flyktiga ämnen uppskattas med Henrys konstant  $H$ , det vill säga kvoten mellan ett ämnes ångtryck och löslighet i vatten.

#### 2.4.3.2.2 Beräkningar

Utgångspunkten är föroreningens totalkoncentration i marken,  $C_s$  [mg/kg torrsvikt]. Från  $C_s$  beräknas koncentrationen löst i porvattnet,  $C_w$  [mg/l], enligt:

$$C_w = C_s / \left[ K_d + \frac{(\theta_w(1 + K_{DOC} \times DOC) + \theta_a \times H)}{\rho_b} \right]$$

där:

$K_d$  är fördelningskoefficienten mellan jord och vatten [l/kg]

$\theta_w$  är jordens vattenhalt [ $\text{dm}^3$  vatten/ $\text{dm}^3$  jord]

$\theta_a$  är jordens lufthalt [ $\text{dm}^3$  luft/ $\text{dm}^3$  jord]

$H$  är Henrys konstant [dimensionslös]

$\rho_b$  är torrdensiteten [ $\text{kg}/\text{dm}^3$ ]

DOC är halt löst/mobilt organisk kol i grundvattnet [kg/l]

$K_{DOC}$  är fördelningskoefficient mellan löst mobilt organiskt kol och vatten [l/kg]

För organiska ämnen beräknas  $K_d$ -värdet enligt:

$$K_d = K_{oc} \times f_{oc}$$

där:

$K_{oc}$  är fördelningskoefficienten mellan vatten och organiskt kol [l/kg]

$f_{oc}$  är viktsfraktionen organiskt kol i jorden [dimensionslös]

$K_{oc}$ -värdet bestäms antingen direkt från försöksdata eller beräknas från ämnets fördelningsfaktor mellan oktanol och vatten,  $K_{ow}$  [l/kg] (van den Berg, 1995).

Föroreningens fördelning mellan jord och vatten,  $CF_{water-mob}$  [kg/l], ges av:

$$CF_{water-mob} = \frac{C_w}{C_s}$$

För ämnen som binds starkt till organiskt material kan transport med det rörliga organiska materialet vara betydelsefullt för spridningen. För att ta hänsyn till detta beräknas halten av rörlig förorening i marken såsom,  $C_{w,mob}$ :

$$C_{w,mob} = C_w \times (1 + K_{DOC} \times DOC)$$

där:

$DOC$  är halt löst/mobilt organiskt kol i markvattnet [kg/l]

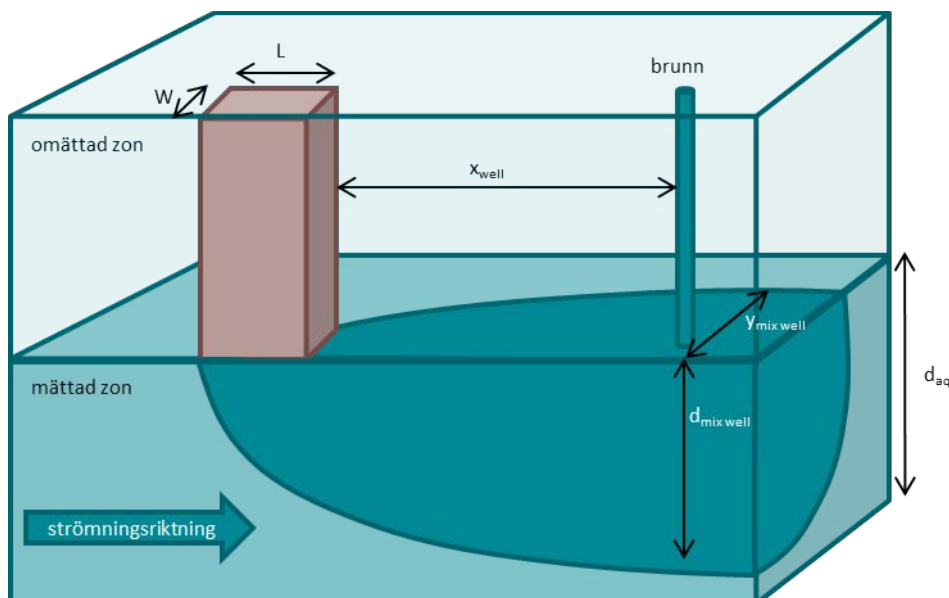
$K_{DOC}$  är fördelningskoefficienten för mobilt organiskt kol [l/kg]

$K_{DOC}$  ges antingen som en ämnesspecifik parameter eller, om inget värde ges, beräknas den för organiska föroreningar som:

Halten rörlig förorening används för beräkning av spridning till grundvatten och ytvatten.

### 2.4.3.3 Utspädning i grundvatten från markvatten

Väl nere i den mättade grundvattenzonen beaktas heller inte tid, utan endast utspädning genom omblandning samt genom inblandning med vatten som infiltrerar från marken nedströms det förorenade området. Det här är en modell som används av flera länder för beräkning av riktvärden eller miljökvalitetsnormer. Transportmodellen bedöms ge rimliga uppskattningar av föroreningsutspädningen och innehåller en rad platsspecifika parametrar som vid behov kan anpassas till aktuella förhållanden.



Figur 10. Schematisk bild av modellen för beräkning av utspädning med oförorenat grundvatten av en förorening som ligger ovanför grundvattnet, i den omättade zonen (markvattenzonen). Termerna i figuren används i beräkningarna som redovisas i kommande avsnitt.

#### 2.4.3.3.1 Principer

- Transportmodellen uppskattar utspädningen mellan porvattnet och grundvattnet i en given punkt nedströms det förorenade området.
- Föroreningarna lakas ut av infiltrerande nederbörd och transporteras genom jorden ned till grundvattenytan.
- I grundvattenzonen späds det förorenade vattnet med grundvatten som kommer uppströms ifrån, samt med vatten som infiltrerar mellan det förorenade området och den givna punkten.
- I grundvattenzonen sker ingen fastläggning av föroreningar och det förekommer inte någon nedbrytning av föroreningar.

#### 2.4.3.3.2 Beräkningar

Koncentrationen av föroreningen i brunnen,  $C_{gw-well}$  [mg/l], beräknas

enligt:

$$C_{gw-well} = DF_{gw-well} \times C_{w-mob}$$

$C_{w-mob}$  beskriver halten rörlig förorening i marken [mg/l].

Utspänningsfaktorn  $DF_{gw-well}$  [dimensionslös] beräknas enligt följande:

$$DF_{gw-well} = \frac{L \times I_r \times W}{K \times i \times d_{mix-well} \times (2 \times y_{mix-well} + W) + (W + y_{mix-well}) \times (L + x_{well}) \times I_r}$$

där:

$L$  är längden av det förorenade området i flödesriktningen [m].

$I_r$  är grundvattenbildningen [m/år].

$W$  är bredden av det förorenade området vinkelrätt flödesriktning [m].

$K$  är den hydrauliska konduktiviteten hos jorden [m/år].

$i$  är den hydrauliska gradienten [m/m].

$d_{mix-well}$  är tjockleken på blandningszonen [m].

$y_{mix-well}$  utgör tillsammans med bredden på det förorenade området ( $W$ ) utbredningen av blandningszonen [m].

$x_{well}$  är avståndet från det förorenade området till brunnen [m].

$d_{aq}$  är akvifärens mäktighet [m].

Tjockleken ( $d_{mix-well}$ ) av blandningszonen ges av följande uttryck:

$$d_{mix-well} = y_{mix-well} + d_{aq} \times \left( 1 - e^{-\left(\frac{(L+x_{well}) \times I_r}{K \times i \times d_{aq}}\right)} \right)$$

där:

$$y_{mix-well} = \sqrt{0,0112 \times (L + x_{well})^2}$$

#### 2.4.3.3.3 Antaganden

Beräkning av utspädning i grundvatten från markvatten görs för båda fallen, dels direkt på åsen, dels på ett område 300 meter väster om åsen. Skillnaden mellan de båda är dels avståndet, dels akvifärens mäktighet. Antagandena framgår av Tabell 16 respektive Tabell 17.

**Tabell 5. Antaganden för beräkning av utspädning i grundvatten från markvatten för sällanhändelser direkt på åsen**

Parameter	Enhet	Värde	Kommentar
grundvattenbildning - $I_r$	m/år	0,15	Enligt Sweco:s beräkning av grundvattenbildning i utbyggt Ulleråker.
spädningszon - $x_{well}$	m	20	Godtyckligt antagande för att kunna utföra beräkning
hydraulisk gradient - $i$	m/m	0,02	Relativt flack gradient, uppskattad baserat på jordart.
akvifärens mäktighet - $d_{aq}$	m	9	Medelmäktighet enligt VISS.

**Tabell 6. Antaganden för beräkning av utspädning i grundvatten från markvatten för sällanhändelser direkt på åsen**

Parameter	Enhet	Värde	Kommentar
grundvattenbildning - $I_r$	m/år	0,15	Enligt Sweco:s beräkning av grundvattenbildning i utbyggt Ulleråker.
avstånd till åsmaterial - $x_{well}$	m	300	Givet scenariot.
hydraulisk gradient - $i$	m/m	0,02	Relativt flack gradient, uppskattad baserat på jordart.
akvifärens mäktighet - $d_{aq}$	m	1	Uppskattat medeldjup.

#### 2.4.3.3.4 Känslighetsanalys av parametrar som bestämmer plymens längd

Beräkningsmodellen för konsekvenser av belastning från punktkällor är byggd på en rad olika modellantaganden. Genom denna känslighetsanalys visas hur olika parametrar påverkar utfallet av modellen.

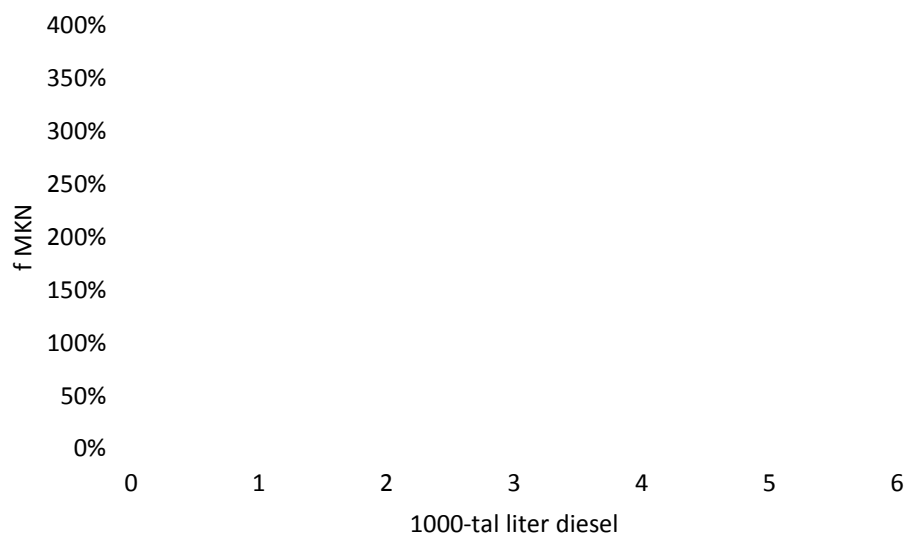
Utifrån Figur 23 och Figur 24 är det tydligt att längden på plymen spelar stor roll för resultaten med avseende på fMKN. I det första fallet är spädningszonen satt till 0 meter, vilket gör att avståndet till åsen får stort genomslag eftersom spädningszonen i den mindre akvifären (1 m mäktighet) blir så pass liten och att den sen späds i en liten volym i åsen (eftersom det antas att vattnet i åsen har högre hastighet än i tillrinnande grundvatten blir den initiala volymen i åsen

liten). I det andra fallet är det tydligt att åsens stora vattenföring leder till stor utspädning i och med att  $f_{MKN}$  sjunker mycket snabbt med avståndet från källan.

*Figur 11. Andelen av MKN ( $f_{MKN}$ ) som en funktion av avståndet till åsen, för belastningar utanför åsen. Samma antaganden i övrigt som beskrivs under metodbeskrivningen för konsekvensanalys.*

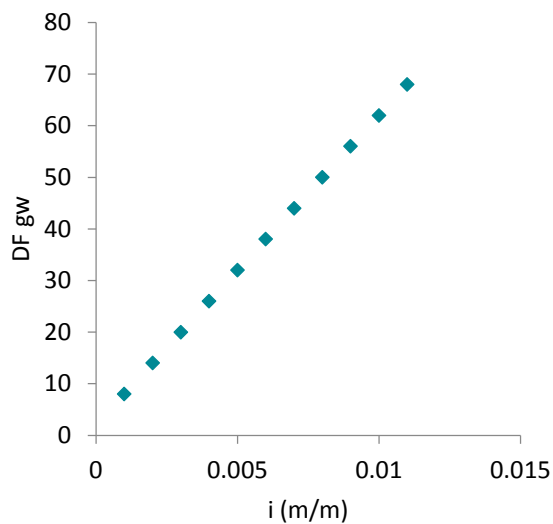
*Figur 12. Andelen av MKN ( $f_{MKN}$ ) som en funktion av spädningssonen i åsen, för belastningar på åsen. Samma antaganden i övrigt som beskrivs under metodbeskrivningen för konsekvensanalys.*

Figur 25 visar att konsekvensen, uttryckt som andelen av MKN ökar proportionellt med ökande mängd belastning. Detta, tillsammans med observationen ovan, visar att det är viktigare för överskridandet av MKN i en given punkt var belastningen sker än hur stort det är.

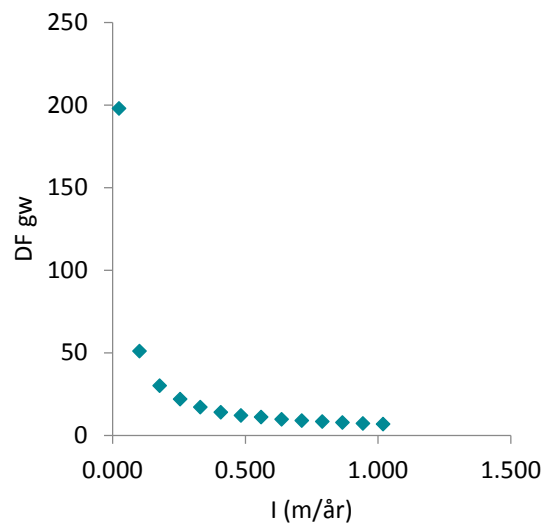


*Figur 13. Konsekvens (andel av hänsynskrav,  $f_{MKN}$ ) som funktion av mängd belastning. Konsekvensen ökar linjärt med ökande belastning.*

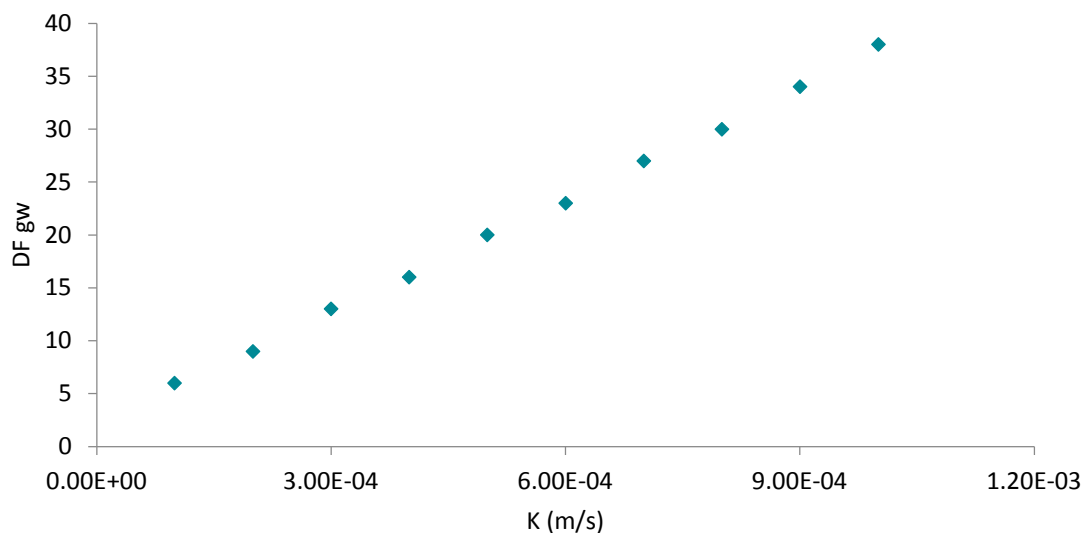
En faktor som spelar stor roll för beräkningar av koncentrationer är utspädningsfaktorn  $DF_{gw}$ . I nedanstående figurer visas hur denna är beroende av grundvattenytans gradient ( $i$ ), grundvattenbildningen ( $I$ ) och konduktiviteten ( $K$ ). Ökande gradient och konduktivitet ökar också  $DF_{gw}$  proportionellt, vilket är en konsekvens av ett ökat horisontellt grundvattenflöde som ger större utspädning av det vertikalt flödande förorenade vattnet. Grundvattenbildningen är tvärtom omvänt proportionell mot  $DF_{gw}$ , vilket beror på att det vertikala flödet försvinner när grundvattenbildningen försvinner.



Figur 14. Utspädningsfaktorn ( $DF_{gw}$ ) som funktion av grundvattenytans gradient ( $i$ ). Det horisontella grundvattenflödet och därmed utspädningen ökar linjärt med ökande gradient.



Figur 15. Utspädningsfaktorn ( $DF_{gw}$ ) som funktion av grundvattenbildning ( $I$ ). Utspädningen ökar snabbt med ökande grundvattenbildning, vilket beror på att det horisontella, utspädande flödet, ökar i förhållande till det vertikala.



Figur 16. Utspädningsfaktorn ( $DF_{gw}$ ) som funktion av hydraulisk konduktivitet ( $K$ ). Utspädningen ökar linjärt med ökande genomsläpplighet.

### 2.4.3.4 Utspädning i grundvatten via lokalt grundvatten

I de scenarier där belastning skett på sand har utspädning skett i två steg, varav det andra är från ett grundvatten till ett annat.

#### 2.4.3.4.1 Principer

Samma principer gäller som i spädningsmodellen ovan.

#### 2.4.3.4.2 Beräkningar

Utspädningsfaktorn  $DF_{gw-well}$  [dimensionslös] beräknas enligt följande:

$$DF_{gw-well} = \frac{W \times Z_f}{(2 \times y_{mix-well} + W) \times d_{mix-well}}$$

där:

$W$  är bredden av det förorenade området [m]

$Z_f$  är den förorenade plymens djup [m]

$d_{mix-well}$  är tjockleken på blandningszonen [m]

$y_{mix-well}$  är bredden på blandningszonen [m]

#### 2.4.3.4.3 Antaganden

Beräkning av utspädning i grundvatten via lokalt grundvatten görs för fallet där sällanhändelsen skett 300 meter väster om åsen och där initial utspädning sker utanför skyddsobjektet.

Antagandena för spädningsberäkningen framgår av Tabell 18.

**Tabell 7. Antaganden för beräkning av utspädning i grundvatten via lokalt grundvatten för sällanhändelser 300 meter väster om åsen**

Parameter	Enhet	Värde	Kommentar
hydraulisk konduktivitet – K	m/s	1.00E-03	Enligt UVAB:s beräkningar
längden av förorenat område – L	m	21,7	Samma som $y_{mix-well}$ ovan
Djupet av föroreningen	m	1,0	Samma som $d_{mix-well}$ ovan
bredden av det förorenade omr - W	m	2.0	Antagen bredd
grundvattenbildning – $I_r$	m/år	0.15	
spädningszon - $x_{well}$	m	20	

### 2.4.3.5 Beräkning av lokal konsekvens av punktbelastning

För att kunna relatera den modellerade koncentrationen i grundvattnet till en känslighet har MKN för grundvatten och livsmedelsverkets dricksvattenkriterier använt som utgångspunkt. Eftersom det saknas svenska bedömningsgrunder för de flesta petroleumkolvätena i grundvatten, har sådana hämtats från Naturvårdsverkets rapport 5976 – Riktvärden för förorenad mark där man härlett bedömningsgrunder från bland annat WHO:s dricksvattenkriterier.

Jämförelsen med MKN (eller annan bedömningsgrund) har gjorts genom att beräkna hur stor del av MKN som nås om grundvattnet när den modellerade koncentrationen. För flera metaller finns bakgrundskoncentrationer för Uppsalaåsen uppmätta av UVAB. I dessa fall har denna adderats till bidraget från belastningen. Påverkan har beräknats enligt:

$$f_{MKN} = \frac{c_{gw}}{c_{MKN} - c_{bg}}$$

där:

$c_{gw}$  är modellerad koncentration i grundvatten.  
 $c_{MKN}$  är MKN för aktuellt ämne.  
 $c_{bg}$  är bakgrundskoncentrationen för aktuellt ämne.

Bedömningen av skadehändelserna sker på basis av produkter eller belastning, medan alla beräkningar sker med ingående ämnen. Den slutliga påverkan från produkten eller belastningen sätts därför till den högsta  $f_{MKN}$  för alla ingående ämnen.

## 2.4.4 Klassning av beräknade och skattade konsekvenser

Konsekvensbedömningen görs med avseende på skyddsobjektets hänsynskrav. Det betyder att ju mer en skadehändelse försämrar vattenkvaliteten i Uppsalaåsen-Uppsala, desto allvarligare anses konsekvensen vara. Konsekvensanalysen innebär en beräkning eller skattning av den negativa följd en skadehändelse har för skyddsobjektet, givet att den faktiskt inträffar. Enligt resonemanget i avsnitt 2.3.2.4 så bedöms konsekvensen lokalt, inte för grundvattenförekomsten i dess helhet. Hur stor eller liten delvolym som betraktas bestäms vid inledningen av riskanalysen. Se även avsnitt 5.2.1 för vilken volym som använts vid riskanalysen för Ulleråker.

Det är viktigt att konsekvensbedömningen uppfattas som en entydig process. Osäkerheter om konsekvensen av en händelse hanteras på följande sätt:

- Vid liten osäkerhet om konsekvens, används den mest realistiska konsekvensen.
- Vid stor osäkerhet om den verkliga konsekvensen, görs en pessimistisk bedömning enligt försiktighetsprincipen.

En skadehändelses konsekvens uttrycks i förhållande till MKN (eller gränsvärde för dricksvatten) enligt en fyrgradig skala enligt Tabell 4. Skalan är antingen absolut eller relativ, beroende på om bakgrundshalten är känd eller okänd.

Tabell 8. Skala för konsekvensbedömning

Konsekvens	Ämne med känd eller ansatt bakgrundshalt	Ämne med okänd bakgrundshalt
Mycket stor	Den teoretiska halten överskrider MKN lokalt.	Den teoretiska av det aktuella ämnet ökar lokalt med mer än MKN.
Stor	Den teoretiska halten överskrider 75 % av MKN lokalt.	Den teoretiska av det aktuella ämnet ökar lokalt med mer än 10 % av MKN.
Medelstor	Den teoretiska halten överskrider 50 % av MKN lokalt.	Den teoretiska av det aktuella ämnet ökar lokalt med mer än 1 % av MKN.
Liten	Den teoretiska halten är lägre än 50 % av MKN lokalt.	Den teoretiska av det aktuella ämnet ökar lokalt med mindre än 1 % av MKN.

Eftersom säkerhetsmålet är att god kemisk och kvantitativ grundvattenstatus uppnås och behålls sätts ett lokalt överskridande av hänsynskraven till den högsta konsekvensnivån, "mycket stor". För ämnen med känd bakgrundshalt görs indelningen av de lägre nivåerna linjärt i steg om 25 %-enheter. "Medelstor" konsekvens uppstår därmed när den teoretiska halten lokalt överskrider 50 % av hänsynskravet, vilket typiskt sett motsvarar utgångspunkten för att vända trend enligt MKN (se avsnitt 2.3.2.1). Nivåindelningen för ämnen med okänd bakgrundshalt görs istället logaritmiskt, det vill säga att den lägre nivån är en tiondel av den övre. Det är en vanlig ansats för att möjliggöra expertbedömningar. Mindre skillnader mellan olika nivåer kan ofta vara svåra att särskilja vid en



bedömning utan kvantitativ underlagsdata. Vidare skulle högre nivåer riskera att "dölja" teoretiska överskridande av hänsynskravet, eftersom den totala halten är summan av ökningen och den okända bakgrundshalten. Det här innebär också att bedömningen tar viss höjd för kumulativa effekter. En skadehändelse som orsakar en mycket stor konsekvens leder ensam till ett teoretiskt överskridande av hänsynskraven lokalt. Däremot krävs det flera samverkande skadehändelser med stor konsekvens för att den kumulativa teoretiska halten ska överskrida hänsynskravet lokalt, och ett mycket stort antal skadehändelser med medelstor konsekvens. För de ämnen som har en känd bakgrundshalt i grundvattnet uttrycks konsekvensen som den teoretiska halt som uppstår till följd av analyserad skadehändelse. Bakgrundshalten är i vissa fall känd genom Uppsala Vattens kontrollprogram (se avsnitt 3.2.1.1). För andra ämnen kan generella bakgrundshalter ansättas, till exempel enligt Naturvårdsverkets riktvärdesmodell (2016). Osäkerheten ökar naturligtvis eftersom jämförelsen görs mot en generell bakgrundshalt istället för en skattning av den verkliga halten i grundvattnet. För de ämnen där det saknas såväl uppmätta som generella bakgrundshalter uttrycks konsekvens som andel av hänsynskrav. Skillnaden mellan de båda ansatserna är att i det förnämnda fallet blir konsekvensen högre för ett ämne vars bakgrundshalt ligger nära MKN, än för ett ämne där marginalen är större. Det kan inte vägas in för de ämnen där bakgrundshalter saknas.

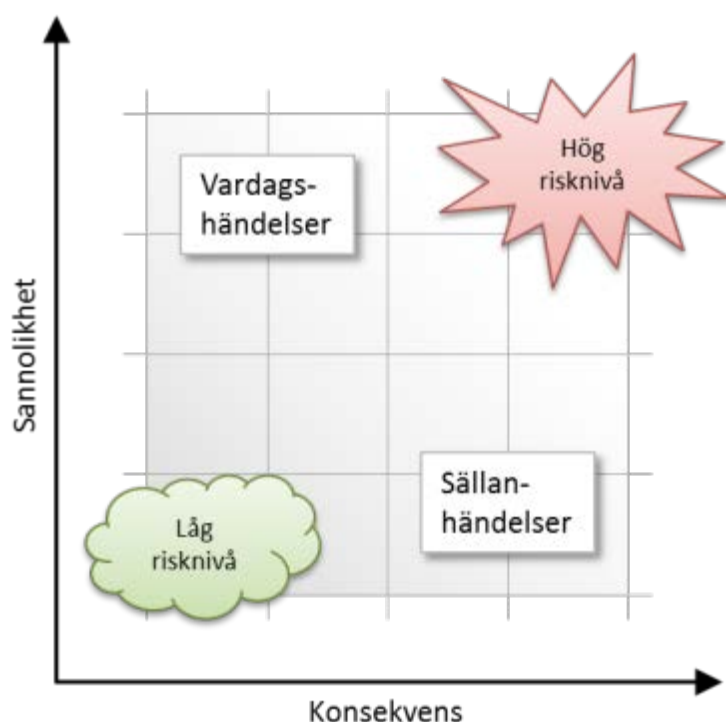
Observera att det har mycket stor betydelse hur stor eller liten grundvattenvolym som betraktas. Skulle en enskild skadehändelse analyseras med avseende på hur den påverkar grundvattenförekomsten i sin helhet blir konsekvensen helt obefintlig för i stort sett varje tänkbar händelse, eftersom åsens volym är så stor och det teoretiska haltbidraget så litet. (För ämnen vars kända bakgrundshalt redan överskrider MKN bedöms konsekvensen i och för sig vara mycket stor även för ett litet bidrag i enlighet med icke försämringsprincipen. Observera även att det är teoretiska halter som uttrycks i konsekvensanalysen. Även i de fall bakgrundshalten anses vara känd, så är den aldrig känd för exakt den punkten vid exakt den tidpunkten som skadehändelsen inträffar. Det är heller inte möjligt att exakt ange hur mycket denna halt förändras på grund av belastning från en hypotetisk händelse. Riskanalysen kan med andra ord inte användas för att förutsäga (simulera) framtida halter i grundvattnet. Riskanalysen kan endast användas för sitt syfte, nämligen att beskriva vad som kan tänkas ske i framtiden, med vilken sannolikhet och vad konsekvensen i så fall blir. Är syftet att beräkna den nuvarande eller framtida halten av ett eller flera ämnen i grundvattnet krävs en modell med en annan ansats. Bland annat krävs det att man beslutar sig för vilka händelser och processer som faktiskt kommer att ge upphov till påverkan. En sådan modell hanterar med andra ord sannolikheter väsentligt annorlunda än en riskanalys.

I arbetet med att bedöma konsekvensen kan det visa sig att händelsen framstår som orsak till en ny oönskad händelse. Metodiken kan inte i sig hantera sådana kedjor. Det måste därför hanteras i två steg i analysen. För det första bedöms konsekvensen av den ursprungliga (överordnade) skadehändelsen på en övergripande nivå. För det andra läggs den nya underordnade händelsen till analysen (om den inte redan finns med). Konsekvensen bedöms separat på en mer detaljerad nivå.

## 2.4.5 Risknivå

Riskenivån bestäms av kombinationen av sannolikhet och konsekvens. En skadehändelse som sker ofta, eller med hög sannolikhet, och orsakar en allvarlig konsekvens har en hög risknivå. Motsatt gäller att ovanliga skadehändelser som orsakar lindriga konsekvenser har en låg risknivå. Vardagshändelserna har hög sannolikhet och kan därför oftast förväntas ha låg konsekvens. Kända vardagshändelser med hög konsekvens har rimligtvis redan åtgärdats om konsekvensen är känd.

Sällanhändelserna har lägre sannolikhet men i vissa fall hög konsekvens. Detta illustreras schematiskt i Figur 8.



Figur 17. En schematisk riskmatris. Kombinationen av hög sannolikhet och hög konsekvens innebär en hög risknivå. Omvänt ger låg risknivå. Händelser med hög sannolikhet, oavsett konsekvens, betraktas i den här analysen som vardagshändelser, till skillnad från sällanhändelser som har en låg sannolikhet. Sannolikhet kan även uttryckas som frekvens, till exempel som antal tillfällen per år, där en hög sannolikhet innebär att händelsen statistiskt sett inträffar ofta.

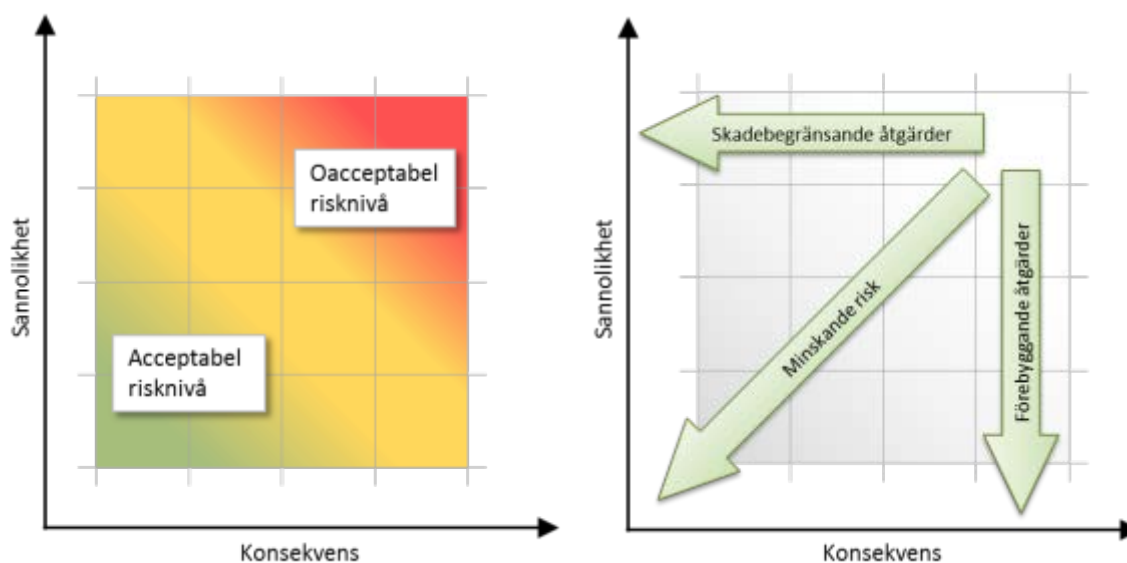
Riskhanteringsprocessen för Uppsala- och Vattholmaåsarna syftar till att kunna jämföra hur riskbilden förändras från dagens situation vid olika stadsutvecklingsalternativ. I den här utredningen tillämpas den på det utbyggda Ulleråker enligt Planprogram 2016.

Som konstaterades inledningsvis ligger riskanalysens styrka främst i att uppmärksamma vilka risker som är kända och vilka risknivåer de bedöms ha, snarare än att självständigt ge mer eller mindre tillförlitliga svar på frågor om lokalisering eller skyddsåtgärder. Det beror delvis på de oundvikliga osäkerheter som varje riskhanteringsprocess rymmer på grund av förenklingar och brist på tillförlitliga kvantitativa beskrivningar av de förhållanden och händelser som omfattas, delvis på det faktum att risknivå är ett abstrakt begrepp. En viss risknivå enbart kan tolkas i det sammanhang som den aktuella riskhanteringsprocessen definierar. Att en skadehändelse bedöms ha en "hög risknivå" betyder i sig självt ingenting. Det är först i jämförelse med en annan skadehändelse med annan risknivå som bedömningen börjar bli meningsfull. Risknivåer bör med andra ord uppfattas som relativa snarare än absoluta. Det kan till exempel ske i termer av risknivå före respektive efter en analyserad förändring eller rangordning mellan analyserade skadehändelser. På så vis elimineras analysens osäkerheter i någon mån, genom att de i hög grad är desamma för de betraktade alternativen.

## 2.5 Steg 3 – Riskhantering

Det avslutande steget i riskhanteringsprocessen är just att hantera de analyserade riskerna. Baserat på vilket säkerhetsmål man har satt måste man ta ställning till vilken risknivå som är acceptabel. De skadehändelser som bedöms som oacceptabla måste hanteras genom riskreducerande åtgärder. Vad som anses vara en acceptabel risknivå kan bero på många olika faktorer och kan därför inte bestämmas "vetenskapligt". En del i detta är att ta ställning till om värderingen av acceptabel risknivå görs för varje enskild risk eller för den samlade riskbilden. I det första fallet måste varje skadehändelses risknivå reduceras till "acceptabel". I det senare fallet kan enstaka skadehändelser ha högre risknivåer, så länge summan av samtliga skadehändelsers risknivåer är acceptabel. Det ger en större flexibilitet att vidta riskreducerande åtgärder där man uppnår störst total nytta till lägsta kostnad, än om man måste åtgärda specifika skadehändelser.

När riskvärderingen är gjord har man kommit fram till vilka risknivåer som måste reduceras. Det kan antingen ske genom skadeförebyggande åtgärder (det vill säga minska sannolikheten för att händelsen ska inträffa) eller skadebegränsande åtgärder (det vill säga minska konsekvensen när händelsen väl inträffar), eller en kombination av båda. För sällanhändelser är det ofta lämpligt att inrikta sig på skadebegränsande åtgärder, medan det för vardagshändelser är lämpligt med förebyggande. Figur 9 illustrerar de här principerna.



Figur 18. Riskhanteringsens två moment. I första momentet tas ställning till vilka risker som anses vara acceptabla och vilka som anses vara oacceptabla. I vissa fall krävs fördjupad analys av skadehändelsen ifråga för att avgöra detta. Oacceptabla risker behöver därefter åtgärdas, så att risknivåerna reduceras, antingen genom att händelserna förebyggs (minska sannolikheten) eller genom att skadan begränsas (minska konsekvensen), eller genom en kombination av båda. Åtgärder kan utgöras både av tekniska och icke-tekniska element.

### 2.5.1 Värdering av risk

Riskanalysen ger en så heltäckande och rättvisande bild av den studerade risksituationen som tillgängliga resurser tillåter. Resultatet av riskanalysen måste därefter värderas innan beslut kan fattas om riskreducerande åtgärder. Det innebär att den huvudsakligen ingenjörsmässiga ansats som dominerar riskinventering och riskanalys (även om många mjuka frågor såsom mänskligt beteende med mera också kan ingå i analysen) kompletteras med fler perspektiv, till exempel:

- Enskilda individers och samhällsrepresentanters *upplevelse* av den aktuella risken. Riskreducerande åtgärder kan vidtas för att stilla oro.
- *Nyttan* av den verksamhet som ger upphov till risken. Detta kan vara en verklig eller upplevd nytta. Varutransporter till en skola kan betraktas som en mer acceptabel risk än privatbilism även om risknivåerna skulle vara desamma.
- Riskens karaktär. Värdering av risker kan ske på individ-, organisations- och på samhällsnivå. Värderingen av vilka risker som anses vara acceptabla och vilka som på ett eller annat sätt måste reduceras måste med andra ord göras efter en sammanvägning av många olika överväganden. Beslut baserade på risknivåer är oftast komplicerade på grund av den mångdimensionella karaktären av riskerna. Detta kan underlättas på flera mer eller mindre systematiserade och transparenta vis. Det ligger utanför det här uppdraget att genomföra en riskvärdering av analysresultaten. Däremot föreslås följande tillvägagångssätt för hur en sådan värdering bör ske:

4. (Eventuellt finanalys)
5. Avgör vem som ska involveras
6. Definiera åtgärdsnivåer (se nedan)
7. Skatta åtgärdsnivåernas riskreducerande effekt
8. Besluta om hållbarhetsindikatorer
9. Skatta åtgärdsnivåernas utfall för hållbarhetsnivåerna
10. Prioritera hållbarhetsindikatorerna
11. Beräkna det viktade hållbarhetsutfallet för respektive åtgärdsnivå

Resultatet av en sådan blir ett dokumenterat beslutsunderlag. Ställningstagandena i de olika stegen kommer att ge upphov till diskussion om vilka förenklingar som är nödvändiga och rimliga givet uppgiften och hur de kan tänkas påverka beslutsunderlaget. Beslutet om vilka riskreducerande åtgärder som ska vidtas behöver därför inte överensstämma med vilken åtgärdsnivå som fick det högsta hållbarhetsutfallet. Beslutet måste göras utifrån en samlad bedömning. Några principer eller allmänna utgångspunkter som kan tjäna som vägledning för att ta slutlig ställning till beslutsunderlaget kan vara:

- Rimlighetsprincipen. En verksamhet bör inte innebära risker som med rimliga medel kan undvikas eller minskas. Detta innebär att risker som med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras alltid ska åtgärdas (oavsett risknivå).
- Proportionalitetsprincipen. De totala risker som en verksamhet medför bör inte vara oproportionerligt stora i förhållande till nyttan (intäkter, produkter, tjänster et cetera) som verksamheten medför.
- Fördelningsprincipen. Riskerna bör vara skäligt fördelade inom samhället i relation till de fördelar som verksamheten medför. Detta innebär att enskilda personer eller grupper inte bör utsättas för oproportionerligt stora risker i förhållande till de fördelar som verksamheten innebär för dem.
- Principen om undvikande av katastrofer. Riskerna bör hellre realiseras i olyckor med begränsade konsekvenser, som kan hanteras av samhällets tillgängliga räddningsresurser, än i stora katastrofer. Med andra ord är det viktigare att reducera de högsta konsekvenserna än de högsta risknivåerna. Konsekvens ges större vikt än sannolikhet.

## 2.5.2 Systematisk riskreduktion

Risker kan antingen elimineras, det vill säga helt ta bort skadehändelsen, eller reduceras. Reduktion kan uppnås antingen genom förebyggande åtgärder av olika slag för att minska sannolikheten att händelsen inträffar, eller skadelindrande åtgärder som minskar konsekvensen av en inträffad händelse, eller en kombination av båda. Det är därför naturligt att ta riskanalysen som utgångspunkt när vi ska bestämma vilka riskreducerande åtgärder som bör vidtas. För att eventuella riskreducerande åtgärder ska ha önskvärd effekt är det viktigt att de påverkar orsaker till väsentliga skadehändelser. En systematisk orsakskartläggning, som fokuserar på skadehändelsen, är här nödvändig. Observera att riskanalysen ofta har beskrivit skadehändelserna med orealistiskt konservativa antaganden, vilket i värsta fall kan leda till fel beslut om de även används för att identifiera verkliga orsaker. Det är viktigt att orsakskartläggningen genomförs förutsättningslöst och systematiskt.

Liksom för riskvärdering ingår inte heller att identifiera faktiska riskreducerande åtgärder i uppdraget. Vi begränsar oss här till att ge vissa utgångspunkter och ramar för hur åtgärder bör väljas i samband med riskvärderingen:

1. Välj målsättning för den riskreducerande åtgärden. Den primära målsättningen för åtgärder inom ramen för den här riskhanteringsprocessen är att minska riskerna för att MKN överskrids i grundvattenförekomsterna till acceptabel nivå. I vissa fall kan sekundära målsättningar adderas så att åtgärder som även minskar risker för grundvattnet i övrigt, ytvattenrecipienter, dagvatten och/eller mark prioritera.
2. Överväg förebyggande åtgärder.
3. Överväg skadelindrande åtgärder.
4. Överväg katastrofhanterande åtgärder.
5. Utforma ändamålsenliga kontrollprogram för att följa upp och utvärdera åtgärdernas effektivitet. Uppföljningen bör omfatta alla åtgärder, såväl tekniska som icke-tekniska.

## 2.6 Fortsatt utveckling av riskhanteringsprocessen

Process- och metodbeskrivningen ovan är resultatet av etapp 1 i utvecklingsarbetet. Under den genomförda etappen har ett antal vägval gjorts under framtagandet av riskhanteringsprocessen. Det vanligaste valet har stått mellan förenkling och fördjupning. I flera fall har den enklare vägen valts. En viktig anledning till det är att etapp 1 varit begränsad till att utnyttja redan tillgänglig data för analysen. I andra fall har valet motiverats med att det ökat processens och metodens begriplighet och lättanvändbarhet jämfört med alternativet.

Som beskrivs i avsnitt 1.1.1 är den här rapporten ett delresultat från ett pågående projekt som syftar till att ta fram riktlinjer för hållbar markanvändning i Uppsala och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde. Riskhanteringsprocessen är med andra ord inte fullständig, utan kommer att vidareutvecklas i etapp 2. Tillämpningen på stadsutvecklingsprojektet Ulleråker, som redovisas i kapitel 5, har varit värdefull för att utvärdera riskhanteringsprocessen i dess nuvarande version. I avsnitt 6.2 beskrivs utvecklingsbehovet.

## 3 Beskrivning av området

### 3.1 Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde

Uppsala- och Vattholmaåsarna används i det här sammanhanget som samlingsnamn på en grupp av sex olika grundvattenförekomster (se Figur 3). De utgör dricksvattenförekomster<sup>3</sup> enligt ramdirektivet för vatten och har därmed ett starkt formellt skydd. Ramdirektivet syftar till att garantera tillgången på dricksvatten av god kvalitet. Enligt artikel 7 i ramdirektivet ska medlemsstaterna skydda sådana områden från försämring av deras kvalitet. Enligt ramdirektivet för vatten ska god kemisk status för grundvatten i Uppsala- och Vattholmaåsarna uppnås senast 2027. För att stärka och tydliggöra vattenförsörjningsintresset i samhällsplaneringen har Havs- och Vattenmyndigheten pekat ut Sveriges viktigaste områden med anläggningar för vattenförsörjning. Uppsalaåsens dricksvattenanläggningar utgör sedan september 2016 ett riksintresse. Riksintresset består av områden med råvattenanläggningar (brunnsområdena och infiltrationsområdena), områden med vattenverk och områden med distributionsanläggningar. Åsen, liksom kommunens andra vattentäkter, klassas som ett vattenskyddsområde, och skyddas genom beslutade skyddsföreskrifter. Inom det området finns olika restriktioner för att förhindra föroreningar och för att se till att grundvattnets kvalitet inte försämras.

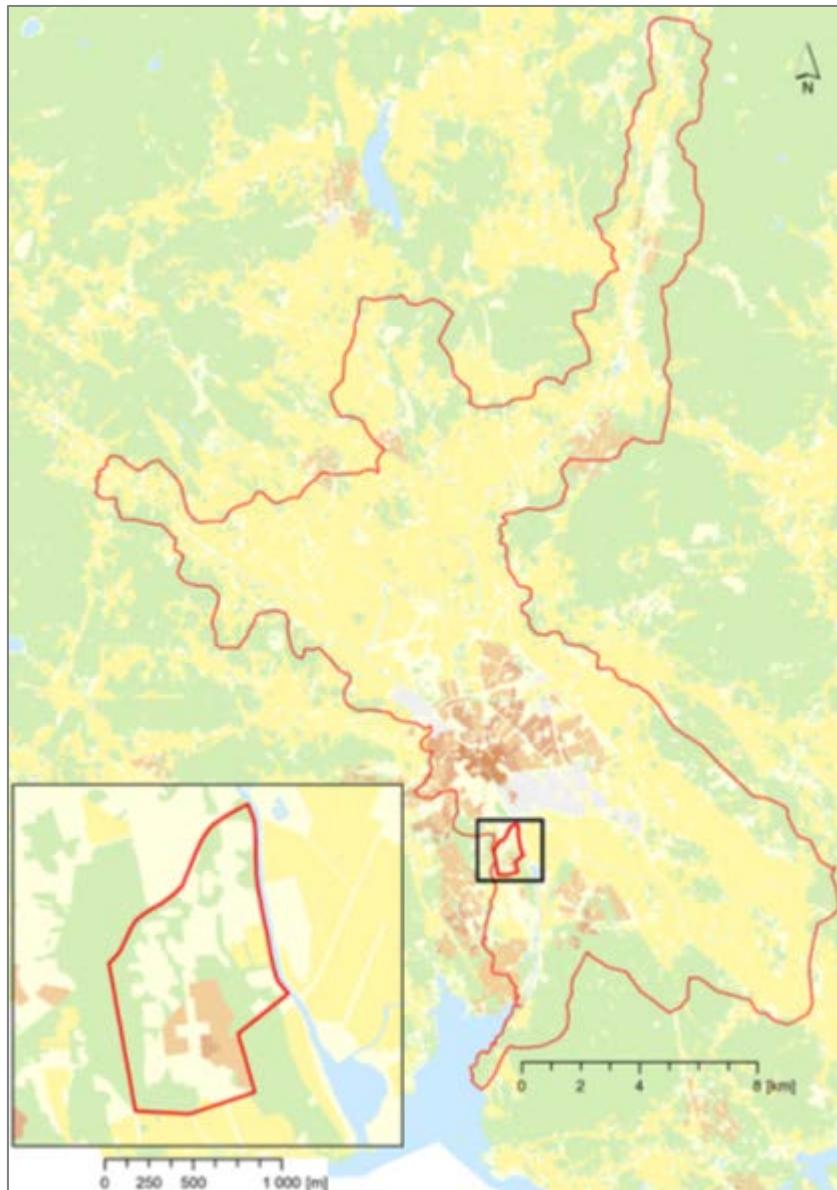
Uppsala- och Vattholmaåsarna är en del av ett stort stråk av isälvsavlagringar som har sin början på Södertörn, cirka fyra mil sydväst om Stockholm, och slutar i Gävlebukten öster om Gävle (SGU 2016c). Till stora delar täcks åsens isälvsmaterial av finsediment och i vissa avsnitt är åsen helt dold. I Uppsalatrakten förekommer åsen både som topografiskt framträdande åsryggar i dagen och under mer än femtio meter djupa lager av finsediment. Uppsalaåsen utgör huvudstråket som löper i nord-sydlig riktning genom Uppsala. Vattholmaåsen ansluter från nordost. Jumkilsåsen och Sävjaån löper i nordväst-sydostlig riktning under och genom Uppsala. Dessa har alla väsentligt mindre mäktighet<sup>4</sup> än Uppsalaåsen. Åsarnas tillrinningsområde är cirka 270 km<sup>2</sup> enligt Figur 10. Uppsala ligger tämligen centralt i området och Ulleråker i den södra delen vid tillrinningsområdets västra rand. Den del av åsen som löper genom staden och Ulleråker fram till Ekoln i Mälaren benämns Uppsalaåsen-Uppsala. Jordarna och grundvattnet i Uppland ligger i ett kalkpåverkat område. Detta område utgörs av urberg men jordarna är kalkhaltiga genom sitt bergartsinnehåll som delvis har sitt ursprung i sedimentära bergarter i Bottenhavet (SGU, 2013). Motståndskraften mot försurning blir därför högre vilket förstärks av läget under högsta kustlinjen med förekomst av leror och andra finkorniga jordar. Höga naturliga kloridhalter kan förekomma i kustnära områden samt från kvarvarande relik havsvatten i berggrund och jordlager. Problem med höga kloridhalter kan framförallt uppträda i djupt borrade brunnar. I områden där åsmaterialet går i dagen varierar medelgrundvattenbildningen i olika delar av modellområdet från knappt 250 till drygt 300 mm/år. Även om den specifika grundvattenbildningen är högst i dessa

---

<sup>3</sup> Med dricksvattenförekomster avses de vattenförekomster som ger mer än 10 m<sup>3</sup> dricksvatten per dag i genomsnitt eller som betjänar mer än 50 personer, eller som är avsedda för sådan framtida användning.

<sup>4</sup> Mäktighet avser "tjockleken" av det aktuella geologiska lagret. Huvudåsens vattenförande mäktighet överstiger ställvis 30 m och åsens centrala delar ligger ofta direkt på berg. Den vattenförande mäktigheten i biåsarna i Sävjaåns och Jumkilsåns dalgångar är oftast inte mer än ca 5 m, medan den i Vattholmaåsen ställvis är mer än 10 m (SGU 2016 c).

områden bildas dock huvuddelen av det grundvatten som tillförs åsen i den resterande delen av åsens tillrinningsområde (SGU, 2016c).



Figur 19. Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde är totalt cirka 270 km<sup>2</sup>. I områdets södra del är programområdet Ulleråker markerat. Det är också förstorat i den infällda figuren nere till vänster. Programområdet beskrivs i kapitel 4 och utgör geografisk avgränsning för riskanalysen som presenteras i kapitel 5. Det är drygt etthundra hektar stort.

## 3.2 Skyddsobjekt och hänsynskrav

### 3.2.1 Nuvarande status enligt vattenförvaltningen

Grundvattenförekomsten bedöms ha otillfredsställande kemisk status med avseende på PFAS 11, BAM och klorerade kolväten.

Enligt VISS<sup>5</sup> har Uppsalaåsen-Uppsala god kvantitativ status, men otillfredsställande kemisk status med avseende på överskridna riktvärden bekämpningsmedlen 2,6-diklorbensamid<sup>6</sup> (även förkortat BAM), PFAS11<sup>7</sup> och klorerade kolväten<sup>8</sup> (VISS, 2017, Internet). Även Sävjaån-Samnan i sydöstra delen av tillrinningsområdet uppnår inte god kemisk status med avseende på PFAS 11. Övriga grundvattenförekomster i tillrinningsområdet har god kemisk status. Samtliga sex vattenförekomster har god kvantitativ status.

Ett överskridet riktvärde innebär att halten av det ämnet över huvud taget inte får öka i grundvattenförekomsten. Eftersom delar av Uppsala stad vilar på vattenförekomsten har Vattenförvaltningen bedömt att det är först 2027 som det är tekniskt möjligt att uppnå god status. Åtgärder ska vidtas för att förbättra Uppsalaåsen-Uppsalas kemiska status och den kvantitativa statusen ska bevaras. Statusklassningen har gjorts med hjälp av bland annat miljöövervakningsdata och Vattentäktdata från SGU, mellan perioden 2008-2013. Delar av underlagsdata härrör från UVAB:s kontrollprogram (se även avsnitt 3.2.1.1).

## 3.2.2 Uppmätta bakgrundshalter i Uppsalaåsen-Uppsala

Tabell 5 redovisar uppmätta bakgrundshalter i grund- och ytvattnet, tillsammans med de hänsynskrav som valts för riskanalysen.

**Tabell 9. Valda hänsynskrav och uppmätta bakgrundshalter i grundvattnet och ytvattnet. För grundvattenförekomsten Uppsalaåsen-Uppsala har två provpunkter valts, Stadsträdgården cirka två kilometer norr om (uppströms) Ulleråker och Sunnersta, cirka tre kilometer söder om (nedströms) Ulleråker. Halterna är beräknade som medelvärden för grundvattenprover tagna av Uppsala Vatten 2012–2016. Gul bakgrund indikerar att halten överskrider utgångspunkt för att vända trend. Röd bakgrund att hänsynskravet överskrids. Bakgrundshalten i Fyrisån är beräknad som medelvärden för prover tagna i det avvattnet som används för infiltration vid Uppsala Vattens anläggning Tunåsen.**

Parameter	Enhet	Hänsynskrav <sup>9</sup>	Stadsträdgården	Sunnersta	Fyrisån
<b>1,2-diklorethan</b>	µg/l	3			
<b>Bekämpningsmedel</b>					
<b>Aktiva ämnen</b>	µg/l	0.1 (enskilda)			
<b>inkl. metaboliter, nedbrytnings- och reaktionsprodukter</b>	µg/l	0.5 (totalt)	0,021	0,023	
<b>Ammonium</b>	mg/l	1.5			0,14
<b>Antimon</b>	µg/l	5			
<b>Arsenik</b>	µg/l	10			

<sup>5</sup> Verktuget VISS (VattenInformationSystem Sverige) är en databas med bland annat statusklassningar och kartor över alla Sveriges större yt- och grundvattenförekomster.

<sup>6</sup> BAM (2,6-Diklorbensamid) är en nedbrytningsprodukt av det numera förbjudna växtskyddsmedlet 2,6-diklorbensnitril.

<sup>7</sup> Poly- och perfluorerade alkylsubstanser (PFAS) är en grupp organiska syror som är mycket svårnedbrytbara och som är starkt ytaktiva. De används bland annat i impregnerat papper och textilier, rengöringsmedel (till exempel golvpols), inom verkstads- och elektronikindustrin samt i brandsläckningsskum. PFAS11 ersätter det tidigare samlingsmättet PFAA-7.

<sup>8</sup>VISS bedömning är otydlig med avseende på vilka klorerade kolväten som avses. Förutom BAM och PFAS11 anges den kemiska statusen vara god för samtliga övriga ämnen, däribland triklorometan, trikloreten och tetrakloreten.

<sup>9</sup> Riktvärde för grundvatten (MKN) och/eller gränsvärde för dricksvatten.



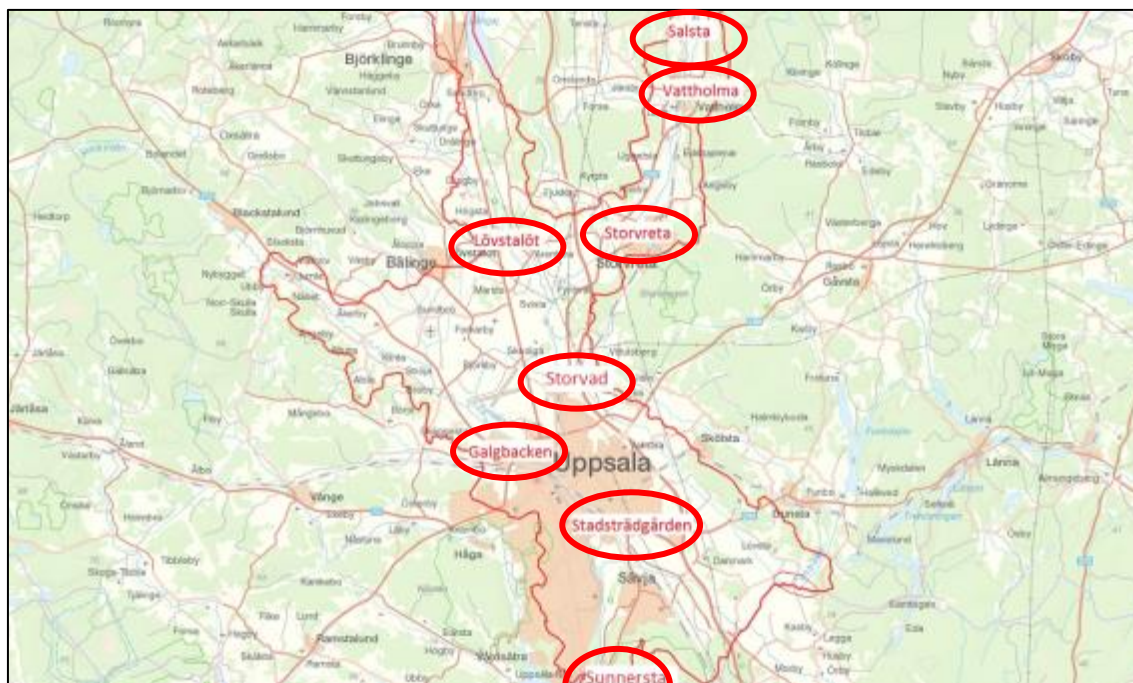
Parameter	Enhet	Hänsynskrav <sup>9</sup>	Stadsträd- gården	Sunnersta	Fyrisån
Bensen	µg/l	1			
Benso(a)pyren	ng/l	10			
Bly	µg/l	10			
Bor	mg/l	1			
Bromat BrO <sub>3</sub>	µg/l	10			
Cyanid	µg/l	50			
Fluorid	mg/l	1,5	1,2	1,1	
Fosfat	mg/l	0.6			
Kadmium	µg/l	5			
Klorid	mg/l	100	35	62	70
Kloroform (Triklormetan)	µg/l	100			
Konduktivitet	mS/m	150	66	71	
Koppar	mg/l	2			0,011
Krom	µg/l	50			
Kvicksilver	µg/l	1			
Nickel	µg/l	20			
Nitrat	mg/l	50	5,1	4,1	1,2
Nitrit	mg/l	0.5			0,0071
Summa 4 PAH:er,	ng/l	100			
Benso(b)fluoranten					
Benso(k)fluoranten					
Benso(ghi)perylen					
Indeno(1,2,3- cd)pyren					
Selen	µg/l	10			
Sulfat	mg/l	100	41	37	37
Trikloreten + Tetrakloreten	µg/l	10			
Vinylklorid	µg/l	Beräknat 0,5			
PFAS11	µg/l	0,09	0,17	0,016	
PFOS	µg/l	0,045	0,040	0,004	

### 3.2.2.1 Uppsala Vattens kontrollprogram för råvattenprovtagning

Uppsala Vatten genomför rutinmässigt kontrollprovtagning av både grundvattnet och Fyrisån. Figur 11 visar översiktligt var grundvattenprovtagningen sker. Varje enskild provplats består av 1–12 olika uttagspunkter (brunnar). Tabell 6 redovisar provtagningsfrekvensen.

För att få en uppfattning om hur halterna i Uppsalaåsen-Uppsala har utvecklats över tid, det vill säga om koncentrationen har varit ökande, minskande eller stabila har en enkel trendanalys gjorts av kontrollprogramdata för åren 2012–2016. Resultaten indikerar att halterna för många ämnen är stabila eller nedåtgående med undantag för PFAS som indikerar en uppåtgående trend för de

södra provplatserna (Stadsträdgården och Sunnersta). Den förhållandevis korta tidsperioden över analysdata och att det för många ämnen enbart fanns ett fåtal uppmätta värden gör att trendanalysen generellt sett var är osäker. Enligt VISS visar tidserier och andra mätningar även att det finns en uppåtgående trend för bekämpningsmedlet BAM i grundvattenförekomsten Uppsalaåsen-Uppsala. Enligt UVAB:s egna analyser har ingen tydlig trend kunnat konstateras utifrån enbart kontrollprogramsdata (Wertsberg, 2017, personlig kommentar).



Figur 20. Översiktskarta över var Uppsala Vatten genomför rutinmässig grundvattenprovtagning.

Tabell 10. Provplatser och provtagningsfrekvens med avseende på MKN-parametrar.

Provplatser	Provtagningsfrekvens
Galgbacken	1 ggr/mån för en uttagspunkt och 2 ggr/år i fem olika uttagspunkter
Lövstalöt	1 ggr/år i en uttagspunkt
Salsta	2 ggr/år i två olika uttagspunkter
Sunnersta	2 ggr/år i 3-5 olika uttagspunkter
Stadsträdgården	2 ggr/år i 2-6 olika uttagspunkter
Storvad	4 ggr/år i tolv olika uttagspunkter
Storvreta	2 ggr/år i två olika uttagspunkter
Vattholma	2-4 ggr/år i 1-2 olika uttagspunkter

### 3.2.2.2 Högfluorerade ämnen (PFAS)

Per- och polyfluoralkylerade ämnen (PFAS) är en bred grupp av organiska föreningar som har blivit uppmärksammade under senare år. Många av ämnena har visat sig vara persistenta, toxiska och bioackumulerande, det vill säga de bryts ned mycket långsamt samt är giftiga och har potential att ansamlas i levande organismer och växter. På grund av PFAS unika ytaktiva egenskaper har de använts över hela världen i brandsläckningsskum, matförpackningar, ytbeläggningar och beläggningstillätsor, hydrauliska vätskor i flygindustrin med flera användningsområden.

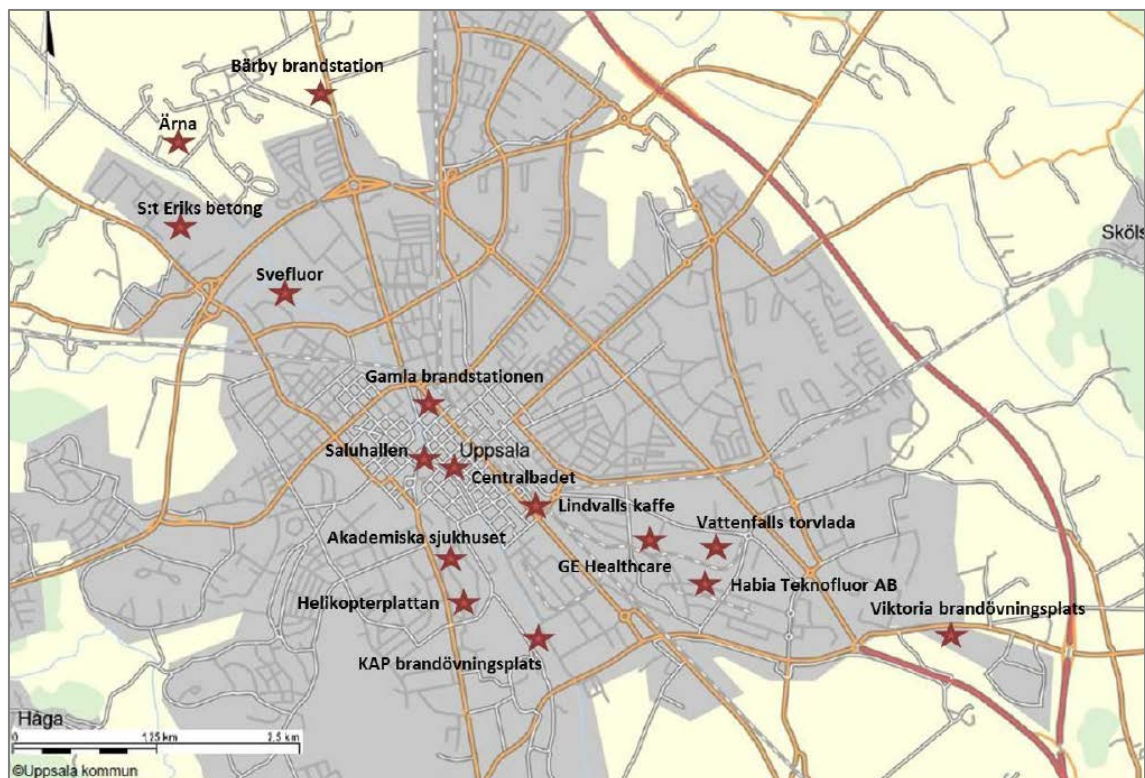
PFAS har detekterats vid fyra av sju provplatser (Galgbacken, Stadsträdgården, Sunnersta och Storvad). Galgbacken och Storvad har dock endast haft detekterade halter av PFAS vid två respektive tre tillfällen av över 60 provtagningar. Medelvärden (provtagningar en gång i månaden) från sex uttagpunkter i Stadsträdgården var 167,1 ng/l, en hög halt jämfört med riktvärdet på 90 ng/l och den så kallade utgångspunkten för att vända trend på 18 ng/l som väntas komma i december 2018. Högsta uppmätta halt under perioden var 300 ng/l. För provplats Sunnersta låg medelvärdet på 16,8 ng/l. För provplatserna Lövstalöt, Vattholma, Storvreta och Salsta har inga halter av något PFAS-ämne kunnat detekteras.

**Tabell 11. Provplatser och provtagningsfrekvens med avseende på PFAS.**

Provplatser	Provtagningsfrekvens (PFAS)
<b>Galgbacken</b>	1 ggr/mån i två uttagpunkter
<b>Lövstalöt</b>	Endast en provtagning av PFAS under tidsperioden (2012-2016) – inget detekterat
<b>Salsta</b>	Endast en provtagning av PFAS under tidsperioden (2012-2016) – inget detekterat
<b>Sunnersta</b>	1ggr/mån i 1-5 olika uttagpunkter
<b>Stadsträdgården</b>	1 ggr/mån i sex olika uttagpunkter
<b>Storvad</b>	1 ggr/mån i 1-2 olika uttagpunkter
<b>Storvreta</b>	Endast en provtagning av PFAS under tidsperioden (2012-2016) – inget detekterat
<b>Vattholma</b>	Endast tre provtagningar av PFAS under tidsperioden (2012-2016) – inget detekterat

Miljöförvaltningen i Uppsala har sökt efter verksamheter som kan ha hanterat PFAS-ämnen och som ligger på eller i närområdet kring Uppsalaåsen. Dit hör framförallt brandövningsplatser och större bränder i centrala Uppsala, men även kemisk tillverkning och verkstäder där ämnena kan ha hanterats. Flera objekt där perfluorerade ämnen kan ha använts i betydande omfattning har identifierats med hjälp av miljökontorets diarium och med hjälp av kollegor (Figur 12). Det rör sig framförallt om brandövningsplatser och platser där brandskum använts för släckning av bränder.

Det är huvudsakligen brandövningsplatser som bedöms utgöra de största källorna till PFAS-förorening i grundvattnet, och framförallt försvarsmaktens brandövningsverksamhet vid Ärna flygplats. Försvarsmakten har själva gjort bedömningen att maximalt 10 procent av PFAS-halterna i centrala dricksvattentäkten i Uppsalaåsen kan komma från grundvattnet inom Ärna, 15 procent kan komma från PFAS-förorenat spill- och dagvatten inom Ärna och en eventuell transport via berggrunden skulle kunna bidra med 1 procent av de uppmätta halterna vid Fyrishov i Uppsalaåsen. Uppsala kommun är mycket kritisk till denna bedömning och menar i ett yttrande att det är troligt att den största delen av PFAS i Uppsalaåsen härstammar från Försvarsmaktens verksamheter på Ärna.



Figur 21. Lokalisering av de objekt där perfluorerade ämnen kan ha använts i betydande omfattning enligt Miljöförvaltningens inventering. Källa: Miljöförvaltningen, Diarienummer 2012-004626-MI.

### 3.2.2.3 Bekämpningsmedel och klorid

Utifrån beräknade medelvärden översteg bekämpningsmedel riktvärdet för utgångspunkt för att vända trend på provplats Stadsträdgården, och för klorid och bekämpningsmedel på provplats Sunnersta. Medelvärdet (provtagningar 2 ggr/år i sex olika uttagspunkter respektive 2 ggr/år i fem olika uttagspunkter) för totalhalten av bekämpningsmedel visade 0,021 µg/l respektive 0,023 µg/l. Bekämpningsmedel såsom atrazin, AMPA, BAM och Desetylatrazi påträffades. Uppmätt maxvärde för tidsperioden var 0,15 µg/l för BAM i Stadsträdgården. Halter detekterades i 29 av 55 provtagningar i uttagspunkterna för Stadsträdgården. I Sunnersta detekterades bekämpningsmedel i 27 av 47 provtagningar.

Medelhalten av klorid översteg utgångspunkt för att vända trend i Sunnersta, mycket på grund av höga kloridvärden i en uttagspunkt (brunn) under år 2016.

## 3.2.3 Bedömda effekter på skyddsobjektet till följd av ett förändrat klimat

Ett utökad bostadsbyggande på nya områden innebär att upprätthållandet av en hållbar vattenförsörjning för flera generationer framåt sett i ett klimatperspektiv behöver tryggas. Riskbilden med avseende på grundvattenförekomsten och hur klimatförändringarna kommer att påverka är därmed av stort intresse. Exakt hur klimatet kommer förändras och utvecklas beror av mängden växthusgaser i atmosfären. Det råder däremot inga tvivel om att utsläppen av växthusgaser ökar, och kommer att fortsätta så, och att en global genomsnittlig uppvärmning i världen är oundviklig.

### 3.2.3.1 Nederbörd

I FN:s klimatpanels senaste rapport (IPCC, 2013) presenterades flera olika scenarier (utvecklingsvägar) om hur växthuseffekten kan komma att förstärkas i framtiden. Utifrån FN:s klimatpanels klimatscenarier har SMHI tagit fram länsvisa klimatanalyser över Sverige vilka baseras på stabiliseringsscenarierna RCP 4,5 (begränsande utsläpp och kraftfull klimatpolitik där utsläppen av växthusgaser kulminerar vid 2060) och RCP 8,5 (utsläppen fortsätter att öka i snabb takt fram till år 2100). Utifrån SMHI:s länsvisa analyser baserade på ovanstående scenarier har Uppsala kommun tagit fram en kartläggning och analys av klimatförändringarnas effekter. Oavsett vilket klimatscenario som inträffar kommer nederbörden att öka i Uppsala. Utöver en ökning av årsmedelnederbörden på 20–30 % fram till år 2100 kommer en förändring även ske av nuvarande nederbördsmönster. I framtiden kommer nederbörden under vinter och vår att öka med uppemot 40 % medan en svagare ökning av nederbörden kommer ske under sommartid (10–20 %) (Uppsala kommun, 2016). Skyfall tillika extrem nederbörd (mer än 10 mm/dygn) kommer att öka med 5–8 dygn i framtiden. Även den totala nederbördsmängden under sju sammanhängande dygn beräknas öka med 25 % fram till år 2100 (Uppsala kommun, 2016).

### 3.2.3.2 Grundvattennivåer

Grundvattenmagasin delas in i två olika typer utifrån responstid och nivåamplitud. Dessa benämns snabbreagerande respektive långsamreagerande magasin där de snabbreagerande magasinerna har en kort responstid och stor årlig nivåamplitud medan de långsamreagerande magasinerna har lång responstid och liten nivåamplitud. Uppsala- och Vattholmaåsarna tillhör den senare kategorin. Grundvattennivåernas årsmedelvärden för långsamreagerande grundvattenmagasin i mellersta Sverige och kring Uppsala bedöms i framtida scenarion ha en oförändrad eller mindre avvikelse än övriga landet enligt SGU:s klimatscenarier (SGU, 2016).

## 3.3 Uppsalas dricksvattenproduktion

Uppsalas vattenförsörjning är uppbyggd runt Uppsalaåsen. Åsen fungerar som råvattenmagasin, vattentäkt och "behandlingsanläggning" av ytvatten från Fyrisån och sjön Tämnamaren. För att behålla vattennivån i åsen infiltreras ytvatten, från Fyrisån och Tämnamaren till Uppsalaåsen-Uppsala. Infiltration sker i bassänger på fyra platser. Anläggningarna i Vallskog och Tunåsen i norra delen av Uppsala är helt dominerande. Totalt infiltreras drygt 270 l/s i genomsnitt, eller drygt nio miljoner kubikmeter per år. Det kan jämföras med den skattade naturliga grundvattenbildningen på drygt 400 l/s (SGU, 2016c). Det infiltrerade ytvattnet rinner genom åsen i sex till åtta månader och får samma karaktär som grundvattnet. De största uttagen sker i brunnsområdena i Storvad, Galgbacken, Stadsträdgården/Kronåsen och Sunnersta. Det sammanlagda uttaget uppgår till ca 670 l/s (SGU, 2016c). Infiltrationen, uttagen och förändringar i dessa påverkar grundvattennivåer och grundvattenströmning. Driften sker på ett sådant sätt att grundvattennivåerna inne i Uppsala hålls inom ett visst intervall för att undvika problem med sättningar och fuktskador.

Det uppumpade grundvattnet leds till ett av två vattenverk, Gränby och Bäcklösa. Vattenbehandlingen är exakt lika i båda vattenverken förutom att det finns kolfilter i Bäcklösa vattenverk. De flesta stegen i behandlingen syftar till att sänka vattnets hårdhet.

Uppsala Vatten har delat upp åsen i tre driftområden från norr till söder. Beroende på åsens storlek och vattenförsörjningssystemets uppbyggnad behöver en förändring i en del av åsen inte nödvändigtvis påverka de övriga delarna. Ulleråker ligger i det södra driftområdet.

## 3.4 Naturlig kontakt mellan Fyrisån och Uppsalaåsen

Fyrisån är Upplands längsta å och rinner ut i Ekoln strax söder om Uppsala. I dess södra del, genom Uppsala och Ulleråker, rinner den parallellt med Uppsalaåsen-Uppsala ovanpå de mäktiga lerlager som breder ut sig öster om åsen. Mycket förenklat kan sägas att belastning inom åsarnas tillrinningsområde som sker på genomsläppliga jordar infiltrerar i marken och till sist når någon av grundvattenförekomsterna, medan belastning som sker på tät lera efterhand avrinner på ytan eller i markvattnet till Fyrisån. Fyrisån står i viss kontakt med Uppsalaåsen-Uppsala.

I flera områden inom tillrinningsområdet har det enligt UVAB konstaterats att grundvattenförekomsterna i åsen står i förbindelse med ytvatten. Inom dessa områden finns en risk för läckage av ytvatten in till grundvattenmagasinet i åsen, men även för utläckage av grundvatten till ytvatten. Huruvida in- eller utläckage sker styrs av nivåskillnader mellan yt- och grundvattenförekomsterna. Förhållandena mellan ytvatten och grundvattennivåerna kan variera över tid och påverkas av kommunens infiltration och uttag. Kontaktzonens genomsläpplighet varierar också beroende på jordartsmaterial (olika genomsläpplighet) och påverkas av igensättning. Det finns ingen känd kontaktpunkt i Ulleråker.

## 3.5 Diffus vardagsbelastning från olika markanvändningar

Diffus vardagsbelastning är en samlad benämning på den belastning som uppstår till följd av "vardagliga" aktiviteter och processer i ett område, som var och en ger för litet bidrag för att särskiljas separat. I den bebyggda miljön utgörs diffus vardagsbelastning av det dagvatten som inte avleds via dagvattensystem eller över markytan, utan infiltrerar i marken. Sammansättning och mängder beror därför av en mångfald av faktorer, bland andra nederbörd, material i byggnaders ytskikt, trafik, närvaro av människor och djur med mera. Den diffusa vardagsbelastningen från olika markanvändningar har beräknats och summerats för hela tillrinningsområdet, enligt Tabell 8. Beräkningen har gjorts genom att klassificera hela området i olika markanvändningsytor och ansätta belastningsschabloner med hjälp av StormTac. Metoden beskrivs i avsnitt 2.3.3. Den delmängd som genereras i det södra driftområdet (se avsnitt 3.3) redovisas som jämförelse.

Tre exempel på hur den diffusa vardagsbelastningen fördelar sig mellan olika delområden visas i Figur 14, Figur 15 och Figur 16. Av figurerna framgår att ämnena – enligt schablonvärdena – förknippas starkare eller svagare med olika markanvändningarna. Intrycket av stora skillnader mellan olika delområden är delvis missvisande. Nyansskillnaderna motsvarar små skillnader i vardagsbelastningar. Färgvalet har gjorts snarare för att visa på potentialen i att redovisa belastning – och i nästa etapp risknivå – på det här viset, än att representera belastningen på mest rättvisande sätt. Förstoringarna av Ulleråker visar i samtliga fall någon enstaka hexagon med till synes förhöjd vardagsbelastningar jämfört med området i övrigt. Det är inte resultatet av enskilda objekt, utan ett resultat av att de olika markanvändningsytorna (se Figur 4) inte sammanfaller helt med hexagonerna. Den eller de hexagoner som till största del utgörs av den markanvändningstyp som har högst schablonvärde för aktuellt ämne får mörkast färg.

Tabell 12. Diffus vardagsbelastning på Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde respektive det södra driftområdet, inom vilket Ulleråker ligger. Belastningen har beräknats med hjälp av StormTac-schabloner för de ämnen som ingår bland hänsynskraven. Ett antal hänsynskrav saknar StormTac-schabloner och har därför inte kunnat beräknas. Beräkningen redovisas dels som total belastning på hela området, dels som en genomsnittlig belastning uttryckt per kvadratkilometer. Det senare kan användas för att avgöra om vardagsbelastningen från ett specifikt delområde är hög eller låg jämfört med området tillrinningsområdet i sin helhet. En detaljerad redovisning av bruttobelastningen i Ulleråker ges i Tabell 10, avsnitt 4.1.3.

	Total vardagsbelastning		Genomsnittlig vardagsbelastning (/km <sup>2</sup> )	
	Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde	Varav södra driftområdet <sup>10</sup>	Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde	Varav södra driftområdet
Area (km <sup>2</sup> )	275	77		
1,2-diklorethan (kg)	6	1	0,02	0,02
Arsenik (kg)	100	30	0,4	0,4
Benso(a)pyren (g)	60	10	0,2	0,1
Bly (kg)	100	30	0,4	0,4
Kadmium (g)	2 000	500	6	6
Klorid (ton)	100	40	0,5	0,5
Koppar (kg)	200	60	0,8	0,8
Krom (kg)	20	1	0,08	0,08
Kvicksilver (g)	200	50	0,6	0,6
Nickel (kg)	30	7	0,1	0,08
Olja <sup>11</sup> (kg)	3 000	700	9	10
Summa 4 PAH:er <sup>12</sup> (g)	2 000	400	6	6

<sup>10</sup> I den här beräkningen approximeras det södra delen av tillrinningsområdet som den del av det totala tillrinningsområdet som ligger i nivå med eller söder om Ulleråker.

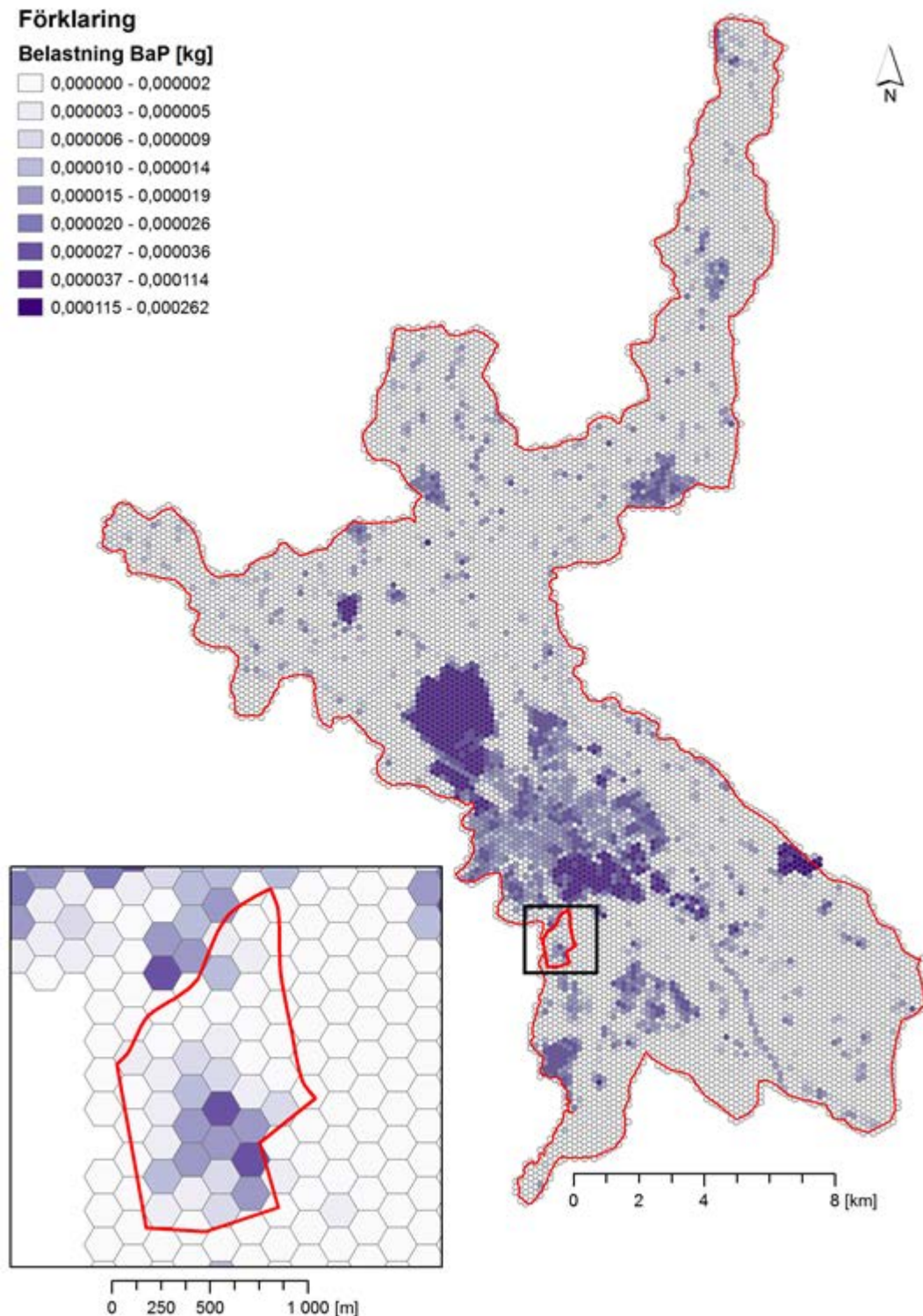
<sup>11</sup> "Olja" omfattas inte av MKN. Olja innehåller däremot bland annat bensen, som omfattas av MKN. Eftersom det senare saknar schablonvärde i StormTac används olja som indikator på bensenbelastning.

<sup>12</sup> Benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(ghi)perylen och indeno(1,2,3-cd)pyren.

### Förklaring

#### Belastning BaP [kg]

□	0,000000 - 0,000002
□	0,000003 - 0,000005
□	0,000006 - 0,000009
□	0,000010 - 0,000014
□	0,000015 - 0,000019
□	0,000020 - 0,000026
□	0,000027 - 0,000036
□	0,000037 - 0,000114
□	0,000115 - 0,000262



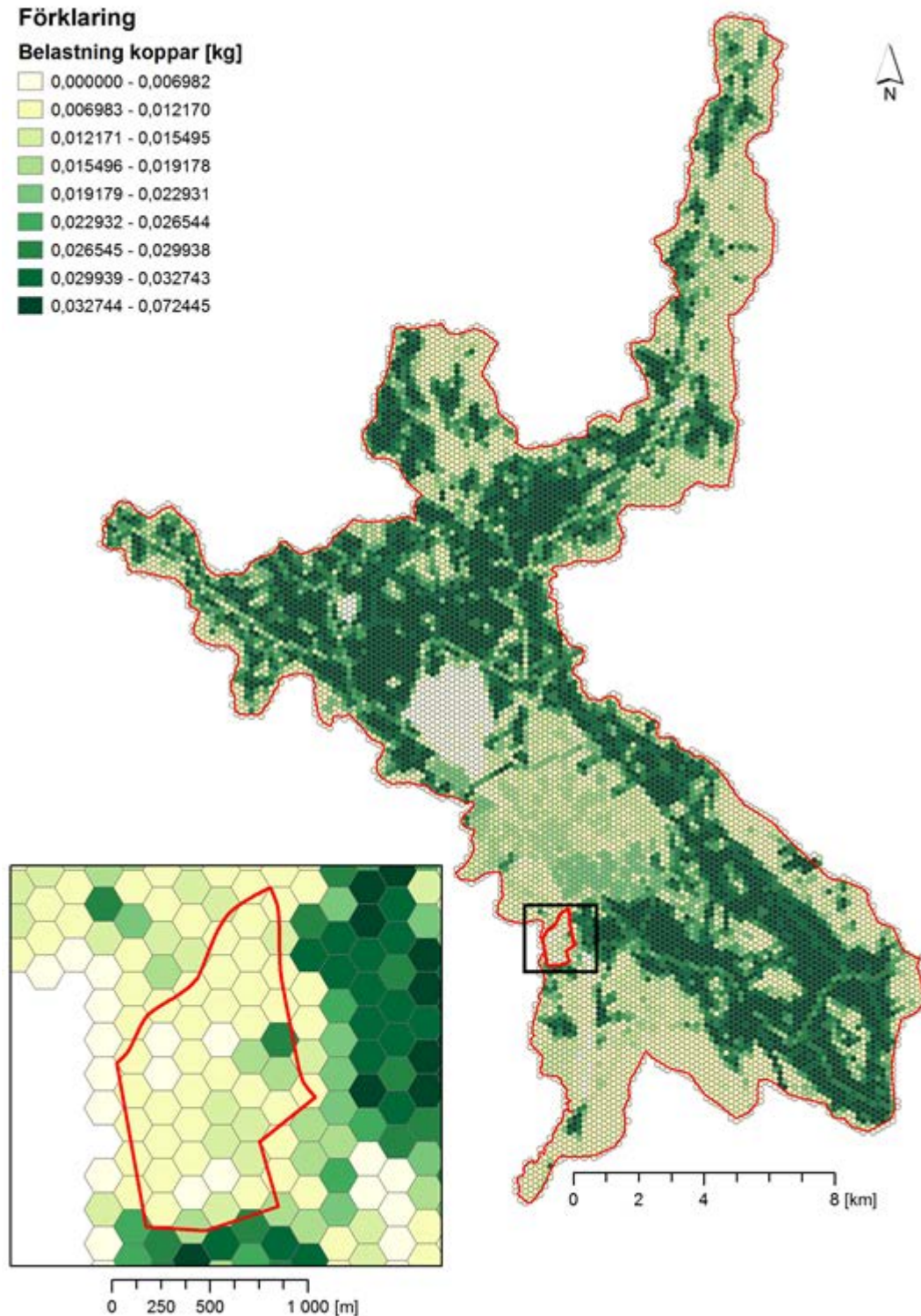
Figur 22. Beräknad diffus vardagsbelastning av benso(a)pyren (BaP), uttryckt som kilogram per hexagon (26 000 m<sup>2</sup>). Beräkningen har gjorts med hjälp av markanvändning och tillhörande StormTac-schabloner. Den största belastningen av benso(a)pyren som syns i kartan, enligt schablonvärdena, härrör främst från flygplatser, avfallsanläggningar och industrimark. Det mörka fältet centralt i tillrinningsområdet är Ärna flygplats. Det mörkare området i Ulleråker utgörs av den sammanhängande bebyggelsen.



## Förklaring

### Belastning koppar [kg]

0,000000 - 0,006982
0,006983 - 0,012170
0,012171 - 0,015495
0,015496 - 0,019178
0,019179 - 0,022931
0,022932 - 0,026544
0,026545 - 0,029938
0,029939 - 0,032743
0,032744 - 0,072445

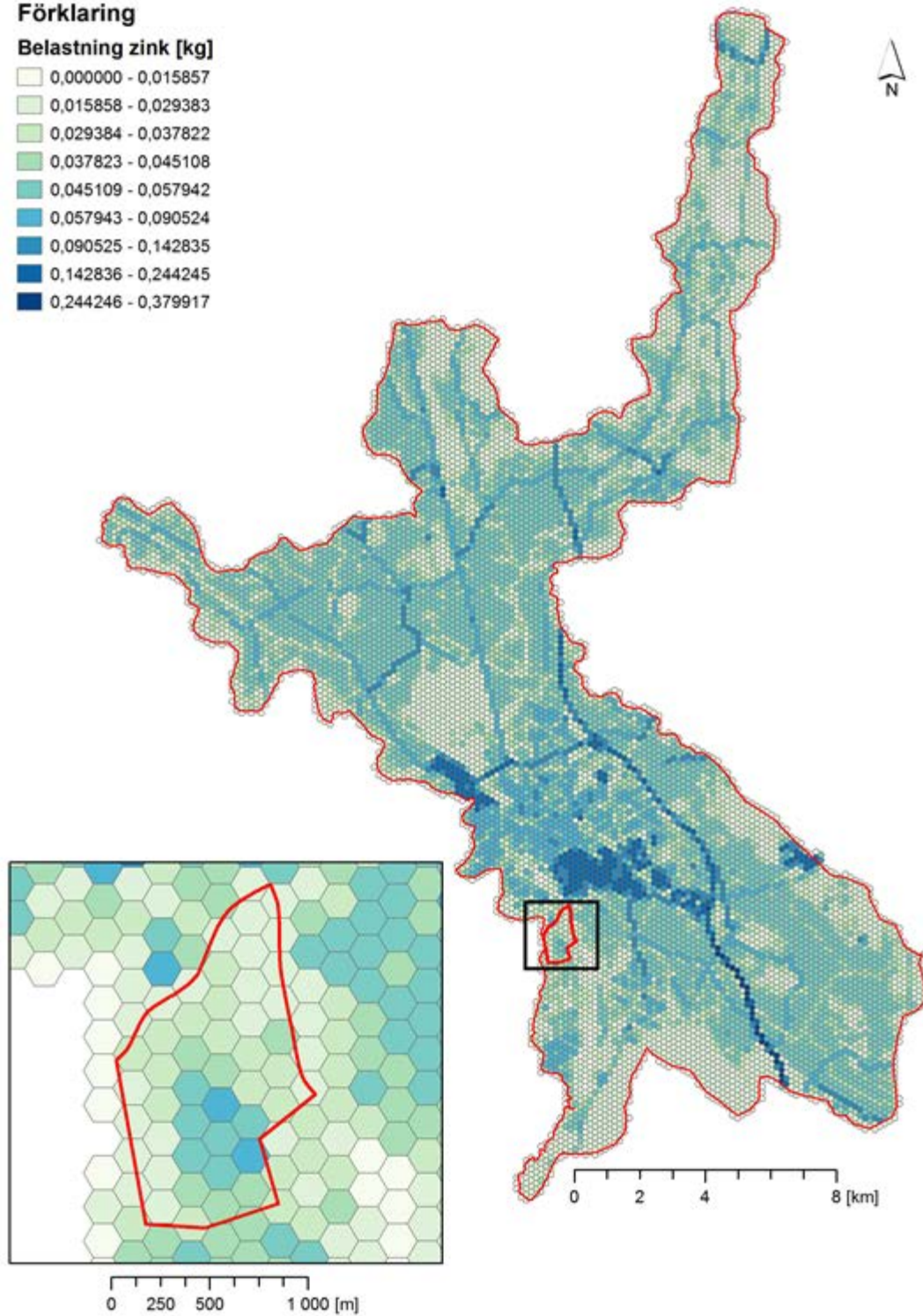


Figur 23. Beräknad diffus vardagsbelastning av koppar, uttryckt som kilogram per hexagon (26 000 m<sup>2</sup>). Beräkningen har gjorts med hjälp av markanvändning och tillhörande StormTac-schabloner. Av kartan framgår att koppar, enligt schablonvärdena, främst härrör från jordbruksmark. Även det mörka fältet i Ulleråker är den hexagon i området med störst andel jordbruksmark.

### Förklaring

#### Belastning zink [kg]

0,000000 - 0,015857
0,015858 - 0,029383
0,029384 - 0,037822
0,037823 - 0,045108
0,045109 - 0,057942
0,057943 - 0,090524
0,090525 - 0,142835
0,142836 - 0,244245
0,244246 - 0,379917



Figur 24. Beräknad diffus vardagsbelastning av zink, uttryckt som kilogram per hexagon (26 000 m<sup>2</sup>). Beräkningen har gjorts med hjälp av markanvändning och tillhörande StormTac-schabloner. Av kartan framgår att zink, enligt schablonvärdena, främst härrör från vägnätet och industriområden. Det mörkare området i Ulleråker utgörs av den sammanhängande bebyggelsen.

## 4 Beskrivning av Ulleråkerområdet

### 4.1 Ulleråker idag

#### 4.1.1 Lokalisering

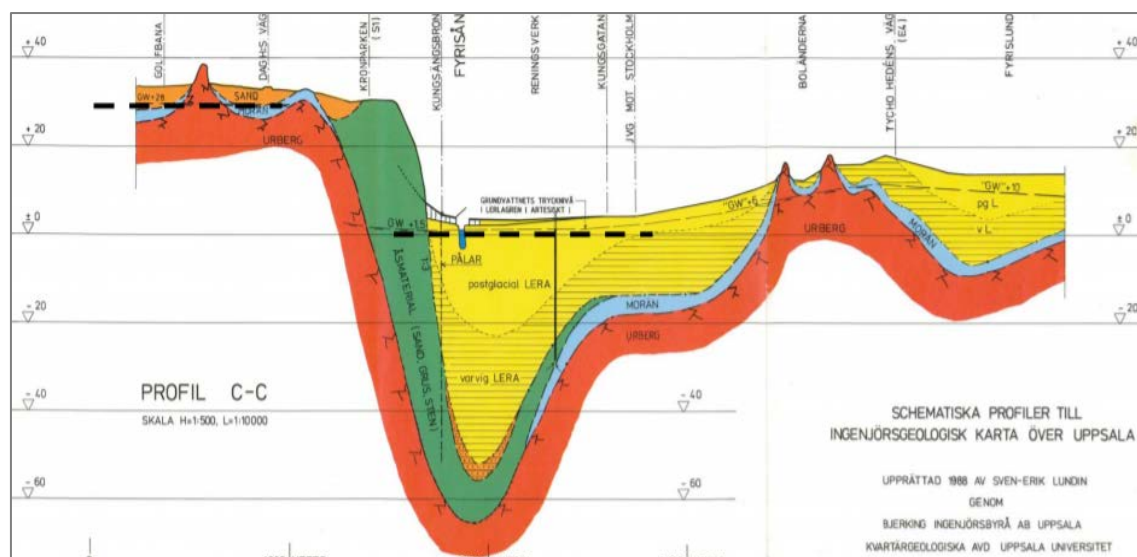
Ulleråker ligger i södra delen av Uppsala, mellan universitetsområdena Polacksbacken (Uppsala universitet) i norr och SLU i söder. Den del av Ulleråker, programområdet, som omfattas av riskanalysen är omkring 100 hektar stort och avgränsas av Kungsängsleden i norr, Fyrisån i öster, Ultunafältet i söder och Dag Hammarskjölds väg i väster (Figur 17).



Figur 25. Dagens struktur i Ulleråker. Programområdet är markerat med vit streckad linje. Blå linje markerar ungefärlig utsträckning av grundvattenförekomsten Uppsalaåsen-Uppsala genom programområdet. För en större version av bakgrundsbilden hänvisas till Ulleråker Planprogram 2016 ([https://www.uppsala.se/contentassets/cafa814331eb484cb87f26ceb2009e4f/planprogram\\_ulleraker\\_webb.pdf](https://www.uppsala.se/contentassets/cafa814331eb484cb87f26ceb2009e4f/planprogram_ulleraker_webb.pdf)).

## 4.1.2 Strukturgeologi

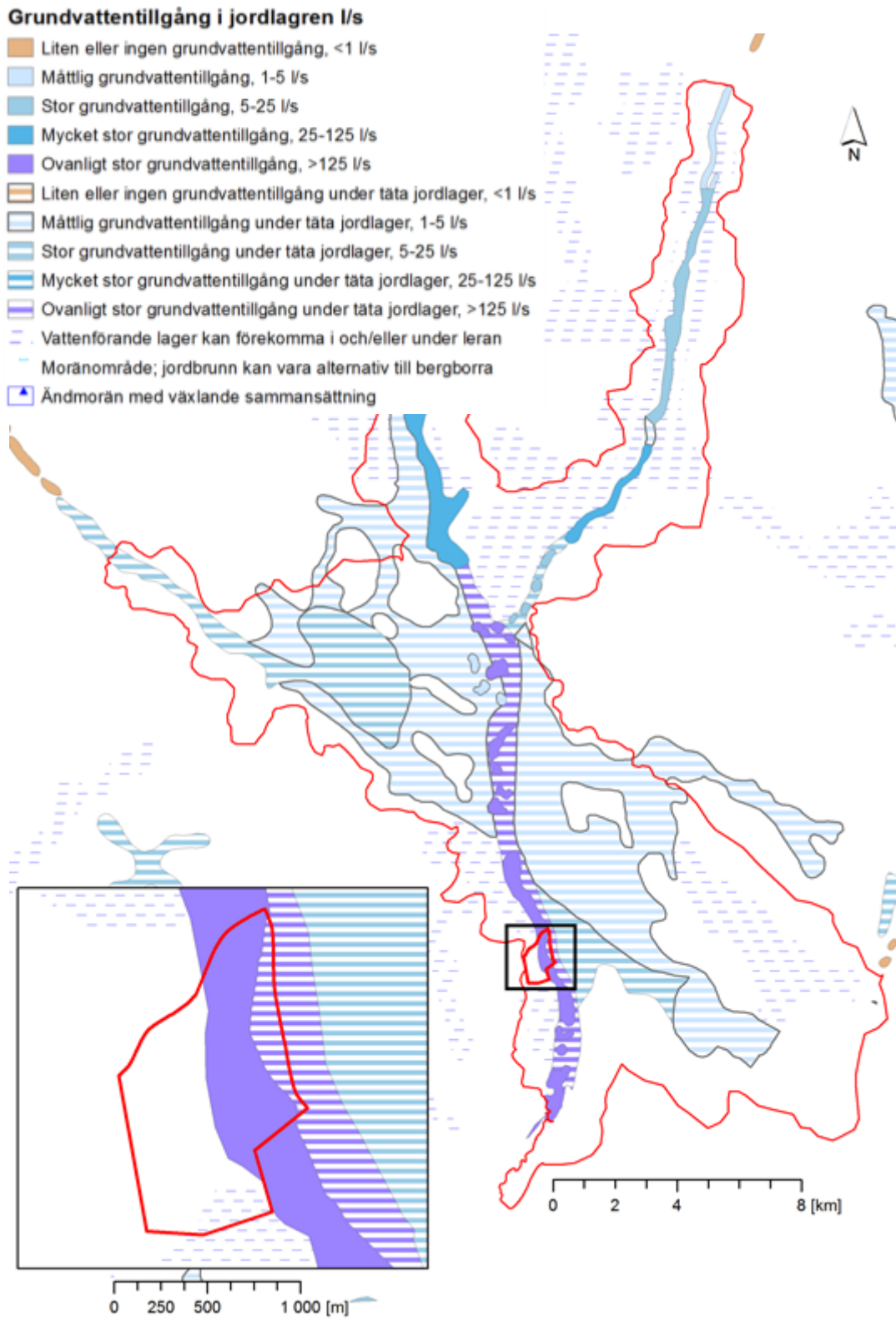
Risikalanalysen för Ulleråker präglas i hög grad av de hydrogeologiska förutsättningarna. Programområdet Ulleråker sträcker sig över åskärnan, vilket har direkt betydelse för hur konsekvenserna av olika skadehändelser bedöms. En utförlig beskrivning av områdets hydrogeologi ges i PM Geoteknik (Bjerking, 2017b). Där görs en sammanvägning av tidigare utredningar och resultaten från de senaste geotekniska undersökningarna. Figur 18 illustrerar de geologiska lagerföljderna.



Figur 26. En schematisk profil genom Uppsalaåsen (Lundin 1988). Åskärnan (grönt) vilar på berggrunden (rött). I väster (till vänster i bilden) överlagras den av sandiga finsediment (orange). I öster överlagras åsen istället av mäktiga, täta lerlager. Fyrisån rinner genom leran. Figuren visar en profil strax norr om Ulleråker, men är principiellt giltig även för Ulleråker. Ulleråker ligger delvis på finsediment, delvis på åskärnan, det vill säga i den vänstra delen av bilden.

Ulleråkers geologi är tydligt orienterat i nord-sydlig riktning. Centralt löper Uppsalaåsen-Uppsala. Åsmaterialet går här delvis i dagen. Väster om åsen, fram till Dag Hammarskjölds väg, övergår åsmaterialet i silt och sand med begränsade mäktigheter. På ett par ställen förekommer även partier med så kallad torrskorpelera, morän och uppstickande berg. Mäktigheten på sand- och moränlagren varierar mellan 4–8 m. Mot söder övergår marken succesivt till att alltmer utgöras av lera. Borrningar visar att leran även i det här området är av torrskorpekaraktär och således inte kan betraktas som ett tätt skikt. Öster om åsen sjunker marken undan från cirka +30 m.ö.h. till cirka +2 m.ö.h., ner mot Fyrisån. I den här delen förekommer mäktiga lerlager på mer än 50 meter. Leran underlagras av åsmaterial, morän och djupare ner av berg. Fyrisån rinner fram ovanpå detta mäktiga lerlager och har ingen kontakt med åsen inom Ulleråkerområdet.

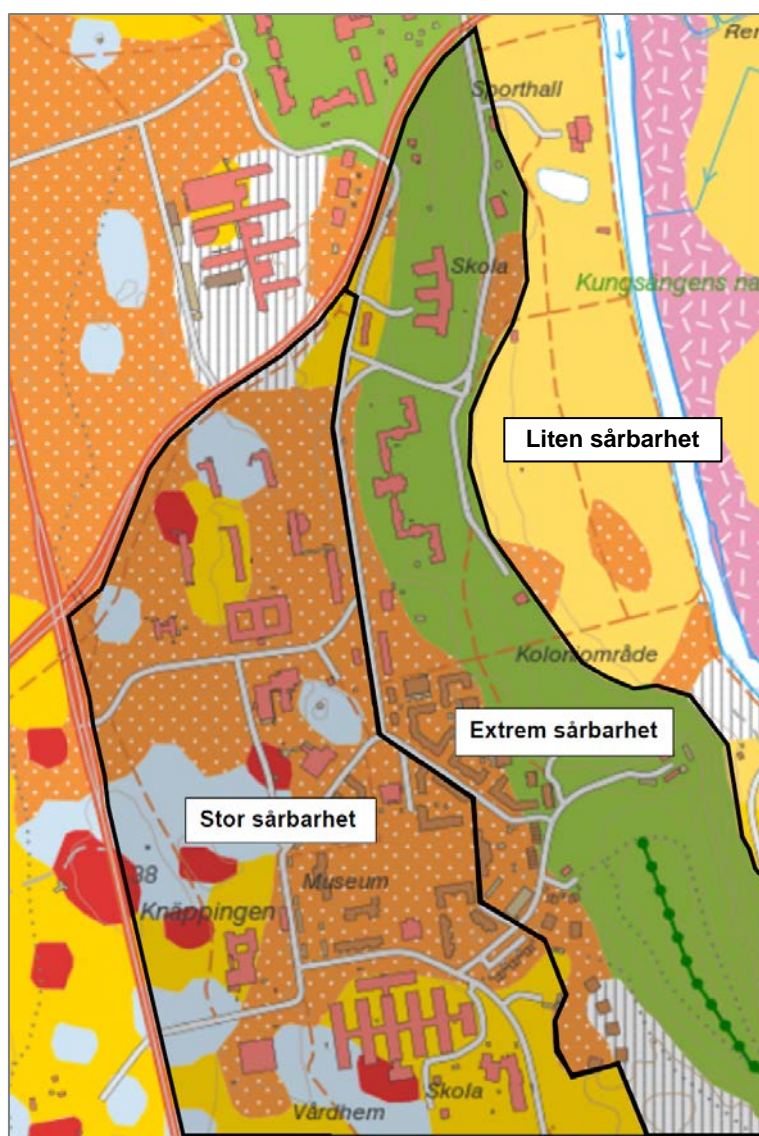
Jämfört med tillrinningsområdet i stort har programområdet ett stort inslag av blottad åskärna. Som tydligt framgår av Figur 19 utgör Ulleråker en del av åsryggen och kan hydrogeologiskt snarare jämföras med de centrala delarna av Uppsala väster om Fyrisån än de beskogade och visuellt mer likartade områdena väster och söder om Ulleråker.



Figur 27. Grundvattentillgång i tillrinningsområdet och Ulleråker, enligt SGU:s grundvattenmodell. Förekommande klasser i Ulleråker är 9999 (vit, "utanför grundvattenbildning"), 2005 (lila, "ovanligt stor grundvattentillgång"), 2015 (streckad lila, "ovanligt stor grundvattentillgång under täta jordlager") och 2016 (korta blå streck, "sammanhängande område med mäktiga finsediment", felaktigt "vattenförande lager kan förekomma i och/eller under leran" i teckenförklaringen).

### 4.1.3 Sårbarhetszonering

I takt med att kunskapen om Ulleråkers hydrogeologiska förutsättningar har ökat har också den så kallade sårbarhetszoneringen fortlöpande reviderats för att avspegla rådande kunskapsläge. Figur 20 visar aktuell sårbarhetszonering (Bjerking, 2017). Definitionen av zonerna baseras inte enbart på de geologiska förutsättningarna. Till exempel klassas partier med lera, som ligger inom i övrigt genomsläppliga jordar, som "stor sårbarhet" eftersom ytavrinning från sådana lerpartier sker till genomsläpplig jord. Sårbarhetszoneringen tar alltså hänsyn till att ytvattnet kan rinna mot angränsande område som har genomsläppliga jordarter. Zonindelningen kommer att ingå som ett av underlagen i riskhanteringssteget när analyserade risker ska värderas och riskreducerande åtgärder beslutas.



Figur 28. Sårbarhetszonering av Ulleråker. Indelning görs i fyra klasser – "extrem", "stor", "måttlig" och "liten" sårbarhet – och baseras på bland annat SGU:s jordartskarta, områdets topografi och geotekniska undersökningar i området. Zonindelningen kan komma att revideras i takt med att ytterligare undersökningar genomförs. (Bjerking, 2017a.)

## 4.1.4 Diffus vardagsbelastning från nuvarande markanvändning

Idag bor det knappt 2 000 personer i Ulleråker. Området är relativt sparsamt bebyggt och präglas av den vårdverksamhet som bedrivits inom området sedan början på 1800-talet och fram till idag. Inom programområdet finns en mängd byggnader och anläggningar som har använts för vårdens verksamheter. Större delen av verksamheten har flyttat från området och flera byggnader är idag tomma eller hyrs ut för annan verksamhet, till exempel utbildning. Ett dussintal av de byggnader som har använts för landstingets verksamheter är förbundna med en underjordisk kulvert som kan trafikeras av små transportfordon. En del industri- och institutionslokaler har under de senaste årtiondena fått ge plats för bostadshus, framför allt i området kring Lindparken och dess omgivning. Två tredjedelar av området upptas idag av skogsmark och grönområden, bebyggelsen ungefär en tredjedel. Tabell 9 redovisar dagens markanvändning i Ulleråker såsom den har klassificerats i den här utredningen. Den diffusa vardagsbelastningen från dagens markanvändning i Ulleråker (Tabell 9) har beräknat med hjälp av StormTac (se avsnitt 2.3.3.2). Resultaten framgår av Tabell 10 och Tabell 11. Den första tabellen jämför den genomsnittliga belastningen i Ulleråker idag med den genomsnittliga belastningen i hela tillrinningsområdet. Till följd av bland annat att Ulleråker har en större andel bebyggelse och en mindre andel jordbruksmark är vardagsbelastningen av 1,2-dikloretan, arsenik, kvicksilver, nickel och PAH högre, men vardagsbelastningen av bly lägre än i tillrinningsområdet i genomsnitt. För övriga beräknade hänsynsämnen är skillnaderna mindre.

Tabell 13. Dagens markanvändningsfördelning i Ulleråker, uttryckt i StormTac-klasser

Markanvändningsklass	Areal (ha)	Andel av totalareal
Skogsmark	41,0	38 %
Blandat grönområde	32,9	30 %
Villaområde	11,4	11 %
Tät stadsbebyggelse	10,3	10 %
Jordbruksmark	4,0	4 %
Kontorsområde	3,1	3 %
Skolområde	1,6	1 %
Koloniområde	1,4	1 %
Sjukhusområde	1,1	1 %
Flerfamiljshusområde	1,0	1 %
Idrottsplats	0,3	0 %
Småhusbebyggelse	0,1	0 %
<b>Totalt</b>	<b>108,3</b>	<b>100 %</b>

Tabell 14. Diffus vardagsbelastning på markytan från dagens markanvändning i Ulleråker. Belastningen har beräknats med hjälp av StormTac-schabloner för de ämnen som ingår bland hänsynskraven. Ett antal hänsynskrav saknar StormTac-schabloner och har därför inte kunnat beräknas. Beräkningen redovisas dels som total belastning på hela området, dels som en genomsnittlig belastning uttryckt per kvadratkilometer. Den genomsnittliga vardagsbelastningen i Ulleråker idag jämförs med den motsvarande värde för tillrinningsområdet i sin helhet och det södra driftområdet.

	Total vardagsbelastning Ulleråker idag	Genomsnittlig vardagsbelastning idag (/km <sup>2</sup> )		
		Ulleråker	Hela tillrinningsområdet	Södra driftområdet
Areal (km <sup>2</sup> )	1			
1,2-diklorethan (g)	40	40	20	20
Arsenik (g)	600	600	400	400
Benso(a)pyren (mg)	200	200	200	100
Bly (g)	200	200	400	400
Kadmium (g)	6	6	6	6
Klorid (kg)	700	700	500	500
Koppar (g)	700	700	800	800
Krom (g)	70	70	80	80
Kvicksilver (g)	1	1	0,6	0,6
Nickel (g)	200	200	100	80
Olja <sup>13</sup> (kg)	10	10	9	10
Summa 4 PAH:er <sup>14</sup> (g)	10	10	6	6

Tabell 15. Diffus vardagsbelastning på markytan från dagens markanvändning i Ulleråker, fördelad på de tre olika sårbarhetszonerna enligt Figur 19. Belastningen har beräknats med hjälp av StormTac-schabloner för de ämnen som ingår bland hänsynskraven. Ett antal hänsynskrav saknar StormTac-schabloner och har därför inte kunnat beräknas. Resultaten är avrundade till en värdesiffra. Den totala belastningen i Tabell 10 har summerats före avrundning. Därför överensstämmer inte alltid den avrundade totalen med summan av de avrundade delbelastningarna.

	Extrem sårbarhet	Stor sårbarhet	Liten sårbarhet
1,2-diklorethan (g)	10	10	20
Arsenik (g)	300	100	300
Benso(a)pyren (mg)	200	0	100
Bly (g)	60	50	90
Kadmium (g)	3	1	3
Klorid (kg)	300	100	300
Koppar (g)	300	100	300
Krom (g)	30	10	30
Kvicksilver (g)	1	0	1
Nickel (g)	90	10	60
Olja <sup>15</sup> (kg)	4	1	4
Summa 4 PAH:er <sup>16</sup>	5	1	5

<sup>13</sup> "Olja" omfattas inte av MKN. Olja innehåller däremot bland annat bensen, som omfattas av MKN. Eftersom det senare saknar schablonvärde i StormTac används olja som indikator på bensenbelastning.

<sup>14</sup> Benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(ghi)perylene och indeno(1,2,3-cd)pyren.

<sup>15</sup> "Olja" omfattas inte av MKN. Olja innehåller däremot bland annat bensen, som omfattas av MKN. Eftersom det senare saknar schablonvärde i StormTac används olja som indikator på bensenbelastning.



## 4.1.5 Utgångspunkter för riskanalysen

För riskinventeringen är det av särskild betydelse att beskriva programområdet med avseende på vilka markanvändningar och verksamheter som förekommer i området (se även avsnitt 5.2).

Följande kan sägas om området idag:

### 4.1.5.1 Lokalisering och bakgrund

Fastigheterna inom programområdet ligger i Ulleråker mellan Fyrisån och Dag Hammarskjölds väg strax söder om Kungsängsleden drygt 2 km söder om Uppsala Centralstation. På området har bedrivits mentalvårdsverksamhet sedan början av 1800-talet. Verksamheterna har succesivt avvecklats och flyttats, men idag står lokalerna tomma eller hyrs ut. Redan under 1990-talet byggdes en del av lokalerna om till bostäder samtidigt som en förtätning skedde.

Dagens Ulleråker är en glest bebyggd stadsdel med tyngdpunkten av bostadsbebyggelsen i söder. Norra delen av Ulleråker består idag av verksamheter som främst är aktiv under dagtid. Området upplevs som ganska ödsligt och otrött. Ulleråker har i omgångar sedan kommunen förvärvade marken haft olovlig husvagnsuppställning och övergivna fordon främst vid norra infarten och kyrkogården.

### 4.1.5.2 Hyresgäster och verksamhet

Hyresgästerna i Ulleråker består idag av skolor, folkhögskola, restaurang/kiosk, boende, kontor och museum. Den uthyrbara ytan i det befintliga beståndet uppskattas till ca 20 000 kvm huvudsakligen fördelade i 30 större byggnader. Det finns ingen kännedom om industriell verksamhet eller verksamheter som innebär risk för föroreningar inom området. Rivningar utförs i området med högt ställda krav kring förebyggande åtgärder för föroreningar.

### 4.1.5.3 Källare och underjordisk kulvert

Ett dussintal byggnader från kronparken i söder till Tallåsen i norr är förbundna med en kulvert. Denna går i huvudsak i stråket Ulleråkersvägen – Bernhard Jacobowskys väg. Kulverten är helt underjordisk och kan trafikerats med små truckar/transportfordon för distribution av gods och sopor. Den är förbunden med en centralt belägen sopstation. Andra underjordiska ledningar ligger på vanligt sätt nedgrävda och inte i gångbara kulvertar. Av den befintliga byggnationen i Ulleråker har merparten källare.

### 4.1.5.4 VA och dagvatten

Alla hus i området är anslutna till kommunalt vatten och avlopp. Dagvattenledningarna inom planområdet tillhör idag två ägare: Uppsala Vatten och Uppsala kommun. Uppsala kommuns ledningar ingick i köpet när kommunen förvärvade marken av Landstinget. Dagvatten avleds konventionellt via dagvattenbrunnar och ledningar. Eftersom området idag är så glest exploaterat sker också en del infiltration av dagvatten direkt i mark. Allt dagvatten leds idag utan rening eller

---

<sup>16</sup> Benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(ghi)perylen och indeno(1,2,3-cd)pyren.

fördröjning till Fyrisån. Ledningsnätets ålder är inte känd, men är troligtvis utbyggd i olika skeden och huvudnätet uppges från tidigare fastighetsförvaltare vara från 1960-70 talet.

#### 4.1.5.5 Värmeförsörjning och el

Fjärrvärme finns till alla bostadshus och lokaler som är eller varit i bruk under senare tid. I alla lokaler finns mekanisk ventilation, vilken är moderniserad i lokaler som fortfarande används. Fjärrvärmens och el-nätet ägs av kommunen i och med fastighetstransaktionen år 2014. Dessa byts ut successivt till nya ledningar i och med utbyggnaden av området.

#### 4.1.5.6 Parkering och transporter

De stora parkeringarna vid kyrkogården och vid Kronparksgården blir några av de första samlade parkeringslösningarna för området Ulleråker och infördes år 2016. Uppsala Parkerings AB ansvarar för all parkeringsförvaltning och p-övervakning på marken som kommunen äger i Ulleråker. I övrigt råder parkeringsförbud på kommunens mark på samtliga platser där det inte är utmärkt med vägmärke för parkering. Inga kända, särskilt miljöfarliga, transporter går i området idag. Hastigheten är begränsad till 30 km/h utanför Lundellska. I övriga området gäller 50 km/h.

## 4.2 Planerad utbyggnad

### 4.2.1 Vision och mål enligt planprogrammet

Den 6 april 2016 godkände kommunstyrelsen i Uppsala ett planprogram för Ulleråker. Projektet befinner sig nu i ett intensivt skede med parallella planläggningsprocesser, markanvisningar och markförsäljningar, samtidigt som gestaltning, projektering och utbyggnad av områdets gator, parker och platser pågår. Kommunens målsättning är att Ulleråker är fullt utbyggt inom en 15-årsperiod. I planprogrammet presenteras visionen för Ulleråker:

*”Ulleråker är en stadsdel för hela livet. En plats med både stadens liv och naturens lugn. Mellan de två universiteten möts människor för att skapa morgondagens idéer. Här är ett hållbart liv enkelt, cykeln och kollektivtrafiken är förstahandsvalet. Ulleråker är en modern stadsdel på historisk mark”*

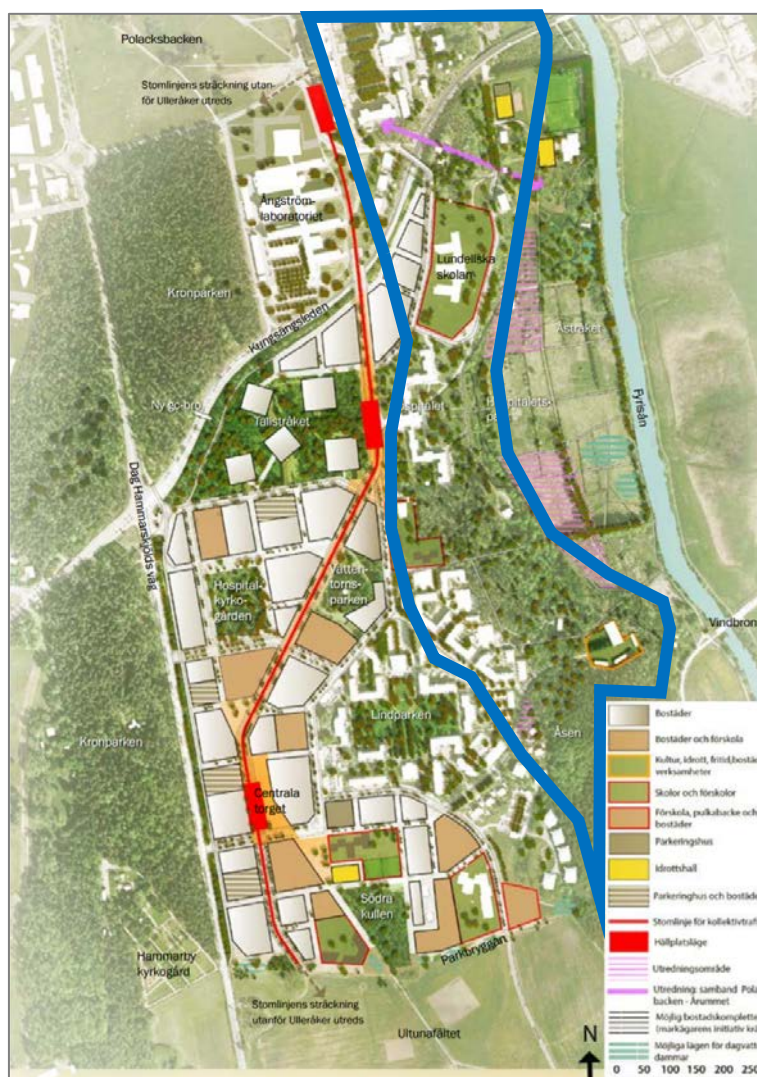
Enligt planprogrammet ska den fortsatta utvecklingen i Ulleråker ske med respekt för vatten som resurs och en strategi för hållbar vattenmiljö har tagits fram. Denna konkretiseras nu genom fördjupande utredningar. Arbetet ska mynna ut i ett kontrollprogram med uppföljning. Enligt planprogrammets intentioner och utifrån översiktplanen och den fördjupande översiktplanen utgör Ulleråker en viktig pusselbit i stadens fortsatta tillväxt och utveckling som en regional nod.

Ulleråker kommer i framtiden att rymma nya bostäder och lokaler för verksamheter och service. Nybyggnation beräknas uppgå till totalt 700 000 BTA<sup>17</sup>, vilket omräknat kan motsvara cirka 7 000 bostäder med lokaler. Det bedöms innebära att befolkningsantalet framtiden kommer att närma sig 20 000 människor. Utöver bostäder kommer det att finnas arbetsplatser, handel, förskolor, skolor och annan service i en tät och blandad stadsmiljö. I området planeras inte för någon industriell verksamhet, däremot ska det ges plats för ”små och medelstora internationellt konkurrenskraftiga företag och med kopplingar till utbildnings- och forskningsverksamheten (...) exempelvis

---

<sup>17</sup> BTA syftar på byggnadens bruttoarea. Bruttoarean är summan av alla våningsplans area och begränsas av de omslutande byggnadsdelarnas utsida.

kunskapsföretag”. Flera av befintliga byggnader som har varit en del av landstingets verksamhet inom området kommer att rivras för att ge plats åt nybyggnationen. Planen är att större delen av den nya bebyggelsen ska uppföras i områdets västra delar, mot Dag Hammarskjölds väg. Ett nytt kollektivtrafikstråk planeras i nord-sydlig riktning. Tillsammans med bland annat prioriterad gång- och cykeltrafik och ”strategiskt utpekade lägen för gemensamma parkeringsanläggningar” ska det bidra till att uppfylla det uppsatta målet om att minst 80 % av Ulleråkerbornas resor skall ske med gång, cykel eller kollektivtrafik (Mobilitetsstrategi, bilaga till Planprogrammet) Utifrån planprogrammets intentioner kommer fordonsrörelserna att kraftigt koncentreras till områden närmare Dag Hammarskjölds väg. Området planeras få ett lågt antal privatbilar i förhållande till befolkningmängden. För godstransporter planeras samlastningslösningar och tydliga strukturer för leveranstrafik som minimerar antalet fordonsrörelser i området. Området kan komma att regleras även avseende drivmedelsanvändning genom till exempel en miljözonsreglering. Figur 21 visar programområdets planerade struktur.



Figur 29. Planerad struktur i Ulleråker. Vita och bruna ytor anger "bostäder" respektive "bostäder och förskola". Den röda linjen genom området visar den planerade kollektivtrafiklinjens sträckning. Blå linje markerar ungefärlig utsträckning av grundvattenförekomsten Uppsalaåsen-Uppsala genom programområdet. Notera att den planerade bebyggelsen är koncentrerad till den västra delen av område.t För en större version av bakgrundsbilden hänvisas till Ulleråker Planprogram 2016

([https://www.uppsala.se/contentassets/cafa814331eb484cb87f26ceb2009e4f/planprogram\\_ulleraker\\_webb.pdf](https://www.uppsala.se/contentassets/cafa814331eb484cb87f26ceb2009e4f/planprogram_ulleraker_webb.pdf)).

## 4.2.2 Utgångspunkter för riskanalysen

Uppsala kommun är både mark- och fastighetsägare och råder därmed över detaljplaneprocessen. Ett skäl till att kommunen förvärvade marken och fastigheterna var att få rådighet över den fortsatta utvecklingen i Ulleråker. Kommunens intentioner återfinns i planprogrammet från 2016. Av planprogrammet framgår att Uppsala kommun, tillsammans med bland andra UL (kollektivförvaltningen i region Uppsala), planerar för en stadsdel där gång, cykel och kollektivtrafik är förstahandsvalet och där respekten för vattnet som resurs ska genomsyra planering, genomförande och drift. Planprogrammet för Ulleråker har fokusområden, huvudmål och målområden formulerats. Målområdena utgör konkretiseringar som ska ligga till grund för att driva stadsutvecklingen i Ulleråker i önskad riktning. Dessa har utvecklats till mätbara och uppföljningsbara delmål och utmynnat i framtagna hållbarhetsbedömningar och strategier. För riskinventeringen är det av särskild betydelse att beskriva programområdet med avseende på vilka markanvändningar och verksamheter som förekommer i området (se även avsnitt 5.2). Följande kan sägas om området efter utbyggnad:

### 4.2.2.1 Fastigheter

Planen är att större delen av den nya bebyggelsen ska uppföras i områdets västra delar, mot Dag Hammarskjölds väg. Ulleråker kommer att bli en tät stadsdel med hushöjder från 4 till upp mot 14 våningar på särskilt utpekade platser. Utbyggnaden kommer ske etappvis i förhållande till den framdrift av detaljplaner och bostadsetableringar som planeras.

Material i byggnader får inte innehålla ämnen med utfasningsegenskaper enligt Kemikalieinspektionens PRIO-kriterier. Användningen av ämnen som enligt PRIO-kriterierna benämns som riskminskningsämnen ska minimeras. I övrigt görs val utifrån kriterier i något av systemen:

- Byggvarubedömning, enligt nivå rekommenderas eller accepteras
- Sunda Hus, enligt A, B och C+
- Basta, egenskapskriterier ska uppfyllas.

Utöver de krav som anges i dessa byggsystem ska material väljas som inte riskerar att bidra till att vattenförvaltningens prioriterade ämnen och särskilda ämnen sprids till områdets vattenmiljöer. Till exempel får inte material innehållande koppar och zink få användas i fasad- och fasadbeklädnader på byggnader, i belysningsarmatur utomhus, med mera.

### 4.2.2.2 Resvanor och kollektivtrafik

En bärande del i planprogrammet för det framtida Ulleråker är att försöka förändra resvanorna och begränsa och minimera antalet fordonsrörelser i området. Därför arbetas aktivt för att försöka skapa större möjligheter till resor och förflyttning i form av gång och cykel, och samtidigt låta stadsdelen växa fram kring en stomlinje för kollektivtrafik för de längre resorna.

- Spårbunden trafik. I ett utbyggt Ulleråker kommer den övervägande delen av persontransporterna ske med spårvagn, alternativt cykel eller till fots. Ett övergripande mål är att 80 % av alla transporter ska ske med dessa färdmedel. I planeringen av Ulleråker skapas förutsättningar för anläggning av spår centralt genom området, norrifrån via en ny bro över Kungsängsleden genom centrala Ulleråker och vidare söderut mot SLU. I dagsläget finns inget beslut om spårtrafik. Området planeras så att det förbereds för att i framtiden kunna anlägga spårtrafik i Ulleråker.

- Biltrafik. Biltrafiken till och genom Ulleråker koncentreras till områden närmast Dag Hammarskjölds väg, till huvudgator med fokus på att skapa tillgänglighet till de centrala delarna och områden med stadsdelsservice. Parkeringsgarage/ mobilitetshus planeras likaså i områden närmare Dag Hammarskjölds väg. Boendeparkering kommer att ske i dessa parkeringshus/mobilitetshus och boendeparkering tillåts därför inte på kvartersmark, med undantag för handikapparkering. Detta ställer krav på utformning av varje enskilt kvarter med hänsyn till cykeln och det blir viktigt att skapa ytor för cykelparkeringar/cykelrum för både vanliga cyklar och lastcyklar.
- Mobilitetstjänster. Ett resande med spår, cykel eller till fots och med fokus på att undvika ett enskilt bilägande kräver en utveckling av olika mobilitetstjänster som till exempel cykelpooler, bilpooler och andra former av tjänster för att underlätta både planering och resande. I utvecklingen av Ulleråker utreds detta särskilt för att stödja utvecklingen av mobilitetstjänster på bred front.

#### 4.2.2.3 Parkering och transporter

För att begränsa fordonstrafiken ytterligare planeras gaturummens utformning och innehåll inte efter biltrafik utan för aktivitet, stadsliv och ett ökat antal gång- och cykelresor. En del i det bygger på att försöka minska bilens relativa attraktionskraft genom fristående parkeringshus i utkanterna av området. Helt enkelt genom att skapa ett längre avstånd till bilen än om den varit parkerad på den egna fastigheten. I och med en samlad bilpark krävs då att parkeringshuset och bottenplattan utformas så att den ger ett fullgott skydd i händelse av ett spill. Hastigheten i området kommer vara begränsad till 30 km/h på de större gatorna. I övriga området kommer gångfart gälla.

#### 4.2.2.4 Verksamheter

Utöver fordonstrafiken kommer en begränsning ske av vilka verksamheter som får vara på området. I området planeras inte för någon typ av industriell verksamhet, storskalig handel eller tankstationer, vilket leder till att antalet fordon ytterligare begränsas. Därutöver minskar risken för att förorenande ämnen kan spillas i större mängd på grund av olyckor, särskilt vid tillstånds- och anmälningsskyldiga verksamheter. Krav kommer även ställas på att man exempelvis inte får bedriva verksamhet som riskerar förstöra skyddande lager i marken, t ex energiuttag från berg.

#### 4.2.2.5 Värmeförsörjning och el

Den idag större huvudledning av fjärrvärme som går genom området förutsätts finnas kvar och utgöra en stomme för det framtida Ulleråkers värmeförsörjning. Elförsörjningens kapacitet kommer byggas ut mot nordväst med en ny transformatorstation i Rosendal. Nytänkande och lokala byggnadslösningar kommer att uppmuntras i form av uppvärmning och energi. Solceller på tak och fasader förväntas bli betydande inom området.

#### 4.2.2.6 VA och dagvatten

Ulleråker kommer att förses med ett nytt vatten- och avloppssystem och kommer att ingå i det kommunala verksamhetsområdet. Ledningsnätet kommer vara ett tätt system med stor hänsyn till områdets känslighet. Även det befintliga dagvattenledningsnätet kommer helt rivas/avvecklas och ersättas av ett nytt dagvattensystem som ägs och förvaltas av Uppsala vatten. Dagvatten från tak planeras att renas lokalt i växtbäddar i gatumiljön. Allt övrigt dagvatten kommer att avvattnas via brunnar och ledningar. Ledningssystemet kommer utföras med svetsade plaströr för maximal täthet. Dagvattnet planeras att renas i fem dammar, två utmed Fyrisån (avleds mot Fyrisån) och tre i programområdets södra del (avleds söderut mot Ultuna). Dagvattensystemet dimensioneras för att klara upp till ett 20-årsregn vid dämning upp till marknivå. Vid ännu kraftigare regn har dagvattnet möjlighet att avledas sekundärt via gatunätet. De nya gatorna är höjdsatta så att sekundär avrinning leds dels österut mot Fyrisån, dels söderut mot Ultuna. Visst skyfallsvatten

kommer sannolikt också behöva ledas mot den befintliga Lindparken eftersom den befintliga Ulleråkersvägen är låst i höjdläge och inte kan justeras utan långtgående påverkan på befintlig bebyggelse.

#### 4.2.2.7 Källare

Plattan i parkeringsgaraget utformas så att den ger ett fullgott skydd i händelse av ett spill. Källaren konstrueras inte med avlopp. Eventuella genomföringar tätas med manschetter likt radontäta genomföringar

Vid förhöjda grundvattennivåer kan källarkonstruktioner komma att ligga under grundvattenytan. Pumpning av vatten kan då komma att krävas under byggtiden. Efter byggtid "släpps" vatten på och skapar en förhöjd vattenyta mot konstruktionen. I vissa fall läggs en dräneringsledning vilken skapar en maxnivå på vattnet. Garagets ytterväggar utformas som "tät konstruktion" vilket är brukligt i områden med förhöjt grund/ytvattentryck. (exempelvis Uppsala resecentrum). Eventuella rester eller spill av petroleumprodukter i en sådan typ av källare kommer att ansamlas på vattenytan i pumpbrunnar etc. och där kunna tas omhand.

#### 4.2.2.8 Borrningar

Verksamheter/aktiviteter som kan äventyra att det ur grundvattensynpunkt skyddande lerlagret punkteras eller förstörs kommer att undvikas. Det kommer bland annat att innebära att energiuttag från berg inte tillåts.

## 5 Riskanalys av programområde Ulleråker

### 5.1 Avgränsningar och antaganden

Riskanalysen av Ulleråker är i huvudsak genomförd med följande avgränsningar och antaganden:

- Den geografiska avgränsningen utgörs av programområdet, som det beskrivs i kapitel 4. Grundantagandet är att de skadehändelser som analyseras kan ske var som helst i området. De är med andra ord inte knutna till specifika platser. För att belysa att förutsättningarna skiljer sig inom området analyseras vissa skadehändelser med olika scenarier, till exempel utsläpp direkt på åskärnan respektive på sand. I andra fall styrs sannolikhetsbedömningen av vilka markanvändningar och verksamheter som kommer att vara aktuella i området (se avsnitten 4.1.5 och 4.2.2).
- Valt skyddsobjekt är grundvattenförekomsten Uppsalaåsen-Uppsala. Sträckan genom programområdet är mindre än två kilometer, hela grundvattenförekomsten är drygt två mil. Därför har UVAB:s provpunkter närmast uppströms (Stadsträdgården) och nedströms (Sunnersta) Ulleråker valts för att beskriva den nuvarande vattenkemin, istället för ett medelvärde för hela förekomsten.
- Riskanalysen är i första hand gjord för den fullt utbyggda situationen, det vill säga ungefär perioden 2030–2080, fram tills dess det blir aktuellt med större renoveringar, ombyggnationer eller rivningar. Det gäller särskilt sannolikhetsbedömningarna, som bygger på att markanvändningen är oförändrad under en tillräckligt lång tidsperiod för att slumpvisa

händelser ska hinna ske tillräckligt många gånger för att frekvensen ska närma sig den situation som beskrivs av olycksstatistik. Byggskedet och det mycket långa tidsperspektivet beskrivs därför inte lika väl som det beskriver driftskedet. Se även avsnitt 6.1.1.

- För de ämnen som har kunnat tilldelas schablonvärden för olika skadehändelser har konsekvensen beräknats enligt avsnitt 2.4.2. I övriga fall har konsekvensen skattats genom expertbedömningar.
- För belastningar från punktkällor, till exempel en trafikolycka eller en husbrand, analyseras konsekvensen genom att beräkna hur stor haltökningen blir i grundvattnet 20 meter nedströms i grundvattenförekomsten. Detta avstånd är godtyckligt och har satts för att kunna genomföra analysen. Avståndet har stor betydelse i åsen, eftersom att flödet och därmed utspädningen stor.

## 5.2 Riskobjekt och skadehändelser

Riskobjekten i Ulleråker, såväl idag som efter utbyggnad, utgörs översiktligt av markanvändningstyperna sammanhängande bebyggelse, väg och järnväg samt jordbruksmark och naturmark (se avsnitt 4.1.3). Det har legat till grund för riskidentifieringen. Ett antal skadehändelser har då identifierats som inte entydigt kan kopplas till endera av dessa markanvändningar. De grupperas som "övriga skadehändelser". Resultatet av riskidentifieringen redovisas i tabellerna nedan. Varje skadehändelse beskrivs med namn, som återkommer i den egentliga analysdelen (avsnitt 5.3), typ, metod och kommentar. Typ syftar på om händelsen ifråga är en vardagshändelse eller sällanhändelse. För sällanhändelserna anges om empiriska skattningar eller expertbedömningar används som metod för att skatta sannolikheten.

**Tabell 16. Identifierade skadehändelser för riskobjektet "sammanhängande bebyggelse". Typ anger om skadehändelsen är en (V)ardagshändelse eller (S)ällanhändelse. Metod anger om sannolikheten för sällanhändelsen skattas med hjälp av (E)mpiriskt underlag eller expert(B)edömning**

Skadehändelse	Typ	Metod	Kommentar
Diffus vardagsbelastning	V		Ämnen från "vardagliga" aktiviteter och processer som infiltrerar med nederbörd och dagvatten.
Släckvatten från husbrand	S	E	Belastning på grundvatten från förorenat släckvatten
Släckvatten från bilbrand	S	E	Belastning på grundvatten från förorenat släckvatten
Spridning av bekämpningsmedel från vardaglig användning	V	B	
Spill av 100 l bekämpningsmedel på grund av olycka	S	B	
Diffust läckage från dagvattenledning	V		Läckage vid skarvar etc.
Brott på dagvattenledning	S	B	Ledningsbrott på grund av till exempel avgrävning eller underminering
Utsläpp av farligt ämne	S	E	Exemplifieras med utsläpp av 50 l hydraulolja
Spill till omgivningen från verksamhet i källare	S	B	
Miljöfarliga verksamheter	S		Spill och utsläpp på grund av olyckor från verksamheter som hanterar kemikalier
Bygg- och anläggningsarbeten	S	B	Belastning från spill som uppkommer i byggskedet
Borrning	V/S	B	Belastning från ämnen vid borrning samt som en konsekvens av borrhål

**Tabell 17. Identifierade skadehändelser för riskobjektet "väg och järnväg". Typ anger om skadehändelsen är en (V)ardagshändelse eller (S)ällanhändelse. Metod anger om sannolikheten för sällanhändelsen skattas med hjälp av (E)mpiriskt underlag eller expert(B)edömning**

Skadehändelse	Typ	Metod	Kommentar
Diffus vardagsbelastning	V		Ämnen från "vardagliga" aktiviteter och processer som infiltrerar med nederbörd och dagvatten.
Trafikolycka med personbil	S	E	Utsläpp av fordonets bränsle vid trafikolycka
Trafikolycka med lätt lastbil	S	E	Utsläpp av fordonets bränsle vid trafikolycka
Trafikolycka med tung lastbil	S	E	Utsläpp av fordonets last (tankbil) vid trafikolycka
Trafikolycka med spårvagn	S	B	Inget drivmedelutsläpp på grund av eldrift
Diffust läckage från dagvattenledning	V		Läckage vid skarvar etc.
Brott på dagvattenledning	S	B	Ledningsbrott på grund av till exempel avgrävning eller underminering
Spridning av större volym på grund av olycka vid miljöfarlig verksamhet	S	B	Statistik kan kanske inhämtas från miljöförvaltningen. Det har inte skett i etapp 1.
Spridning av salt från halkbekämpning	V		Ingår i diffus vardagsbelastning
Olycka med halkbekämpningsfordon som orsakar spridning av salt till grundvattnet	S	B	
Spill av större volym miljöfarligt ämne i källare med otäta utgående rör	S	B	

**Tabell 18. Identifierade skadehändelser för riskobjektet "jordbruksmark och naturmark". Typ anger om skadehändelsen är en (V)ardagshändelse eller (S)ällanhändelse. Metod anger om sannolikheten för sällanhändelsen skattas med hjälp av (E)mpiriskt underlag eller expert(B)edömning**

Skadehändelse	Typ	Metod	Kommentar
Diffus vardagsbelastning	V		Ämnen från "vardagliga" aktiviteter och processer som infiltrerar med nederbörd och dagvatten.
Släckvatten från gräs- och skogsbrand	S	E	



**Tabell 19. Identifierade "övriga" skadehändelser. Typ anger om skadehändelsen är en (V)ardagshändelse eller (S)ällanhändelse. Metod anger om sannolikheten för sällanhändelsen skattas med hjälp av (E)mpiriskt underlag eller expert(B)edömning**

Skadehändelse	Typ	Metod	Kommentar
Ökad spridning från kända förorenade områden	S	B	
Olycka med maskin arbetsfordon	S	B	
Brott på hydrauloljeslang	S	B	
Stort spill av miljöfarligt ämne (lim, lösningsmedel annat)	S	B	Olycka som leder till utsläpp från behållare med miljöstörande produkt som används vid anläggningsarbete/byggnation
Borrningar. Spill vid borrning. 50 l hydraulolja på ås	S	B	Läckage från borrhög på markytan
Borrningar. Läckage under drift	S	B	Läckage av köldbärarvätska från energibrunn
Borrningar. Spridningsväg	S	B	Frisättning av fossilt salt grundvatten
Borrningar. Indirekta risker till följd av förändrade hydrogeologiska förhållanden	S	B	
Katastrofer. Tekniska haverier.	S	B	
Katastrofer. Skadegörelse, sabotage och terrorism	S	B	
Katastrofer. Naturkatastrofer	S	B	
Kemikaliesamhället			Ändrar förutsättningarna för riskanalysen. Kan inte analyseras med avseende på sannolikhet eller konsekvens

## 5.3 Skattning av sannolikheter och konsekvenser för analyserade skadehändelser

Riskanalysen genomförs för de skadehändelser som har identifierats. De har valts för att tillsammans ge en så heltäckande beskrivning av risksituationen som möjligt. Varje typ av skadehändelse kan, om och när den faktiskt inträffar, utfalla på många olika vis. En trafikolycka kan vara att en elbil kolliderar med en vägskylt utan att något spill till omgivningen uppstår. Det kan också vara en våldsam avåkning där tanken springer läck och bensin rinner ner i marken. Genomgående tillämpas konservativa antaganden – det vill säga antaganden om att skadehändelsen sker så ofta som möjligt, med så negativ grundvattenpåverkan som möjligt – för att inte underskatta risknivåerna, enligt avsnitt 2.4.2.

Eftersom de hydrogeologiska förutsättningarna har stor betydelse för konsekvensen av ett givet utsläpp har två olika fall modellerats för ett flertal skadehändelser:

1. Belastning direkt på åsen. Jordarten antas bestå av sandigt/grusigt material med mycket hög hydraulisk genomsläpplighet.
2. Belastning på ett område 300 meter väster om åsen. Jordarten antas bestå av sand med hög hydraulisk genomsläpplighet. Observationer i området visar att de västra delarna egentligen

täcks delvis av ett en till två meter tjockt lerlager. Under det finns siltig sand (ett finkornigt material).

Varje enskild riskanalys inleds med ett resonemang om skadehändelsen, dess sannolikhet och konsekvens. Analysen avslutas med att bedömningen summeras i en enkel riskmatris. Där framgår vilka scenarier eller varianter som har analyserats, vad sannolikheten bedöms vara idag respektive efter utbyggnad samt konsekvens om händelsen inträffar. Konsekvensen antas vara densamma oavsett om händelsen inträffar idag eller efter utbyggnad. Både sannolikhet och konsekvens bedöms utifrån fyrgradiga skalor (se avsnitten 2.4.1 och 2.4.2). Samtliga risknivåer redovisas samlat i avsnitt 5.4. Analysen sammanfattas med en tabell över sannolikhet och konsekvens. I de fall analysen bygger på empiriskt underlagsdata redovisas beräknade sannolikheter idag och efter utbyggnad samt konsekvensen uttryckt som "andel av hänsynskrav" (det vill säga MKN för grundvattnet och gränsvärden för dricksvatten, enligt avsnitt 2.3.2) för det ämne som får störst genomslag på hänsynskraven. I övriga fall redovisas bedömd sannolikhet idag och efter utbyggnad samt konsekvens med fyrgradiga skalor. Tabellernas utseende skiljer sig därför åt, enligt Tabell 15 och Tabell 16.

**Tabell 20. Exempel på resultattabell för en skadehändelse som har analyserats med hjälp av empiriskt underlag. Sannolikheten idag och efter utbyggnad uttrycks som frekvens (antal inträffade händelser per år). Konsekvensen beräknas som "andel av hänsynskrav". Det betyder att de teoretiska halter som uppstår lokalt i grundvattnet till följd av skadehändelsen jämförs med hänsynskraven. Den halt som blir högst uttrycks som andel av hänsynskrav. Ämnet ifråga noteras också.**

Skadehändelse	Frekvens (ggr/år)		Konsekvens	
	Idag	Utbyggt	andel av hänsynskrav	Ämne

**Tabell 21. Exempel på resultattabell för en skadehändelse som har analyserats med hjälp av expertbedömningar. Både sannolikheter och konsekvens uttrycks med hjälp av de fyrgradiga skalor som beskrivs i avsnitten 2.4.1 och 2.4.2.**

Skadehändelse	Sannolikhet idag	Sannolikhet efter utbyggnad	Konsekvens

### 5.3.1 Diffus vardagsbelastning

I takt med att Ulleråker byggs ut kommer områdets markanvändning och verksamheter att förändras. Den mänskliga närvaron ökar, bebyggelsen förtätas och expanderar, skog och grönområden minskar, den totala takytan ökar, trafikmönster förändras, dagvattenhanteringen byggs ut. Vardagshändelser bedöms därför generellt utgöra en lägre risk under byggskedet än när Ulleråker är fullt utbyggt. Vissa förändringar kommer att öka den diffusa vardagsbelastningen på grundvattnet, andra minska den. Det går inte att exakt beräkna hur stor ökningen blir, eftersom antalet osäkra variabler är för stort. Däremot kan ökningen skattas så att konsekvensen kan bedömas.

Uppsala kommun har tidigare genomfört en dagvattenutredning som beskriver Ulleråker före och efter utbyggnad. Utredningen har gjorts oberoende av riskanalysen och har klassificerat dagens markanvändning något annorlunda. Genom att överföra resultaten från den utredningen kan den framtida diffusa vardagsbelastningen skattas till en fördubbling jämfört med dagens situation.

Underlaget tillåter inte att dela upp belastningen på olika delområden eller specifika markanvändningar. Eftersom markanvändningsförändringarna kommer att bli störst i den västra delen av området (stor sårbarhet) är det rimligt att förvänta sig mer än en fördubbling av den andelen, medan bruttobelastningen på den centrala (extrem sårbarhet) och östra (liten sårbarhet) inte ökar lika mycket eller blir i stort sett oförändrad. Tabell 15 redovisar skattad diffus bruttobelastning för två scenarier:

- Uniform belastningsökning. Bruttobelastningen fördubblas över hela området, lika för alla tre sårbarhetszoner.
- Västlig belastningsökning. Bruttobelastningen tredubblas i zonen med stor sårbarhet, där markanvändningsförändringen blir störst, och ökar med 50 % i området med extrem sårbarhet. (Belastningen från området med liten sårbarhet antas vara oförändrad, vilket gör att den totala ökningen från Ulleråker efter utbyggnad fördubblas.)

**Tabell 22. Skattad belastningsökning i zonerna med extrem respektive stor sårbarhet i Ulleråker till följd av planerad utbyggnad. Notera att det inte är total belastning, utan tillskott som avses. Ökningen redovisas för två scenarier, dels ett scenario för uniform belastningsökning, dels ett där ökningen antas bli störst i den västra delen (stor sårbarhet) till följd av planerad framtida områdesstruktur**

Skadehändelse	Uniform belastningsökning		Västlig belastningsökning	
	Extrem sårbarhet	Stor sårbarhet	Extrem sårbarhet	Stor sårbarhet
1,2-dikloretan (g)	300	100	200	200
Arsenik (g)	500	200	400	200
Benso(a)pyren (mg)	300	0	200	0
Bly (g)	100	100	100	200
Kadmium (g)	5	2	4	3
Klorid (kg)	600	200	500	300
Koppar (g)	500	200	400	400
Krom (g)	60	20	50	30
Kvicksilver (g)	1	0	1	0
Nickel (g)	200	0	100	0
Olja <sup>18</sup> (kg)	8	3	6	4
Summa 4 PAH:er <sup>19</sup> (g)	10	3	7	4

Skadehändelse	Sannolikhet idag	Sannolikhet efter utbyggnad	Konsekvens
1a. Diffus vardagsbelastning. Nuläge	4	-	2
1b. Diffus vardagsbelastning. Uniform belastningsökning	-	4	3
1c. Diffus vardagsbelastning. Västlig belastningsökning	-	4	2

<sup>18</sup> "Olja" omfattas inte av MKN. Olja innehåller däremot bland annat bensen, som omfattas av MKN. Eftersom det senare saknar schablonvärde i StormTac används olja som indikator på bensenbelastning.

<sup>19</sup> Benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(ghi)perylen och indeno(1,2,3-cd)pyren.

## 5.3.2 Trafikolyckor

Trafikolyckor omfattar i första hand fordon på väg, vilket antas vara personbil, lätt lastbil och tung lastbil som framförs med fossila drivmedel (bensin respektive diesel). Konsekvensen av en olycka med buss, motorcykel, elbil eller andra fordonstyper som inte beskrivs separat bedöms antingen kunna beskrivas med något av basfallen, eller ge upphov till mindre konsekvenser än de beskrivna fallen. För den händelse där till exempel en dieseldriven buss trafikerar Ulleråker och blir inblandad i en olycka kan utsläppet approximeras med utsläppet från en lätt lastbil enligt nedan. En motorcykel kan aldrig orsaka lika stora utsläpp som en personbil enligt nedanstående fall. En elbil kan inte orsaka något spill av drivmedel.

Den planerade kollektivtrafiklösningen i Ulleråker kan komma att bli spårbunden trafik (se avsnitt 4.3). De tåg som i så fall används antas vara eldrivna och inte kunna ge upphov till något drivmedelsspill.

### 5.3.2.1 Sannolikhet för trafikolyckor

För beräkningen av sannolikheten för att trafikolyckor inträffar har utdrag från Transportstyrelsens databas Strada använts. Tre kategorier av trafikolyckor har använts; personbil, lätt lastbil och tung lastbil. Urvalet omfattar Uppsala och Knivsta kommun. En stor brist i underlaget är att det inte framgår vilka trafikolyckor som leder till utsläpp, bedömningen av sannolikheten är därmed mycket konservativ. Önskvärt vore att relatera trafikolyckorna till årsdygnstrafik (ÅDT). Detta har inte kunnat göras trots att koordinater erhöles ur databasen eftersom uppgifter om ÅDT endast erhöles för de statliga vägarna och inte för de kommunala.

Sannolikhet för trafikolyckor i Ulleråker före och efter exploatering har uppskattats genom befolkningens mängd, genom att anta att samma olycksfrekvens gäller per 1 000 invånare i Ulleråker som för resten av Uppsala och Knivsta kommuner. Befolkningens mängden i Ulleråker antas tiofaldigas i och med utbyggnaden. Det innebär att antalet olyckor kommer ungefär att tiodubblas. Denna ansats tar därmed inte hänsyn till att faktiska olyckor i många fall har starkare korrelation till andra faktorer än stadsdelens totala befolkningens mängd.

I riskanalysen har det antagits att utsläpp av produkt sker vid varje olycka, i brist på bättre data. Sannolikheten för trafikolyckor före och efter utbyggnad redovisas i Tabell 16.

**Tabell 23. Använda värden för sannolikheter för olika trafikolyckor som har använts vid uppskattning av risker i Ulleråker. Frekvensen bygger på antaganden enligt ovan.**

Händelse	Enhet	Ulleråker idag	Utbyggt Ulleråker
Olycka lätt lastbil	/år	0.10	0.97
Olycka lastbil	/år	0.07	0.68
Olycka personbil	/år	1.6	15

### 5.3.2.2 Konsekvens av trafikolycka

Petroleumprodukter har bedömts vara det vanligast förekommande utsläppet som uppstår vid sällanhändelserna trafikolyckor. Det grundar sig dels på vad som rapporteras in till MSB:s register om utsläppens karaktär som vi har använt i detta arbete och dels på vad som anges i flera rapporter från MSB som utvärderar insamlad information om olyckor och utsläpp (MSB, 2014, 2015; Räddningsverket 2007)

Gemensamt för petroleumprodukter är att de består av komplexa blandningar av kolväten av varierande längd och struktur. Enkelt beskrivet är det längden på kolvätekedjorna som skiljer de

olika produkterna åt. Sammansättning av ingående kolväten varierar beroende på vilka råoljor som har använts vid framställningen av respektive produkt samt beroende på respektive raffinaderis konfiguration, vilken också kan variera över tiden (SPBI, 2009).

Bensin består till ca 30-60% av korta alifatiska och 30-35% av aromatiska kolväten (SPI 2010) medan dieselolja har en mycket lägre andel aromatiska kolväten och huvudbeståndsdelen är istället ca 83 % alifatiska kolväten. Eldningsoljan har en något större andel av de tyngre alifatiska kolvätena jämfört med diesel, men kan vara snarlik i sammansättning. Maxhalten polycykliska aromatiska kolväten (PAH) i diesel får uppgå till 0,02 volym%. Bensin innehåller en mycket större andel av de så kallade BTEX-ämnena (bensen, toluen, etylbensen och xylener). De är aromatiska kolväten med en ring och alla utom bensen har en eller flera funktionella grupper. Dessa luktar mycket starkt och är de ämnen som produkten känns igen på. Människors och djurs metabolism kan påverkas av de aromatiska ämnena. Eftersom de är toxiska, har man från petroleumindustrin jobbat på att särskilt få ner andelen enkelringade aromater. Kvar finns större aromatiska kolväten, vilka är mindre toxiska. Lösligheten i vatten för bensen, som är den mest lösliga av de fyra ämnena, är 1 780 g/m<sup>3</sup> vatten. Nedbrytning av dessa ämnen kan ske på flera olika sätt, men det går generellt sett långsamt i en vattenmiljö. Utspädning kommer att vara en viktigare mekanism när det gäller haltreducering i vattendrag eller betydande grundvattenflöden, eftersom dessa fraktioner är så pass vattenlösliga.

De enkelkedjiga raka eller grenade alifaterna är inte speciellt toxiska för människor men kan ha negativ effekt på små organismer som bakterier. Nedbrytning av alifater sker olika snabbt beroende på hur pass långa och grenade molekyler är. Ju mer grenade, desto längre tid tar det innan de bryts ner av de mikroorganismer som finns naturligt i marken. Finns alifaterna i för stora koncentrationer, så att det blir toxiskt för organismerna, kommer denna process att ta längre tid. Vattenlösligheten hos alifater är låg och sorptionen till ytor hög. För att alifater ska kunna spridas i miljön i någon större omfattning krävs direkta spridningsvägar såsom ledningar och att det är en ren produkt som sprids. Vid kontakt med ytor kommer alifaterna att fastna på dessa och avges mycket långsamt.

Sorption är den viktigaste processen vid utsläpp av petroleumprodukter till jord med avseende på spridning till vatten i och med att så stor andel av produkterna är hydrofoba. Nedbrytning påverkar också förekomsten eftersom kolväten långsamt bryts ned av mikroorganismer (CONCAWE, 2001). Lättare kolväten bryts generellt ner snabbare än tyngre kolväten. De lättare kolvätena kan avgå till luft där de sedan bryts ner. Samma nedbrytningsprocesser som verkar på petroleumprodukter i jord verkar vid ett utsläpp av petroleumprodukter till vatten. Generellt är vattenlösligheten mycket låg, men de kortare, lättflyktiga eller aromatiska kolvätekedjorna kan till viss del lösas i vatten och därmed vara tillgängligt för spridning och upptag. Den största delen av en förorening med bensin eller diesel flyter på vattenytan, men en ökande längd på kolvätekedjorna ökar densiteten och lösligheten i vatten minskar. Det innebär att tyngre kolväten kan förekomma även under grundvattenytan, särskilt om det finns lösningsmedel såsom etanol eller DOC (löst organiskt kol).

Vid riskbedömning av förorenad mark har man i Naturvårdsverkets riktvärdesmodell grupperat in kolvätena efter deras rörlighet och toxicitet i miljön. Indelningen är hämtad från ett arbete framtaget av amerikanska TPHCWG (Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group) (Naturvårdsverket 1998, 2009). Fraktionerna är indelade i alifatiska respektive aromatiska ämnen samt efter ekvivalent koltal. I beräkningen av nettobelastning har samma fördelning och bakgrundsdata använts som i Naturvårdsverkets riktvärdesmodell för dessa kolvätegrupper.

Det är ovanligt att producenter av petroleumprodukter använder sig av samma indelning av alifatiska och aromatiska kolväten i produktblad och säkerhetsdatablad eftersom de huvudsakligen redovisar produktens egenskaper vid användning snarare än dess rörlighet i miljön. Information om olika petroleumprodukters fördelning av kolväten enligt den indelning i grupper av alifatiska och aromatiska kolväten som är gjord i Naturvårdsverkets riktvärdesmodell är därmed relativt bristfällig. Generella data för produkternas innehåll finns i rapporterna Naturvårdsverket (1998, 2009); SPI (2010). Halter av alifater och aromater i de olika petroleumprodukterna utgår från dessa rapporter. Som komplement har opublicerade data från IVL:s egen forskning använts (pågående forskningsprojekt finansierat av SGU) med avseende på tyngre alifater i bensin, MK1 diesel samt eldningsolja 1 E10 och E32. Brewer m.fl. (2013) redovisar innehåll av BTEX (bensen, Etylbensen, Toluen och Xylen) samt vissa alifat- och aromatfraktioner i bensin och diesel. Nästan samma data redovisas av The Interstate Technology & Regulatory Council i ett vägledningsdokument för bedömning av ånginträngning från petroleumkolväten. Utöver de rapporter och underlag som nämns ovan har produktinformation från St1 och OKQ8 använts, tillsammans med lagkrav för vad produkterna maximalt får innehålla (drivmedelslag 2011:319).

I riskanalysen har det antagits att 100 liter bensin släpps ut vid olycka med personbil, 1 000 liter MK1 diesel för olycka med lätt lastbil och 30 m<sup>3</sup> Eo1 E32 för olyckor med tung lastbil, vilket motsvarar en tankbil. Respektive produkts sammansättning, som använts i riskanalysen, redovisas i Tabell 19.

För att beräkna belastningen på grundvattnet från utsläppt produkt har en spridningsberäkning, som beskrivs i avsnitt 2.4.3 använts. Denna har utförts för ett antal olika scenarier. För personbil, lätt lastbil och tung lastbil har konsekvensen beräknats dels för utsläpp på ett område 300 meter väster om åsen där jordarten antas utgöras av sand med hög genomsläpplighet, dels för utsläpp på åsen, där jordarten antas utgöras av sandigt/grusigt material med mycket hög genomsläpplighet. För spårtrafikolyckor har sannolikhet och konsekvens skattats i brist på underlag. Olyckor antas enbart kunna ske i område med stor sårbarhet.

Tabell 24. Innehåll i olika petroleumprodukter

	Bensin	Diesel MK1	Eo1 E32	Hydraulolja
	vikt%	vikt%	vikt%	
Naftalen	1	0.8		
Acenaftalen				
Acenaften				
Antracen				
Fluoren				
Fenantren				
Fluoranten				
Pyren				
Benso(ghi)perylene				
Benso(a)antracen				
Krysen				
Benso(b)fluoranten				
Benso(k)fluoranten				
Indeno(1,2,3.cd)pyren				
Dibenso(a,h)antracen				
Benso(a)pyren				
PAH-L		0.02	0.02	
PAH-M		0.02	0.02	
PAH-H		0.02	0.02	
Bensen	1	0.1	0.1	
Toluen	25	0.7		
Etylbensen	3	0.2		
Xylen	15	0.5		
Alifat C5-C6				
Alifat C6-C8	17	1		
Alifat C8-C10	5.1			
Alifat C10-C12	0.57	23	29	
Alifat C12-C16	0.20	58	57	
Alifat C16-C35		9.1	23	
Aromat C8-C10	10.5			
Aromat C10-C16	0.18			
Aromat C16-C35				
MTBE	15			

### 5.3.2.3 Kommentar till antagandet att samtliga trafikolyckor antas orsaka stort drivmedelsspill till mark

Av tabellen nedan framgår att de mest sannolika, det vill säga mest frekventa, olyckorna är "100 l bensin sand" och "100 l bensin ås". De bedöms ske drygt en gång per år idag och 15 gånger per år efter utbyggnad. Händelsen utgörs av trafikolycka med personbil. Konsekvensen bedöms emellertid utifrån att trafikolyckan ger upphov till ett 100 l stort spill av bensin som infiltrerar direkt ner i marken. Skadehändelsens konsekvens analyseras med en serie av mycket konservativa antaganden. I de flesta fall ger en trafikolycka med personbil inte upphov till något spill av bensin som når marken, än mindre 100 l vilket är en större volym än vad som ryms i normala personbilars

bensintank. I fallet bensin analyseras konsekvensen i förhållande till Naturvårdsverkets riktvärde för MTBE (ej MKN), vilket ger en högre konsekvens än om MKN för bensen hade använts. Att MTBE ger högst utslag har att göra med att bensin kan innehålla upp till 15 vikts-% av det ämnet, vilket gör att den totala mängden blir mycket större än bensen som annars skulle överskridit mest.

Den allvarligaste konsekvensen utgörs av skadehändelsen "30k l Eo1 ås", trots att alla fastigheter i Ulleråker är anslutna till fjärrvärmenät (se avsnitt 4.1.5) och att det därför inte finns något behov av eldningsolja i området. Sannolikheten (en gång vart fjortonde år idag, knappt en gång om året efter utbyggnad) gäller för olycka med tung lastbil. Analogt med de konservativa antagandena för personbilsolyckor antas i det här fallet varje tung lastbil vara en tankbil med trettio kubikmeter eldningsolja och att varje olycka med tung lastbil leder till att tanken rämnar och hela lasten infiltrerar i marken. Sannolikheten för att hela denna kedja av konservativa antaganden ska vara uppfyllda är mycket lägre än för trafikolycka med tung lastbil, som används här. Ett alternativt sätt att uttrycka det är att konsekvensen av en trafikolycka med tung lastbil i normalfallet blir väsentligt lägre än vad som blir resultatet i den här analysen. I riskmatriserna får 30 kubikmeter Eo1 stort utslag beroende på bensen. Innehållet av bensen i eldningsoljor har minskat och ligger idag på max 0,1 vikts-%, vilket har använts som antagande.

Ett mer realistiskt, i betydelsen vanligt förekommande, scenario skulle resultera i väsentligt lägre konsekvenser. Det skulle samtidigt innebära att de allvarligaste konsekvenserna skulle förbises och den totala risksituationen underskattas. Under den fortsatta riskhanteringen (se avsnitt 7.1) kan det bli aktuellt att förfina riskanalysen med avseende på trafikolyckor, om det efterfrågas för att kunna dimensionera de riskreducerande åtgärderna. Ett första steg i en sådan finanalys kan vara att beskriva ett scenario för allvarlig olycka (reviderad sannolikhet, bibehållen konsekvens) och ett annat för "typolycka" (bibehållen sannolikhet, reviderad konsekvens).

Skadehändelse	Frekvens (ggr/år)		Konsekvens	
	Idag	Utbyggt	andel av hänsynskrav	Ämne
2a. Trafikolycka med personbil. 100 l bensin sand	1,58	15,10	74 %	MTBE
2b. Trafikolycka med personbil. 100 l bensin ås	1,58	15,10	160 %	MTBE
2c. Trafikolycka med lätt lastbil. 1000 l diesel sand	0,07	0,70	0,3 %	Bensen
2d. Trafikolycka med lätt lastbil. 1000 l diesel ås	0,07	0,70	70 %	Bensen
2e. Trafikolycka med tung lastbil. 30k l Eo1 sand	0,07	0,70	9 %	Bensen
2f. Trafikolycka med tung lastbil. 30k l Eo1 ås	0,07	0,70	2 100 %	Bensen



Skadehändelse	Sannolikhet idag	Sannolikhet efter utbyggnad	Konsekvens
2g. Trafikolycka med spårvagn	-	2	1

## 5.3.3 Bränder

### 5.3.3.1 Sannolikhet för brand

För bedömning av sannolikheten för att en brand ska uppstå har MSB:s databas "IDA" använts. I databasen finns kategorin brand i bostad som i sin tur kan delas upp i flerbostadshus, villa, rad/par/kedjehus och fritidshus. För Ulleråker är det brand i flerbostadshus som är den mest relevanta bostadsbranden eftersom den planerade bostadstypen i Ulleråker huvudsakligen kommer att utgöras av flerbostadshusområden. Under åren 1998–2015 har 1 223 st. bränder i flerbostadshus inträffat i Uppsala och Knivsta kommun. Av dessa uppges att för 541 st. har släckåtgärd utförts. Endast ett fåtal av dessa uppges ha använt skum som släckmetod.

Antal bränder i skola inom Uppsala och Knivsta kommun för åren 1998–2015 som finns i databasen är 187 st. Av dessa uppges att för 81 st. har släckåtgärder utförts och endast för en har "övrigt" skum använts.

Under åren 1998–2015 har 1 842 bränder i fordon utomhus rapporterats in till MSB för Uppsala och Knivsta kommun. Av dessa uppges 1 561 st. ha utfört släckåtgärd och 281 st. inte ha utfört släckåtgärd. Av de som har utfört släckåtgärd uppges 135 st. ha använt alkoholresistent skum, 97 st. har använt "övrigt" skum och resterande andel har inte använt skum.

Kategorin brand i det fria är en relevant kategori för bedömning av sannolikheten för brand i skog och mark. Klassen har inga underkategorier och det är endast en del av händelserna som har koordinater. Antalet bränder i skog eller mark inom Uppsala och Knivsta kommun för åren 1998–2015 är 1 122. Av dessa anges att för 1 004 av dem har släckåtgärder utförts och av dem är det i sin tur nio där man har använt alkoholresistent skum och 29 där man har använt "övrigt" skum. Kategorin ingår inte i riskanalysen.

Baserat på antagandet att antalet bränder är proportionellt mot antalet invånare redovisas sannolikheten för bränder i Ulleråker före och efter utbyggnad i Tabell 16.

**Tabell 25. Sannolikhet för olika bränder, som har använts vid uppskattning av risker i Ulleråker. Frekvensen bygger på antaganden enligt ovan.**

Händelse	Enhet	Ulleråker idag	Utbyggt Ulleråker
Brand i fordon utomhus	/år	1.01	9.71
Bränder flerbostadshus	/år	0.61	5.88
Bränder skola	/år	0.09	0.89
Bränder i det fria	/år	0.03	0.31

### 5.3.3.2 Emissioner från bränder

De föroreningar som emitteras vid brand beror dels på innehållet i de produkter som brinner men också på de ämnen som bildas i själva branden. Dessa ämnen är ett resultat av vad som brinner, vid vilken temperatur det sker och tillgången till syre. Utöver rena gasformiga ämnen uppstår vid förbränning även stora mängder sot. I princip kan man säga att ju mer bränslerik branden är i förhållande till syretillgång ju mer sotpartiklar bildas. Vid fullständig förbränning till koldioxid

och vattenånga uppstår minimalt med sot. Sotpartiklarna utgör passiva bärarmaterial för spridning av en mängd avspaltningssämnen.

Polycykliska aromatiska kolväten (PAH) bildas vid ofullständig förbränning av organiskt material. Spridningen av PAH till luften är beroende av antalet bensenringar i molekylen. PAH med tre eller färre bensenringar förekommer normalt i gasfas medan PAH med fem eller fler bensenringar normalt har mycket låg flyktighet och kondenserar därför lätt på sotpartiklar som bildas under förbränningen. Mera intensiva bränder med högre temperatur och gott om syre ger naturligt nog mindre mängder PAH än långsamma förlopp av typ "glödbränder".

Dioxiner bildas främst vid förbränning vid låga temperaturer. För att dioxiner ska bildas krävs att det förekommer klor eller brom, kolväteföreningar och katalysatormetaller (Cu och Fe). Störst är risken för dioxinbildning vid förbränning av material som innehåller halogener och PVC-plaster. Dioxiner blir ofta adsorberade till stoftpartiklar och sprids med dessa. De är stabila, mycket giftiga ämnen som har en låg biologisk nedbrytbarhet. Dioxiner är termiskt stabila upp till 700 °C, kemiskt stabila och nästan olösliga i vatten. (Räddningsverket, 2006).

De ovan beskrivna organiska ämnen bildas under branden. De oorganiska ämnen som emitteras från en brand bildas inte, men kan ombildas och frisättas från det material det ursprungligen var del i. Brandförloppet är en oxidationsreaktion, vilket leder till att många oorganiska ämnen kommer att finnas i dess oxiderade form, exempelvis som metalloxider.

Hur spridningen av luftföroreningar från bränder sker beror till största delen av vädret men även på brandparametrar såsom rökgastemperatur och rökgashastighet. Det har tagits fram ett antal modeller för att kunna göra emissionsuppskattningar och spridningsberäkningar vid olika bränder. I rapporten "Emissioner från bränder Metoder, modeller och mätningar" (Lönnermark m.fl., 2007) har spridningsmodeller för emissioner till luft testats och även om resultaten från modellerna skiljer sig något åt visar de ofta på låga haltnivåer av föroreningar nära punktkällan. Emissioner till luft från bränder har därför i detta skede inte tagits med i beräkningarna för spridning av föroreningar till grundvatten och närliggande vattendrag.

### 5.3.3.3 Konsekvenser av brandsläckning med vatten

Det är huvudsakligen när branden släcks med antingen enbart vatten eller vatten i kombination med skum, som ämnen från branden riskerar att spridas till grundvatten. Vid brandsläckning sker urtvättning av partiklar från rök, brandskadat material och kemikalier på brandplatsen.

I riskanalysen har halter och mängder av substanser i släckvatten tagits från främst tre dokument; Blomquist m.fl. (2004) "Miljöbelastning vid bränder och andra olyckor - Utvärdering av provtagning och analyser", Noiton m.fl. (2001) "The Ecotoxicity of Fire-water Runoff. Part II Analytical Result" samt Lönnermark m.fl. (2006) "Emissions from an automobile fire". Rapporter från bl.a. MSB, SP, SGI och vetenskaplig litteratur har gått igenom men inte tillfört något ytterligare material om föroreningar i släckvatten. I Blomquist m.fl. (2004) har släckvatten från 18 bränder analyserats. Bränderna har kategoriserats i 4 olika typer; Byggnader ej industri (fyra objekt), Industribyggnader (sex objekt), Fordon (ett objekt) och Deponier (sju objekt). Kategorin "Byggnader ej industri" innefattar bränder där främst inventarier såsom möbler och liknade omfattats av branden. I rapporten "The Ecotoxicity of Fire-water Runoff. Part II. Analytical Results" har släckvatten från fyra olika bränder i fastigheter och en bilbrand analyserats. Den vetenskapliga publikationen "Emissions from an automobile fire" listar data för tre olika fordonsbränder.

Indata till riskanalysen har tagits fram genom att beräkna medelvärden för de analyserade substanserna i de olika kategorierna som räknats fram. Dessa finns i Tabell 19. Där den totala mängden av substanserna i släckvattnen inte angetts har halterna multiplicerats med den volym släckvatten som använts. I riskanalysen har det antagits att mängden förorening som påträffas i släckvatten är densamma oavsett volym släckvatten - att ytterligare mängd vatten enbart leder till utspädning. Det finns spridning i mängden av en viss substans inom de olika kategorierna eftersom vilka föreningar som återfinns i släckvattnen beror på flera faktorer beskrivna ovan. De halter och mängder som använts i det här arbetet är enbart från släckning med vatten, vilka dominerar i den statistik som finns tillgänglig.

För att beräkna belastningen på grundvattnet från bränder har en spridningsberäkning (se avsnitt 2.4.3) använts. Denna har utförts för två olika scenarion, dels på ett område 300 meter väster om åsen där jordarten antas utgöras av sand med hög genomsläpplighet, dels för utsläpp på åsen, där jordarten antas utgöras av sandigt/grusigt material med mycket hög genomsläpplighet.

**Tabell 26. Beräknade emissioner från brandsläckning med vatten för bil- respektive husbrand. Källor finns angivna i texten ovan.**

Ämne	Bilbrand gram per brand	Husbrand gram per brand
Fosfor	2	
Kväve	5,3	
Totalt organiskt kol	140	
Naftalen		0,092
Fenantren		732
Fluoranten	0,00085	
Benso(b+k)fluoranten	0,00060	
Benso(a)pyren	0,00058	
Indeno(1,2,3.cd)pyren	0,00040	
Benso(ghi)perylen	0,00042	
Summa PAH (6 ovan)	0,00280	
Bly	0,18	6,0
Kadmium	0,005	0,061
Koppar	0,16	7,0
Krom	0,0065	0,43
Kvicksilver	0,000021	0,0060
Nickel	0,013	0,12
Zink	1,5	29
Antimon	0,10	0,68
Tenn	0,010	0,13
Arsenik	0,0044	1,2
Kobolt	0,0075	0,060
Barium	0,44	3,9
Molybden	0,0034	0,091
Mangan	0,28	1,3
Bor	0,24	8,5
Bensen	0,050	0,087
Toluen	0,15	0,047
Etylbensen	0,044	0,013
m + p Xylen	0,0017	0,011
PFAS 11		7,37E-03

### 5.3.3.4 Konsekvenser av brandsläckning med skum

Skumvätskor är så kallade formulerade produkter. Det innebär att de består av ett antal enskilda kemikalier i en blandning. En eller i vissa fall flera ytspänningsnedsättande kemiska föreningar gör att vätskan kan bilda skum tillsammans med vatten och luft. Föreningarna kan vara protein- eller tensidbaserade. I vissa fall vill man ha en filmbildande funktion som ger skummet snabbare utflytningsegenskaper som bildar ett lock över brandhärden, exempelvis vid bekämpning av petroleumbränder. Filmbildande skumvätskor innehåller en eller flera fluortensider. Denna grupp av organiska ämnen kallas PFAS (per- och poly-fluorerade alkylsubstanser). Många PFAS är nedbrytbara i naturen. Dock kan de omvandlas till persistenta PFAS som inte kan brytas ner i naturen. Flera av dessa icke-nedbrytbara ämnen som då bildas ingår i den reglering som Livsmedelsverket har tagit fram som säger att dricksvatten inte bör innehålla > 90 ng/l av summan av sju specifika PFAS. PFOS och PFOA är de mest kända PFAS då de oftast förekommer i högst halt i naturen. PFOS är starkt bioackumulerande och kan inte brytas ner i naturen eller metaboliseras av djur. PFOS är den enda av PFAS-ämnena som idag är förbjuden inom EU, på grund av dess persistens. Ett av PFOS största användningsområden var som ingrediens i skumvätskor för klass B-bränder, men ämnet är idag förbjudet i sådana produkter. Av erfarenhet vet man att många skumtankar i brandbilar inte har blivit sanerade från gamla PFOS-innehållande produkter varför det finns en risk att PFOS kan spridas från dessa. De senast utvecklade brandskummen baseras på mindre flourerade ämnen eller kortare kolkedjor. De har en lägre akut effekt på akvatiska organismer än de äldre versionerna men de är fortfarande väldigt stabila och svårnedbrytbara. Förutom ytaktiva ämnen innehåller skumvätskor någon typ av vattenlösligt lösningsmedel, skumstabilisator, konserveringsmedel m.m.

Tidigare sammanställningar av användningen av skumvätskor har visat att huvuddelen av förbrukningen av brandskum har använts vid övningar, utbyte av skumvätska i handbrandsläckare och fasta släckanordningar (skumsprinkler), funktionskontroller m.m. och att endast en liten del använts vid räddningsinsatser. I många fall har skum använts rutinmässigt, t.ex. som en förebyggande säkerhetsåtgärd vid bilolyckor. I sådana fall kan övervägas om säkerheten inte kan upprätthållas på annat sätt, till exempel genom att man använder dimstrålrör och rent vatten, handbrandsläckare och endast har skumrör i standby-läge. Vid spill av diesel eller eldningsolja ska man inte skumbelägga annat än under mycket speciella omständigheter, t.ex. vid hög antändningsrisk om exempelvis skärbrännare används nära spillet (Räddningsverket 2006).

Från ett urval av analyser på brandskumskoncentrat som IVL har genomfört gjordes en beräkning av summan av PFAS11 (Livsmedelsverket rekommenderar att 11 specifika poly- och perfluorerade alkylsubstanser bör undersökas i dricksvatten). I urvalet exkluderades koncentrat som innehöll PFOS eftersom dessa är förbjudna att använda sedan 2011. För att beräkna värsta tänkbara scenario valdes det koncentrat som gav högst koncentration summa PFAS11. Vilken mängd brandskumskoncentrat som används är mycket osäkert. För Ulleråker är det mest relevant att veta mängden skum som används vid bostadsbränder. När man släckte en villabrand i Hamre 2015, använde man 20 liter A- respektive B-skum vid en villabrand (Kärrman, 2016). Att uppgifter finns för den insatsen beror på att den blivit föremål för rättslig prövning. I samtal med Räddningstjänsten i Södertörn ansåg de att mängderna bör vara mindre än så vid en framtida brand eftersom problematiken med skum blir mer och mer känd. Koncentration och uppskattad mängd PFAS 11 som sprids från en villabrand beräknades utifrån det konservativa antagandet att man använde 20 liter klass A-skum, enligt resonemang ovan.

Skadehändelse	Frekvens (ggr/år)		Konsekvens	
	idag	utbyggt	andel av hänsynskrav	Ämne
3a. Släckvatten från husbrand på sand	0,61	5,90	0,00003 %	Bensen
3b. Släckvatten från husbrand på ås	0,61	5,90	0,006 %	Bensen
3c. Släckvatten från bilbrand på sand	1,01	9,70	0,000015 %	Bensen
3d. Släckvatten från bilbrand på ås	1,01	9,70	0,003 %	Bensen

Skadehändelse	Sannolikhet idag	Sannolikhet efter utbyggnad	Konsekvens
3e. PFOS-haltigt släckvatten från en bilbrand på ås	1	1 <sup>20</sup>	4 <sup>21</sup>
3f. Släckvatten från gräs- och skogsbrand	2	3	1

## 5.3.4 Utsläpp av farligt ämne

### 5.3.4.1 Sannolikhet för utsläpp av farligt ämne

Inträffade händelser med utsläpp av farligt ämne finns som egen kategori i MSB:s databas.

Utsläppen av farligt ämne har ett flertal underkategorier varav underkategorin "i det fria" har valts för applicering i Ulleråker eftersom Ulleråker till arealen till stor del utgörs av parkmark såväl idag som i utbyggt skede. Ett vanligt utsläpp av farligt ämne i det fria kan antas vara när bränsletanken på en lätt eller tung lastbil går sönder.

En brist är att utsläppen "i det fria" antagligen innehåller en stor andel utsläpp från trafikolyckor eftersom dessa utsläpp kan ske vid sidan av vägen och registreras då som "i det fria" (kan gälla exempelvis då bränsletanken på en lastbil går sönder). Att anta att alla utsläpp i det fria som har inträffat i Uppsala och Knivsta kommun har samma händelsefrekvens i Ulleråker är därmed antagligen en stor överskattning och antagandet anses konservativt.

**Tabell 27. Sannolikheter för kemikaliespill som har använts vid uppskattning av risker. Frekvensen bygger på antalet händelser för hela Uppsala kommun. Antaganden beskrivs i texten ovanför.**

Händelse	Enhet	Idag	Utbyggt
Utsläpp av farligt ämne "i det fria"	/år	0.35	3.38

<sup>20</sup> Räddningstjänsten i Uppsala använder enligt uppgift inte längre släckskum med PFAS.

<sup>21</sup> Konsekvensen bedöms som mycket stor eftersom PFAS redan idag överskrider hänsynskravet (se avsnitt 3.2.1). Tillskottet från släckningen av en bilbrand är av storleksordningen 1 % av MKN, det vill säga konsekvens 1.

### 5.3.4.2 Konsekvens av utsläpp av farligt ämne

Den vanligaste produkten vid utsläpp av farligt ämne utöver bensen, diesel och eldningsolja är läckage av andra oljor såsom hydraulolja och smörjoljor. Vanliga volymer av diesel som då läcker ut är mellan 200 och 500 liter. Ett annat vanligt utsläpp är när hydrauloljeslangen på ett arbetsfordon går sönder. Vanliga volymer är mellan 10 och 50 liter hydraulolja. Gemensamt för dessa produkter är att de består av längre kolkedjor och därmed är än svårslösligare i vatten. En viktig aspekt hos hydrauloljor är att de oljor som läcker ut har en högre andel farliga ämnen såsom metaller och restprodukter p.g.a. sin funktion jämfört med ren hydraulolja. Oljorna innehåller ofta olika additiv som i sig kan utgöra en risk trots att den ingående andelen är mycket mindre än oljans huvudbeståndsdel, alifatier.

Det har inom ramen för detta projekt inte gått att återfinna speciering av hydrauloljor och andra tyngre oljor enligt den indelning som Naturvårdsverket använder. Det tyngsta alifatintervall i Naturvårdsverkets riktvärdesmodell är dessutom C16-C35 och många smörjoljor och hydrauloljor har längre kolkedjor än så. För riskanalysen har opublicerade data från IVL (pågående projekt) använts för en olja som klassas som tyngre.

Utöver oljeprodukter kan naturligtvis en rad olika andra ämnen riskera att läcka ut vid exempelvis transporter. Det har inom ramen för detta projekt inte tagits fram data för sådana spill men utgående från de sammanställningar som har gjorts av MSB kan ett urval av relevanta kemiska produkter tas fram i nästa etapp av projektet.

I riskanalysen har belastningen på grundvattnet från kemikalispill utförts med spridningsberäkning beskriven i avsnitt 2.4.3. Denna har utförts för två olika scenarion: 1) Spill av 50 liter hydraulolja direkt på åsen, där jordarten antas utgöras av sandigt/grusigt material med mycket hög genomsläpplighet och 2) Spill av hydraulolja på ett område 300 meter väster om åsen där jordarten antas utgöras av sand med hög genomsläpplighet.

Skadehändelse	Sannolikhet idag	Sannolikhet efter utbyggnad	Konsekvens
4a. Utsläpp av 50 l hydraulolja på åskärna	3	4	2
4b. Utsläpp av 50 l hydraulolja på sand	3	4	1

### 5.3.5 Spill av bekämpnings- och gödningsmedel

De bekämpningsmedel som avses här är i huvudsak växtskyddsmedel för att skydda växter och växtprodukter inom trädgårdsbruk. Skyddet kan vara mot svampangrepp, skadedjur eller konkurrerande växter. Vardagligt bruk av växtskyddsmedel ingår i beräkningen av diffus belastning.

Användning av bekämpningsmedel inom vattenskyddsområde, vilket omfattar Ulleråker, kräver tillstånd. Det beskrivs utförligt i Tillstånd till användning av bekämpningsmedel inom vattenskyddsområden (Havs- och vattenmyndigheten, 2016).

Sannolikheten för att större volymer av bekämpnings- eller gödningsmedel skulle spillas genom oaksamhet eller olycka bedöms vara mycket låg i Ulleråker. Det förutsätter att stora volymer hanteras, till exempel i tankar eller tankbil, vilket snarare förekommer inom jordbruk och skogsbruk.

Skadehändelse	Sannolikhet idag	Sannolikhet efter utbyggnad	Konsekvens
5a. Spridning av bekämpnings- och gödningsmedel från vardaglig användning idag	4	-	1
5b. Spridning av bekämpnings- och gödningsmedel från vardaglig användning efter utbyggnad	-	4	2
5c. Spill av 100 l av bekämpnings- och gödningsmedel på grund av olycka	1	2	4

### 5.3.6 Läckage från dagvatten- och spillvattenledningar

Läckage från dagvatten- och avloppsledningsnätet har identifierats utgöra en möjlig källa till belastning på grundvattnet. Eftersom det saknas statistiskt dataunderlag gällande storlek och omfattning av sådant läckage måste uppskattning av belastning baseras på expertbedömningar, i detta fall från Uppsala Vatten (UVAB). Historiskt är det läckageproblem relaterade till inträngande vatten till ledningarna (till exempel inträngande grundvatten eller dräneringsvatten från husgrunder) som UVAB har undersökt närmare och inte läckage ut från ledningarna till omgivande mark. I dagsläget finns det därför ingen samlad kunskap om graden av utläckage från ledningarna hos UVAB. Följaktligen går det inte att svara på om det sker läckage av betydelse, men sannolikt sker läckage lokalt utmed ledningsnätets sträckning, framförallt i svaga punkter. Sådana punkter utgör framförallt skarvar mellan rör och anslutningar och störst risk för utläckage bedöms förekomma i områden där sättningar orsakat spänningar och brott på ledningar. Generellt är ledningar i betong mer känsliga för markrörelser än plastledningar, vilka är mer elastiska och bättre klarar de spänningar som uppstår i materialet. Risken för att läckage från ledningar påverkar grundvattnet föreligger dock primärt i områden där åsmaterialet är blottat eller i åsens omdelbara randområden. För ledningar inom lerområden utan torrskorpa torde leran fungera som barriär mot vidare spridning i djupled men spridning längs med ledningen till mer genomsläppligt material kan förekomma.

Generellt kan också sägas att sannolikheten för läckage är större från ledningar inom dagvattenledningsnätet än inom spillvattenledningsnätet. Spillvattenledningar har generellt sett anlagts på ett mer omsorgsfullt sätt ur risksynpunkt. Även ledningsgravarnas utformning kan variera främst beroende på under vilken tidsperiod ledningarna anlades. Nu för tiden används ett relativt fint grusigt material för fyllning runt ledningarna. Tidigare använde man i större utsträckning det fyllningsmaterial man hade tillgång till på platsen, t ex lera i lerområden, sand i sandområden. När det gäller de befintliga ledningar som finns på åsen så kan man räkna med att ledningsgravarna fyllts ut med genomsläppligt sandigt eller grusigt material. Utläcket beror sannolikt också på mängden vatten som transporteras i ledningarna och på vattentrycket. Det är rimligt att anta att risken för läckage ut från ledningen är större i samband med höga flöden då trycket är riktat ut från ledningen i riktning mot ledningsgraven och omgivande mark.

Skadehändelse	Sannolikhet idag	Sannolikhet efter utbyggnad	Konsekvens
6a. Diffust läckage från dagvattenledning i åskärnan	3	4	2
6b. Diffust läckage från dagvattenledning i sand	3	4	1
6c. Brott på dagvattenledning i åskärna	2	2	4
6d. Brott på dagvattenledning i sand	2	2	3

## 5.3.7 Förorenade områden

Information om potentiellt förorenade områden inom Ulleråker har hämtats från Länsstyrelsen i Uppsala läns MIFO-databas och från en inventering av historiska miljö- och/eller hälsofarliga verksamheter inom det för exploatering aktuella området (Sweco, 2016). Flera verksamheter som potentiellt kan medföra påverkan på grundvattnet inom Ulleråkerområdet har identifierats, varav de som bedömts utgöra störst risk för grundvattnet redovisas nedan.

I Länsstyrelsens MIFO-databas återfinns ett objekt som är lokaliserat i Ulleråker. Det är trädgården som tillhörde Ulleråkers sjukhus, en plantskola och handelsträdgård med frilandsodling, växthus och orangeri. Området har av Länsstyrelsen bedömts hamna i riskklass 1 (mycket hög risk), det vill säga den högsta riskklassen. Några uppgifter ur MIFO-databasen redovisas i Tabell 24. Inom handelsträdgårdarna i Sverige användes vanligtvis bekämpningsmedel. Kunskapen om vilka bekämpningsmedel som användes vid Ulleråkers sjukhus trädgård är dålig. Totex (växtskyddsmedel) har dock använts i området, sannolikt mot ogräs i grusgångar. Totex är namnet på ett par olika preparat med olika verksamma substanser: atrazin ( $C_8H_{14}ClN_5$ ), diklobenil ( $C_7H_5Cl_2N$ ) eller glyfosat (trimetylsulfoniumsalt). Atrazin är mycket persistent i marken och bryts endast långsamt ned till desetyl-atrazin. Atrazin har måttlig till hög mobilitet i jordar med lågt ler- och organiskt innehåll, den binder således inte så starkt till jordpartiklar. Detta medför att atrazin och dess nedbrytningsprodukt desetyl-atrazin är bland de vanligaste pesticidsubstanserna i svenska grundvatten. Användningen av bekämpningsmedel med atrazin förbjöds i Sverige år 1989. Inom EU har användningen av atrazin varit förbjuden sedan 2004. Beträffande de mer lättnedbrytbara diklobenil och glyfosat, så är det nedbrytningsprodukterna BAM (2,6-diklorbensamid) och AMPA (aminometylfosforsyra) som oftast återfinns i grundvattnet. Studier har visat att BAM är en av de vanligast förekommande bekämpningsmedelsresterna i grundvatten. Användningen av diklobenil förbjöds 1990. BAM har enligt uppgift i MIFO-databasen påvisats i en brunn (muntlig uppgift, Uppsala Vatten) och i form av "hotspots" kring Polacksbacken (examensarbete).

Tabell 28. Information i MIFO databasen avseende Ulleråkers sjukhus trädgård

Uppgifter	Specifik information i MIFO-databasen
<b>Administrativ information</b>	
Objektnamn	Ulleråkers sjukhus trädgård
ID	177367
Status	Inventering avslutad – förstudie ej påbörjad
Tillsynsmyndighet	Uppsala kommun
<b>Geografisk information</b>	
Fastighet	KRONÅSEN 3:1; KRONÅSEN 1:25
N (SWEREF 99TM)	6636174
N (SWEREF 99TM)	648805
<b>Bransch</b>	
Primär bransch	Plantskola
Sekundär bransch	Tillverkning av stenkolstjära eller koks
<b>Riskklass</b>	
Riskklass	1
Underlag/metodik (riskklass)	MIFO 1
Organisation	Länsstyrelse

I inventeringen (Sweco, 2016) hittade man ett kolupplag som avser upplag av stenkol som användes till uppvärmningen av vård- och bostadsbyggnader. Föroreningar av PAH och



tungmetaller kan förekomma i marken inom lagringsytorna. PAH och tungmetaller fastnar för det mesta på jordpartiklar redan i de ytliga jordlagren. Bly är den tungmetall som adsorberas i störst utsträckning, medan zink, nickel och kadmium är de mest rörliga tungmetallerna. Inom de två områden där kolupplag förekommit består jordlagren av mäktiga och tätande lerlager, varför risken för påverkan på grundvattnet bedöms liten.

Man hittade också att drivmedel till transport- och arbetsfordon har hanterats vid garaget i områdets norra delar. Det är sannolikt att spill har skett till marken, med tanke på hur hantering historiskt har skett och att markytan vid platsen för drivmedelspumparna inte var hårdgjord. De föroreningar som vanligtvis påträffas vid drivmedelsanläggningar är petroleumkolväten av bensin- och dieseltyp.

Frisättning och spridning av ämnen från redan förorenade områden kan öka exempelvis om en hårdgjord yta över föroreningen tas bort och därmed ökar genomströmningen av markvatten genom de förorenade massorna. Det skulle också kunna ske om man tillför ett ämne som fungerar som lösningsmedel för en hydrofob förorening, vilket är fallet med tensider (som i brandskum) eller naturliga humusämnen (DOC).

Skadehändelse	Idag	Imorgon	Konsekvens
7. Spridning från kända förorenade områden	1	1	4

### 5.3.8 Miljöfarliga verksamheter

Den diffusa belastning som beräknas med hjälp av StormTac-modellen tar hänsyn till vilken markanvändning som dominerar, men inte vilken typ av verksamhet som bedrivs inom den markanvändningen. Beräknad dagvattenbelastning härrör därför i hög grad från en kombination av trafik, fordonstyp och material på körytor och tak inom området. Därutöver finns det risk för att förorenande ämnen kan spillas i större mängd på grund av olyckor, särskilt vid tillstånds- och anmälningspliktiga verksamheter. Sannolikheten för att en olycka ska inträffa och att ett spill kan spridas till omgivningen och vidare till grundvattenförekomsten begränsas av att sådana verksamheter regleras av olika typer av villkor och krav på skyddsåtgärder.

I Ulleråker finns inga tillståndspliktiga verksamheter. Det planeras heller inte för industrier eller andra verksamheter som kommer att hantera potentiellt miljöfarliga ämnen i större volymer, se avsnitt 4.2.2.

Skadehändelse	Sannolikhet idag	Sannolikhet efter utbyggnad	Konsekvens
8. Spridning av större volym på grund av olycka vid miljöfarlig verksamhet	1	1	4

### 5.3.9 Halkbekämpning

Inom vägområdena kommer sannolikt halkbekämpning att ske med vägsaltsprodukter (vanligen natriumklorid). Andelen halkbekämpningsmedel kommer att vara låg i området i förhållande till vad som sprids på större vägar. Vägghållare använder sig normalt av natriumklorid (NaCl) som tömedel vilket är detsamma som bordssalt och bedöms vara den bästa avvägningen mellan uppnådd halkbekämpande effekt, miljöbelastning och ekonomi. De krav som för tillfället ställs på saltet är att det ska vara minst 97 % NaCl. Resterande 3 % utgörs av fukt och gips. Antibakmedel i

form av kalium- eller natriumferrocyanid får ingå med maximalt 100 gram per ton salt (100 ppm) (Trafikverket 2013).

Halkbekämpning anses här utgöra en diffus belastning som fångas in i bruttobelastningen i dagvatten från ytavrinning. SGU anger att inom ett avstånd upp till 200 meter från saltad väg finns det risk för att höga salthalter kan uppstå (SGU, 2014, Internet). En vanlig arbetsmaskin/traktor kan ha en volym om ca 0,3-2 m<sup>3</sup> (källa Nordfarms hemsida). För att en olycka med en halkbekämpningsbil däremot skulle leda till konsekvenser krävs att saltet i saltbilen rinner ut samt att detta löses upp innan man hinner samla upp det. Det bedöms ha låg sannolikhet i och med att saltet förekommer i fast fas och i första skedet inte bör läcka ut från fordonet och i andra skedet att det bör gå förhållandevis enkelt att samla upp.

Skadehändelse	Sannolikhet idag	Sannolikhet efter utbyggnad	Konsekvens
9. Olycka med halkbekämpningsfordon som orsakar spridning av salt till grundvattnet	2	2	4

### 5.3.10 Anläggningsarbeten och schakt

Byggnationen kommer att vara intensiv i Ulleråker under flera år, vilket bidrar till att det är rimligt att göra riskbedömningen att olyckor kommer att ske. Under byggtiden anläggs även va-systemet vilket bland annat kräver schaktning. Till skillnad från schakt i samband med grundläggning är ett ledningsarbete under kontinuerlig förflyttning.

Det är svårt att skatta sannolikheten för till exempel ett större spill av drivmedel under byggskedet. Samtidigt visar erfarenhet från tidigare byggarbetsplatser att det har skett tidigare och därmed kan ske igen. Ofta finns det personal på plats när olyckor sker, särskilt om det är i samband med fordonsförflyttning. Det ökar möjligheten till att olyckan snabbt upptäcks och kan åtgärdas.

Olika skadehändelser kopplat till fordon är en viktig riskfråga under byggtiden, både till följd av material- och persontransporter. Arbetsmaskiner som pålkrantar, bormaskiner, dumprar, lastmaskiner och lastbilar använder ofta diesel som drivmedel. Arbetsmaskiner kan innehålla flera hundra liter bränsle och har hydrauliska system för lyftanordningar. Smörjning sker normalt med olika petroleumbaserade smörjmedel och fetter. Risker förknippas med spill och olyckor där drivmedel, hydraulolja eller smörjmedel når marken. Drivmedel och hydraulolja kan transporteras som vätska i fri fas. De mer trögflytande smörjmedlen transporteras först när det blandas med vatten, vid nederbörd eller liknande. På en byggarbetsplats kan det vidare förväntas finnas ett antal kemikalier som exempelvis färger, rengöringsmedel, smörjmedel och fogmassor. Materialmängder antas inte vara särskilt stora. Brand på arbetsplatsen kan medföra spridning av dessa produkter och ämnen tillsammans med släckvätska till mark och vatten.

Konsekvenserna av ett spill kan förvärras om de sker i samband med eller anslutning till grundläggning med djupare schakt och penetrerande grundläggningsmetoder som pålning, slagpålning och användning av borrhålar. Vid sådana ingrepp kan transporttiden från yta till grundvattnet reduceras vilket minskar fastläggning och möjlighet till sanering av föroreningar. Likaså kan föroreningar i framtiden spridas längs eventuella pålar om de inte tätas. Det gäller särskilt på ytor som naturligt skyddas av till exempel tät lera. För områden som naturligt är känsliga för spill blir skillnaden mindre. Vid mäktigare tätande lager, som sträcker sig djupare än störning bedöms det däremot inte ha någon betydelse. I fallet med Ulleråker är det därmed främst i randområdet mot åsen som detta bedöms kunna ha någon betydelse.

Skadehändelse	Sannolikhet idag	Sannolikhet under byggskedet <sup>22</sup>	Konsekvens
10a. Olycka med maskin arbetsfordon. 1000 l diesel på åsen	1	2	4
10b. Brott på hydrauloljeslang. 50 l hydraulolja på åsen	1	4	2
10c. Spill av >10 l miljöfarligt ämne (lim, lösningsmedel annat) på åsen	1	4	4

### 5.3.11 Källarkonstruktioner

Anläggningen av hus med källare har på vissa platser ansetts utgöra en större risk än hus med platta på mark. Detta resonemang baseras dels på att avståndet till grundvattenytan minskar med källarens djup och dels på att läckage från eventuella markförlagda ledningar är svåra att upptäcka.

Produkter som kan läcka ut i källare och utgöra ett hot mot grundvattenförekomsten måste dels vara vattenlösliga, dels hanteras eller lagras i volymer större än 10 liter för att utgöra en skadehändelse i det här avseendet. Några flaskor lösningsmedel, målarfärg, tändvätskor, smörjoljor eller andra produkter som normalt kan förekomma i en privatperson källarförråd är alltför små.

Sannolikheten för ett spill i en källare som läcker ut till grundvattnet bedöms vara mycket låg. För att ett sådant spill ska kunna ske måste det bedrivas någon form av verksamhet, eller lagras någon produkt som kan orsaka ett läckage av farligt ämne. I båda fallen bör det innebära att människor vistas regelbundet i källaren och upptäcker spillet. Fordon (och tankar med eldningsolja), vars tankar rymmer stora volymer är väsentligt bättre skyddade mot skadegörelse, till exempel brand eller drivmedelsstöld, än om de är uppställda på en parkeringsplats.

Inom områden där genomsläppliga material förekommer (åsmaterial och sand) kommer grundvattenytan sannolikt att ligga relativt långt under källarkonstruktionens bottennivå. Inom dessa områden är det infiltration av föroreningar runt källarkonstruktionen som skulle kunna ha betydelse men risken bör vara densamma oavsett om det är ett hus med platta på mark eller i källare. Ett spill inom källaren bör dessutom, som nämnts ovan, synas okulärt inne i källaren och där kunna tas omhand. Eventuella avlopp eller pumpbrunnar i källaren bör ha en avledning till oljeavskiljare eller till avloppsledning eller annan skyddsåtgärd. Motsatt kan grundvattenytans läge ligga närmare källarkonstruktionens bottennivå inom områden där svallsand förekommer ovan tätare skikt såsom morän eller berg. I ett scenario med förhöjda grundvattennivåer kan källarkonstruktionen även komma att ligga under grundvattenytan. Vid ett sådant scenario kommer det att vara ett högt grundvattentryck in mot källaren och vatten kan behöva pumpas bort. Det innebär även att sannolikheten att eventuella föroreningar ska spridas med grundvatten är låg i och med att grundvattentrycket sker in mot källaren. Eventuella rester eller spill av petroleumprodukter i källaren kommer att ansamlas på vattenytan i pumpbrunnar etc. och där kunna tas omhand. En sänkning av grundvattennivån i en källarkonstruktion som är byggd för att stå emot ett omgivande grundvattentryck kan däremot riskera att undermineras med ökad

<sup>22</sup> Observera att den förändrade sannolikheten för de här skadehändelserna gäller under byggskedet. Vid avslutad byggnation bedöms risknivåerna återgå till de som råder idag.

sprickbildning som följd. Av resonemanget ovan framgår att det är viktigt att ta hänsyn till rimliga förändringar av grundvattenytans läge vid exploatering för att ta täcka in framtida risker med förändrad grundvattennivå.

De källarkonstruktioner som tillkommer i och med utbyggnaden kommer att utformas på ett sådant sätt att sannolikheten för läckage ut till omgivningen, via till exempel otäta rör genomförningar, minimeras (se avsnitt 4.2.2). Sannolikheten bedöms därför vara i stort sett oförändrad och främst avgöras av befintliga källare och kulvertsystem.

Stöd för konsekvensbedömningen kan hämtas i beräkningarna som har gjorts för spill av bland annat bensin, diesel och eldningsolja gjorts med konservativa antaganden om att hela utsläppet når grundvattenförekomsten (se avsnitt 5.3.2.2).

Skadehändelse	Sannolikhet idag	Sannolikhet efter utbyggnad	Konsekvens
11. Spill av >10 l miljöfarligt ämne i källare med otäta utgående rör	2	2	4

## 5.3.12 Borrningar och borrhål

Vanliga situationer som kräver borrarbeten är energiborrningar (jordvärme, bergvärme), anläggning av dricksvattenbrunnar eller vid entreprenadarbeten såsom pålning för grundläggning av fastigheter. Borrarbeten kan även förekomma vid undersökning av föroreningsgrad i jord och grundvatten. Borrarbeten kan medföra olika typer av risker för påverkan på grundvattnet. Eftersom till exempel energibrunnar och andra verksamheter som riskerar förstöra skyddande lager inte kommer att tillåta i Ulleråker (se avsnitt 4.1.5) bedöms majoriteten av framtida borrningar ske under byggskedet. Det kan då förekomma geotekniska undersökningar och miljöundersökningar som kräver borrningar.

### 5.3.12.1 Spill vid borrning

Jord- och bergbörning utförs med borrhandsvagn eller liknande. På samma sätt som vid större anläggningsarbeten (se avsnitt 5.3.11) föreligger en risk för spill till följd av maskinhaveri, till exempel brott på hydraulslang. Sannolikheten bedöms vara låg eftersom det endast krävs en maskin för borrningen och den pågår normalt sett under kort tid (timmar eller enstaka dygn). Sannolikheten påverkas även av antal borrningar som genomförs i området.

Den allvarligaste konsekvensen av en skadehändelse i samband med borrning bedöms vara ett totalt tankhaveri. Det kan då jämföras med konsekvensen av utsläpp från en mindre lastbil (se avsnitt 5.3.3.2). Brott på en hydraulslang ger upphov till väsentligt mindre volym och därmed lägre konsekvens. Konsekvensen påverkas i det fallet också av val av hydraulvätska.

### 5.3.12.2 Läckage under drift

Antaget att borrningen utförs för att anlägga en geoenergibrunn, tillkommer risken för läckage av köldbärarvätska från kollektorslangar. Vätskan är vanligen en blandning mellan vatten och bioetanol med en koncentration av ca 25 procent etanol.

Normalt sett är slangarna väl skyddade av omgivande marklager, men kan skadas vid sättningar eller markarbeten. Trots att köldbärarvätskan är relativt ofarlig kan även mindre utsläpp få konsekvenser på närliggande brunnars vattenkvalitet, främst i form av doft och smaksättning från

denatureringsmedlen som tillsätts i vätskan. Nedbrytningen av köldbärarvätskan kan också medföra att syret i vattnet förbrukas och reducerande förhållanden uppstår (SGU, 2016a).

### 5.3.12.3 Spridningsväg

Borrhål kan orsaka spridning av förorening till följd av att infiltrationsförhållanden eller jordlagerföljder ändras lokalt om inte god tätning av borrhålet utförs.

Två identifierade risker är spridning från förorenade områden samt spridning av fossilt salthaltigt grundvatten. Sannolikheten för att borrning sker i förorenat område bedöms som liten eftersom det finns få (kända) sådana områden i Ulleråker och det framförallt är miljötekniska undersökningar som motiverar borrning och då är normalt kompetens och kapacitet god för att minimera risk för spridning. Det är känt att borrhål för till exempel geoenergi i Uppsalaområdet kan nå djupare nivåer med salt grundvatten och kan bidra till att det sprids till ytligare lager och på så vis når grundvattenförekomsten. Risken för saltvattenpåverkan ökar med brunnsdjup och ökat vattenuttag, särskilt i områden som ligger under den marina gränsen (SGU 2016a). Inom tillrinningsområdet kan finnas en risk för saltvattenpåverkan även om den huvudsakligen är relaterad till borrning på djupare nivåer än åsen, dvs. i berg. SGU har nyligen tagit fram en modell för bedömning av risken för påverkan från saltvatten i bergborrade brunnar som eventuellt kan vara ett stöd vid en eventuell förfinad riskanalys av borrningar.

### 5.3.12.4 Indirekta risker till följd av förändrade hydrogeologiska förhållanden

De hydrogeologiska förhållandena kan påverkas lokalt av dels förändrade markvattenförhållanden, dels förändrade energinivåer. Stora vattenuttag ur en brunn kan orsaka sättningar och sprickbildningar som i sin tur kan innebära spridning av oönskade ämnen. Detta är väl känt i Uppsala och regleras och hanteras sedan lång tid som del av stadens vattenhantering. Artesiskt vatten, det vill säga vatten som av självtryck stiger över markytan, kan innebära att områden översvämmas om brunnen inte åtgärdas. Det förutsätter att brunnen borrar genom ett tätt lager som skapar ett mottryck för det underliggande grundvattnet, vilket inte är fallet för Uppsalaåsen-Uppsala i Ulleråker. Sannolikheterna för dessa händelser bedöms därför som låg i Ulleråker.

I vissa geoenergisystem återförs värme till berggrunden vilket kan medföra en termisk påverkan på grundvattnet i området, vilket i sin tur kan innebära sekundära risker såsom förändringar i kemiska jämvikter. Om geoenergianläggningar anläggs för nära varandra kan för mycket energi tas ut ur berggrunden vilket genererar en temperatursänkning i grundvattnet och sekundära risker, exempelvis risk för sönderfrysta kollektorslangar.

Skadehändelse	Sannolikhet idag	Sannolikhet efter utbyggnad	Konsekvens
12a. Borrningar. Spill vid borrning. 50 l hydraulolja på ås	1	2	2
12b. Borrningar. Läckage under drift	1	1	4
12.c Borrningar. Spridningsväg	1	1	4
12d. Borrningar. Indirekta risker till följd av förändrade hydrogeologiska förhållanden	1	1	4

## 5.3.13 Katastrofer

Det kan inte uteslutas att Ulleråker någon gång drabbas av en katastrof. Med det avses en skadehändelse som inte ryms i någon av de övriga typerna men som ändå kan få allvarliga

konsekvenser ur grundvattensynpunkt. De kan orsakas av tekniska haverier, illvilligt uppsåt eller naturkatastrofer.

### 5.3.13.1 Tekniska haverier

Flera av skadehändelserna ovan beskriver, direkt eller indirekt, tekniska haverier (se avsnitten om trafikolyckor, bränder, kemikaliespill och läckage från dagvatten- och dricksvattenledningar). I övrigt planeras inte för någon verksamhet i Ulleråker som kommer att få lagra eller hantera större mängder av miljöstörande ämnen (se avsnitt 4.2.2). Det bedöms därför inte komma att finnas till exempel oljecisterner eller liknande system som kan haverera och orsaka skada. Tekniska haverier avser därför externa olyckor som når Ulleråker.

De som har identifierats är att havererad specialtransport av farligt ämne genom Ulleråker, att flygplan eller helikopter störtar i Ulleråker samt båtolycka på Fyrisån. Sannolikheten bedöms i samtliga fall vara mycket låg. Den direkta konsekvensen är svår att skatta, eftersom den till stor del styrs av det havererade systemet, det vill säga hur mycket drivmedel eller transporterad kemikalie som spills

### 5.3.13.2 Skadegörelse, sabotage, och terrorism

Skadehändelser till följd av illvilligt uppsåt är särskilt svåra att analysera, eftersom orsakssamband – drivkrafterna – är svåra att beskriva och kan ändras snabbt över tid. Den lindrigaste formen av skadegörelse, till exempel klotter som leder till klottersanering, ingår i den diffusa vardagsbelastningen. Vissa typer av skadegörelse, främst bil- och skolbränder, förekommer så frekvent att de kan beskrivas statistiskt (se avsnitt 5.3.3).

Mycket omfattande skadegörelsen, liksom sabotage och terrorism, kan jämföras med tekniska haverier ovan. De allvarligaste konsekvenserna kan orsakas av ämnen som tillförs området utifrån, inte de ämnen som finns eller kommer att finnas i Ulleråker, vilka kan jämföras med en (eller flera) trafikolyckor och/eller bränder.

### 5.3.13.3 Naturkatastrofer

Utöver risker orsakade av mänsklig aktivitet finns även risker som kan orsakas av naturliga fenomenen. Till dessa räknas:

- Skyfall och högt vattenstånd. Det kan orsaka översvämning av förorenade områden, ledningssystem eller ytor med förorenande verksamhet. Det kan orsaka att föroreningar sprids med yt- och grundvatten. Även om nederbörden i sig inte orsakar någon olycka kan ett skyfall försvåra och därmed förvärra till exempel en saneringsinsats om ett spill skett av annan orsak. Skyfall kan vidare orsaka underminering, ras och skred, som kan förstöra installationer, utrustning och fundament för rör, cisterner och dylikt. Skred förekommer i silt- och lerjordar och även i vattenmättade moräner. Ras sker i bergväggar, grus- och sandbranter
- Kraftiga vindar, som bedöms kunna orsaka skador på infrastruktur, exempelvis produktledningar inom industriområden och depåer. Redan friska vindar kan bidra till en snabbare spridning av en pågående brand. Storm, det vill säga vindstyrkor över 24,5 m/s, är tillräckligt kraftigt för att orsaka betydande skador på hus. Det är inte ovanligt att strömavbrott sker vid höga vindstyrkor. Strömavbrott kan orsaka sekundära skadehändelser och även försvåra olika riskreducerande åtgärder.
- Onormala temperaturer och extrem torka, som skulle kunna öka risken för gräs- och skogsbränder och okontrollerad brandspridning. Höga temperaturer ökar risken för skogs- och gräsbränder liksom brandspridning generellt vilket gör att brandbekämpning försvåras och behovet av kylning ökar.

- Åska och blixtnedslag, som skulle kunna orsaka att elektrisk utrustning, som styr nivågivare och dyligt, slås ut vilket kan leda till okontrollerade utsläpp. Fenomenen kan även orsaka ökad risk för bränder. Åskväder är vanligast när temperaturen är som högst, statistiskt sett tidiga eftermiddagar under högsommaren. I genomsnitt sker mellan 30 (i norra Sverige) och 120 (sydvästra Sverige) blixtnedslag årligen per 100 km<sup>2</sup>.
- Jordbävningar, vilka kan underminera hus och konstruktioner och orsaka läckage. Det är väl känt från andra delar av världen att kraftiga jordbävningar kan orsaka mycket stor förödelse över stora områden. Sverige och Skandinavien är genom sin berggrund i stort sett helt förskonade från den här typen av extrema naturkatastrofer. Skandinaviens kraftigaste skalv de senaste tusen åren skedde i Mo i Rana, Norge, 1819 med en magnitud på 5,9–6,0. Sannolikt krävs ännu kraftigare och därmed mer osannolika jordbävningar för att kunna skada infrastruktur på sådant sätt att ett läckage eller en brand kan uppstå.

Skadehändelse	Sannolikhet idag	Sannolikhet efter utbyggnad	Konsekvens
13a. Katastrofer. Tekniska haverier.	1	1	4
13b. Katastrofer. Skadegörelse, sabotage och terrorism	1	1	4
13c. Katastrofer. Naturkatastrofer	1	1	4

### 5.3.14 Kemikaliesamhället

Dagens halter av PFAS och BAM i grundvattnet är resultatet av kemikalieanvändning som ansågs säker och motiverad när det skedde. Detsamma gäller spridningen av PCB, DDT och andra miljögifter genom historien. Idag används och utvecklas med största sannolikhet fler kemiska substanser än tidigare. Med andra ord går det inte att utesluta att det i framtiden kommer att ske – eller att det redan pågår – spridning av ämnen som kommer visa sig vara miljöstörande. För att reducera dessa risker vidtas åtgärder både nationellt och internationellt, bland annat genom EU:s REACH-lagstiftning som ställer krav på registrering, utvärdering, tillstånd och begränsningar av kemiska ämnen, både på tillverkare och användare av kemikalier och screeningstudier för att identifiera förekomst av ämnen i naturen. Ett aktuellt och relevant exempel presenterades nyligen av Glimstedt, Ahrens och Wiberg (SLU-rapport 2016:4). Rapporten ger en sammanställning av analysdata från den Svenska miljöövervakningen och Vattentäcksarkivet där man sorterat substanser (framförallt från ämnesgrupperna bekämpningsmedel, läkemedel och industrikemikalier) efter hög detektionsfrekvens och geografisk spridning i Sverige.

Konsekvensen avgörs av ämnets egenskaper, tillsammans med belastningens storlek. För att en kemisk förening på sikt ska utgöra ett hot mot en grundvattenförekomsts kemiska status, krävs för det första att det är miljö- och/eller hälsostörande, till exempel orsaka hormonella förändringar, vara mutagent eller toxiskt. Vidare krävs att det kan spridas till vattenmiljön, det vill säga att det är vattenlösligt och fastläggs i tillräckligt låg grad samt att det är tillräckligt persistent, det vill säga långlivat, för att hinna ackumuleras i miljön.

Generellt kan konstateras att det finns ett starkt och tydligt regelverk som ger ett långsiktigt skydd åt grundvattnet. Vattenkvaliteten måste övervakas med regelbundna provtagningar för att visa dels att gällande gränsvärden inte överskrids, dels att halterna inte stiger över tid och närmar sig gränsvärdena. Visar provtagningen att halterna ökar måste åtgärder vidtas för att vända trenden. De här utvärderingarna och statusbedömningarna görs regelbundet av länsstyrelsen inom ramen för vattenförvaltningen. I takt med att kunskapen ökar bör riskanalysen utvidgas genom att lägga

till ytterligare hänsynskrav, det vill säga rikt-/gränsvärden för ytterligare ämnen. Därefter kan analysen av identifierade ämnen revideras med avseende på dessa nya hänsynskrav. Det är också möjligt att nya hänsynskrav i vissa fall leder till att nya skadehändelser identifieras.

## 5.4 Slutsatser

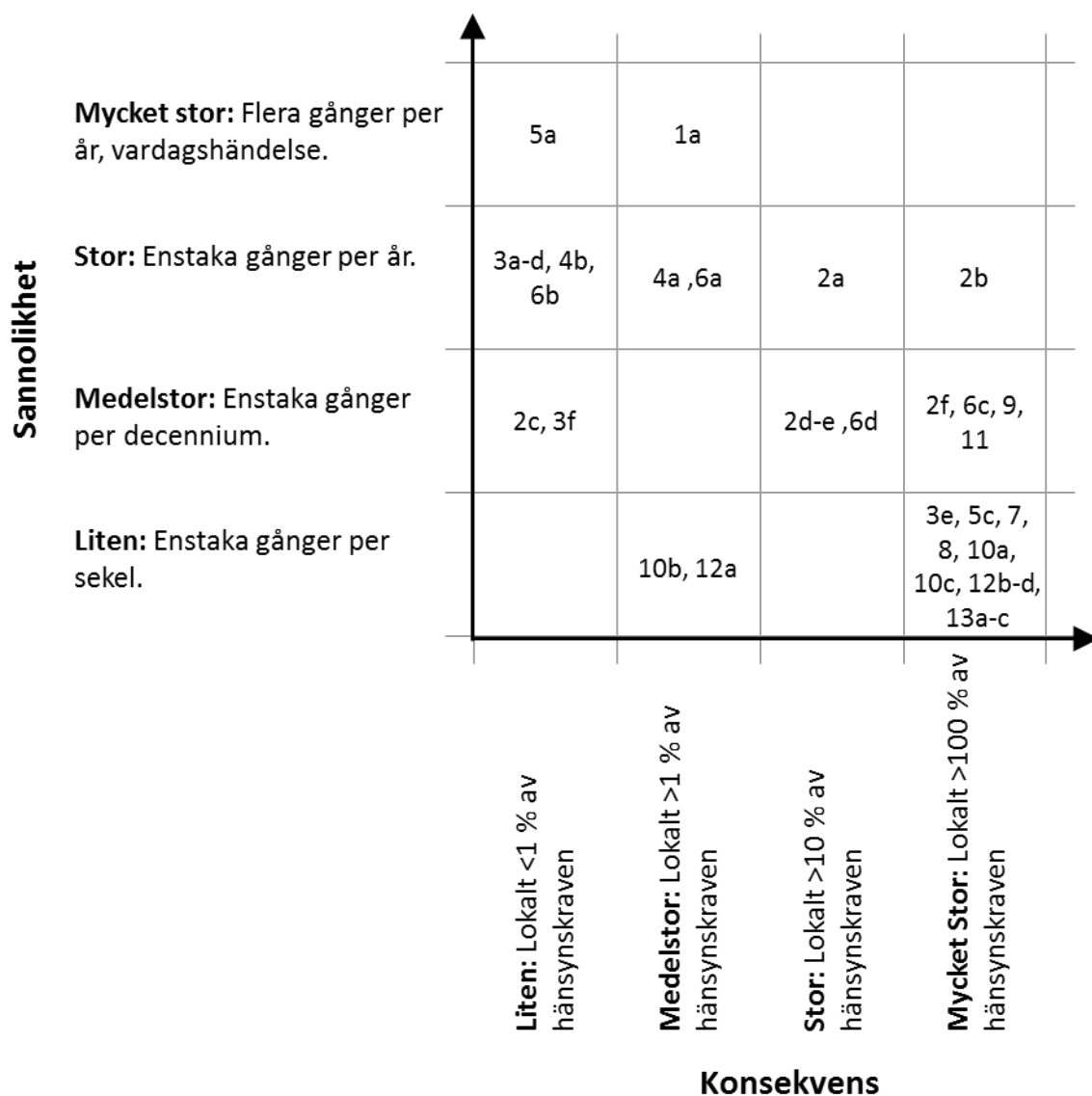
Sammantaget bedöms lokala och tillfälliga överskridanden av bedömda hänsynskrav bli vanligare eftersom ökad mänsklig närvaro och aktivitet i åsens närhet ökar risken för olyckor. Samtidigt bedöms risknivåerna för de analyserade skadehändelserna inte öka så mycket att den kemiska statusen i grundvattenförekomsten som helhet hotas. Slutsatserna kan komma att revideras efter genomförd riskhantering (se avsnitt 6.1) eftersom Uppsala kommun då kan välja att vidta ytterligare generella eller riktade åtgärder för att reducera riskerna till ännu lägre nivåer än de som riskanalysen kommit fram till.

- Långsiktigt kommer en lämplig risknivå i området vara beroende av att miljöfarliga kemikalier inte hanteras i större kvantiteter än vad som är brukligt för privatpersoner. För att olyckor ska få genomslag i riskanalysen krävs att större mängder belastar grundvattnet.
- Utsläpp av bensen på åskärnan från en trafikolycka är den sällanhändelse som får högst risknivå. MKN kan komma att överskridas lokalt med avseende på bensen. Konsekvensen bedöms bli ännu allvarigare om diesel eller eldningsolja släpps ut, men sannolikheterna för dessa utsläpp är lägre på grund av att trafikolyckor med lastbil är mindre vanliga. Eftersom bränsleutsläpp kopplas till befolkningens mängd och inte tar hänsyn till planerade trafiklösningar i Ulleråker överskattas sannolikheten. Det påverkar inte beräkningen av konsekvensen. Slutsatsen med avseende på olycksbelastning blir att det är viktigt att se till att ett stort momentant utsläpp inte kan infiltrera marken.
- Bränder i bilar och hus kommer, baserat på statistik från Uppsala, ske årligen i ett framtida Ulleråker. Belastningen från det släckvatten som används vid dessa är dock (förutsatt att vatten används som släckmedel) så låg att denna riskhändelse inte bedöms kunna leda till överskridande av MKN, även om allt släckvatten skulle infiltrera i marken.
- Den diffusa vardagsbelastningen bedöms bli dubbelt så stor från Ulleråker när området är fullt utbyggt, jämfört med dagens belastning. Ökningen bedöms inte leda till att MKN överskrids med avseende på de ämnen där underlagsdata finns.
- Situationen för PFAS och BAM, de två föroreningar som idag överskrider MKN, bedöms inte påverkas av utbyggnaden i Ulleråker eftersom de ämnena inte kommer att hanteras i området.
- I framtiden kommer grundvattenförvaltningen helt säkert omfatta fler ämnen än idag. Det går inte idag att bedöma hur stor risken är för att dessa framtida MKN kommer att överskridas. Däremot antas dessa ämnen inte förekomma i större omfattning i Ulleråker än på andra ställen i Uppsala.
- Även om riskanalysen fokuserar på situationen när Ulleråker är full utbyggt är det värt att peka på de förhöjda risknivåerna som kommer att råda under anläggningsfasen. Det ökade antalet maskiner och tunga fordon i området kommer öka sannolikheten för att utsläpp av petroleumprodukter sker. Till skillnad från vanliga trafikolyckor förekommer anläggningsmaskinerna oftare utanför vägbanan och uppsamlade diken. Konsekvensen av ett spill från anläggningsmaskiner kan jämföras med de beräknade konsekvenserna för spill på grund av trafikolyckor.

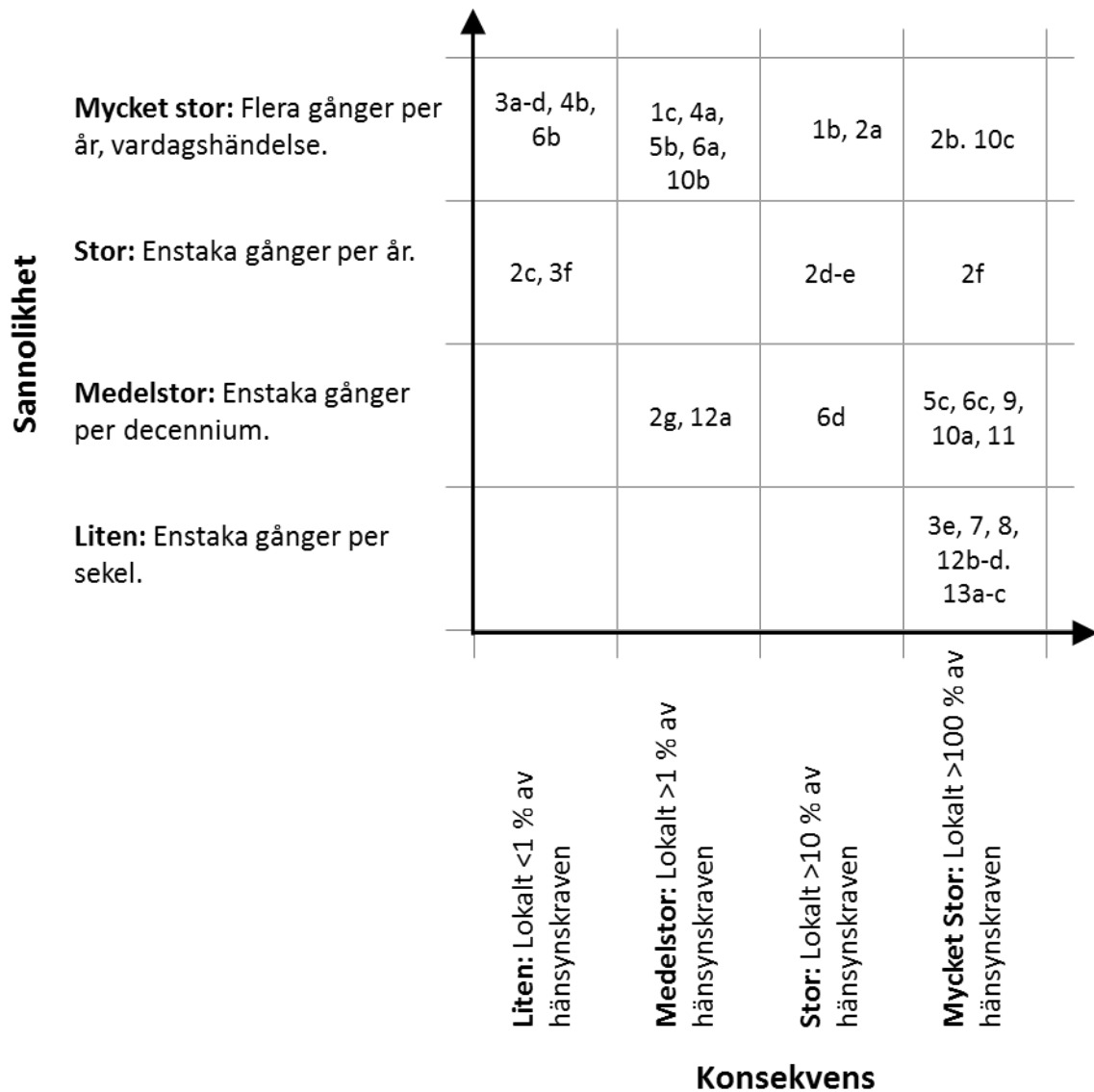
I riskanalysen har ingen hänsyn tagits till de planerade åtgärderna för skydd av grundvatten i Ulleråker, såsom val av takmaterial eller tillåten hastighet. Analysen bygger på generell tillgänglig statistik för Uppsala kommun, Uppsala län, Sverige eller internationell forskning.



Riskmatriserna i Figur 22 och Figur 23 visar risknivåerna – sannolikheter och konsekvenser – för de analyserade skadehändelserna i Ulleråker idag respektive efter utbyggnad. Tabell 25 listar hur de olika skadehändelserna kodas. Matriserna ger en samlad bild av analysresultaten från avsnitt 5.3. Som förväntat sker en förflyttning av flera skadehändelser mot högre sannolikheter till följd av den ökade mänskliga närvaron och i området. Resultaten kommenteras vidare i avsnitt 6.1. Risknivåerna kan komma att reduceras i takt med att riskerna hanteras under den fortsatta planeringen av Ulleråker, se avsnitt 7.1.



Figur 30. Dagens risknivåer för analyserade skadehändelser i Ulleråker.



Figur 31. Riskmatriser för analyserade skadehändelser efter utbyggnad av Ulleråker.

Tabell 29. Analyserade skadehändelser för programområde Ulleråker. Skadehändelsens nummer 1–13 motsvaras av underrubrikerna i avsnitt 5.3, där varje skadehändelse beskrivs.

Skadehändelse	Skadehändelse
1a. Diffus vardagsbelastning. Nuläge	6a. Diffust läckage från dagvattenledning i åskärnan
1b. Diffus vardagsbelastning. Uniform belastningsökning	6b. Diffust läckage från dagvattenledning i sand
1c. Diffus vardagsbelastning. Västlig belastningsökning	6c. Brott på dagvattenledning i åskärna
2a. Trafikolycka med personbil. 100 l bensin sand	6d. Brott på dagvattenledning i sand
2b. Trafikolycka med personbil. 100 l bensin ås	7. Ökad spridning från kända förorenade områden
2c. Trafikolycka med lätt lastbil. 1000 l diesel sand	8. Spridning av större volym på grund av olycka vid miljöfarlig verksamhet
2d. Trafikolycka med lätt lastbil. 1000 l diesel ås	9. Olycka med halkbekämpningsfordon som orsakar spridning av salt till grundvattnet
2e. Trafikolycka med tung lastbil. 30k l Eo1 sand	10a. Olycka med maskin arbetsfordon. 1000 l diesel på åsen
2f. Trafikolycka med tung lastbil. 30k l Eo1 ås	10b. Brott på hydrauloljeslang. 50 l hydraulolja på åsen
2g. Trafikolycka med spårvagn	10c. Spill av >10 l av miljöfarligt ämne (lim, lösningsmedel annat) på åsen
3a. Släckvatten från husbrand på sand	11. Spill av >10 l miljöfarligt ämne i källare med otäta utgående rör
3b. Släckvatten från husbrand på ås	12a. Borrningar. Spill vid borrning. 50 l hydraulolja på ås
3c. Släckvatten från bilbrand på sand	12b. Borrningar. Läckage under drift
3d. Släckvatten från bilbrand på ås	12.c Borrningar. Spridningsväg
3e. PFOS-haltigt släckvatten från en bilbrand på ås	12d. Borrningar. Indirekta risker till följd av förändrade hydrogeologiska förhållanden
3f. Släckvatten från gräs- och skogsbrand	13a. Katastrofer. Tekniska haverier.
4a. Utsläpp av 50 l hydraulolja på åskärna	13b. Katastrofer. Skadegörelse, sabotage och terrorism
4b. Utsläpp av 50 l hydraulolja på sand	13c. Katastrofer. Naturkatastrofer
5a. Spridning av bekämpnings- och gödningsmedel från vardaglig användning idag	
5b. Spridning av bekämpnings- och gödningsmedel från vardaglig användning efter utbyggnad	
5c. Spill av 100 l av bekämpnings- och gödningsmedel på grund av olycka	

## 6 Diskussion

En fråga som lyfts flera gånger under arbetet med denna riskanalys är hur säker analysen är. En riskanalys syftar inte, till skillnad från många naturvetenskapliga modeller, till att simulera ett pågående förlopp eller prognosticera ett framtida. Istället studeras händelser som *kan* komma att inträffa och som i många fall är oönskade, vilket innebär att de i vissa fall inte kommer att inträffa under en given tidsperiod. När det gäller skattningen av konsekvenser blir det till skillnad från naturvetenskapliga modeller där målsättningen är att ge en träffsäker bild i tid och rum, viktigare för riskanalysen att veta om tillräcklig höjd tagits med avseende på beräkningen av konsekvenser och sannolikheter så att tillräckliga skyddsåtgärder kan vidtas.

Ett exempel på det är att grundvattnet inte belastas av en skadehändelse i taget i verkligheten, utan av flera samtidigt (dominoeffekter) och ibland upprepat (kumulativa effekter), vilket särskilt gäller med avseende på vardagsbelastning. Riskanalysen görs däremot med avseende på isolerade riskhändelser därför att antagandena bakom blir för komplexa annars. Den här analysen har hanterat den bristen genom att välja värden så att riskerna beskrivs i enlighet med försiktighetsprincipen. Det ger ett slags "worst case", vilket inte alltid är ett troligt fall, men som har styrkan att inkludera även mer osannolika – och allvarigare – skadehändelser är de statistiskt sett ovanligare (såsom kumulativa eller dominoeffekter). För sällanhändelser innebär det till exempel att spillda drivmedelsvolymen vid varje trafikolycka antas vara större än de flesta personbilers tankar, vilket innebär att den antagna volymen skulle täcka in två halvfulla tankar av vanlig storlek. För diffus vardagsbelastning har effekt i grundvatten beräknats utan hänsyn tagen till fastläggning i marken, vilket innebär ett mer långsiktigt perspektiv som antar att alla ämnen förr eller senare når grundvattnet.

De redovisade slutsatserna utgör därmed den bästa skattningen av risknivåer utifrån kända förutsättningar och oundvikliga osäkerheter för samtliga parametrar. Alternativa tillvägagångssätt för riskanalysen bedöms samtliga vara behäftade med större osäkerheter.

## 6.1 Tillgänglig information

Inom ramen för den här riskanalysen har fakta sökts för att kunna kvantifiera risker som man annars bedömer kvalitativt. I en del fall har det lett till att luckor uppenbarats. Ett exempel är att kunskapen om åsens kemiska vattenkvalitet är bristfällig avseende vissa av de ämnen som ingår i hänsynskraven. Det hade varit önskvärt att fler analyser hade gjorts och av fler substanser, för att kunna dra säkrare slutsatser om kvalitetsskillnader inom åsen. I andra fall har riskanalysen motsagt rådande uppfattning. En utbredd uppfattning var att släckvatten från bränder innehåller stora mängder föroreningar, men utan att referenser för detta påstående fanns. Den forskning som hittats inom området pekade inte på att mängden förorening som går till vattenfasen är särskilt stor. Att ämnen oxideras och ombildas under branden är naturligt, men dessa bör rimligen avgå som emissioner till luft eller blir kvar i fast form på brandplatsen eftersom att de inte finns i släckvattnet i större utsträckning. En av lärdomarna från projektet har varit att den basala kunskapen om åsen måste förbättras succesivt och att sammanställning av information från olika enheter inom och utanför kommunen måste förenklas om man vill underlätta för en bredare syn vid hanteringen av ärenden liknande Ulleråker.

De petroleumbaserade bränslena var de produkter som ledde till störst risker med avseende på grundvattenkvaliteten i analysen. Genomgående var det innehållet av bensen som var avgörande för överskridandet av MKN, även om koncentrationen bensen (och andra aromater) i alla bränslen minskat under de senaste tjugo åren. Slutsatsen av detta är att sammansättningen är mycket viktig och att exempelvis syntetisk diesel inte alls kommer få samma utslag i en riskanalys, eftersom att den inte innehåller aromatiska kolväten. Kunskapen om innehållet i olika produkter är viktig för Uppsalas förvaltning av åsen som resurs, men dessvärre något som är svårt att få tag i eftersom att bränslen vanligtvis inte analyseras med avseende på kemisk sammansättning.

## 6.2 Modellering

Den modell som använts för beräkning av koncentrationen av ett ämne i grundvattnet är enkel såtillvida att det underlag som krävs för att köra den är begränsat. Upplösningen på modellen är

relativt grov, sett ur ett rumsligt perspektiv och har ingen tidsfaktor alls. Den är bäst anpassad för fall där man jobbar med en existerande förorening och en plym som sprids från denna och inte för hydrogeologisk modellering. För ändamålet och under de förutsättningar som råder i Ulleråker med avseende på markförhållanden fungerar modellen ändå bra, eftersom riskanalysen fokuserar på när det blir som sämst och dessutom i ett lite större perspektiv. När man vill modellera övriga Uppsala på liknande vis, där stora områden består av leror, kommer angreppssättet att fungera dåligt. Lerans täthet gör att spridningshastigheten reduceras avsevärt, men i och med att modellen inte inkluderar hastighet i markvattenzon (egentligen lager ovan grundvatten) kommer koncentrationerna överskattas med detta angreppssätt. Att inkludera en funktion för beskrivning av infiltrationskapaciteten i de översta marklagren skulle kunna vara ett sätt att lösa den frågan. Det skulle också svara på hur mycket av en produkt som verkligen infiltrerar vid en olycka, vilket skulle vara en bra utveckling av modellen.

Känslighetsanalysen av modellen visar tydligt att avståndet mellan ett förorenande utsläpp och den punkt där koncentrationen mäts är mycket viktig. Detta avstånd skulle kunna jämföras med en spädningsszon eller blandningszon i ett ytvattendrag. Att utspädningen är en så viktig process beror på att flödet i åsen är stort. Ändå har det i riskanalysen sannolikt använts mindre grundvattenflöden än de är i verkligheten. Att få ett besked om hur stor denna "spädningsszon" är, eller med hur fin upplösning som MKN ska nås blir därför viktigt. Utgörs MKN av ett årsmedelvärde i hela förekomsten kommer krävs mycket större belastningar än de som har bedömts som rimliga eller ens möjliga från en enskild skadehändelse för att leda till ett överskridande av MKN eftersom att utspädningen är så stor. För riskanalysen gjordes antagandet att 20 meters spädningsszon gäller. Detta gjordes godtyckligt, men innebär i praktiken att man med 20 meters när ska kunna borra ett hål där man hittar vatten av god kvalitet. I brist på mer praktiskt tillämpbara tolkningar av MKN faller det alltså på Uppsala kommun och UVAB att bestämma hur stort detta avstånd ska vara.

## 6.3 Långsiktiga och storskaliga förändringar

Hur länge Ulleråker kommer bestå enligt nuvarande planer går inte med säkerhet att säga. Det stadsnära läget och den pågående urbaniseringen gör det mycket troligt att Ulleråker kommer att användas till boende och allmän verksamhet under lång tid. Under den senaste tiotals åren har urbaniseringstrenden växt sig starkare och Sverige har sedan 2005 den starkaste trenden inom EU11. Uppsalas översiktsplan anger att staden kommer att expandera kraftigt redan under de närmaste decennierna. Det innebär att risknivåerna för grundvattenförekomsterna kommer att förändras framöver. Riskhanteringsprocessen som har tillämpats på Ulleråker är utformad så att den kan användas för andra stadsutvecklingsprojekt också och bör successivt förfinas. Det är därför önskvärt att konsekvenserna av Ulleråkers utbyggnad följs upp på ett sådant sätt att erfarenheter kan tas tillvara och omsättas i effektiva och ändamålsenliga riskreducerande åtgärder för Uppsala i övrigt. Det finns inget i resultaten av riskanalysen för Ulleråker som motsäger att det är möjligt att utveckla Uppsala i den omfattning som översiktsplanen anger på ett sådant sätt att god kemisk och kvantitativ grundvattenstatus uppnås och behålls på både kort och lång sikt.

Utgångspunkten är även att Uppsalaåsen kommer att fortsatt fungera som Uppsalas dricksvattentäkt och vara skyddat som ett sådant samt vara ett skyddat grundvattenmagasin med tillhörande miljö kvalitetsnormer i framtiden. UVAB utreder för närvarande hur morgondagens dricksvattensystem ska utformas för att motsvara den växande befolkningens behov. Sannolikt kommer den konstgjorda grundvattenbildningen att öka, eventuellt även i en eller flera nya infiltrationspunkter. Hur det, tillsammans med ökat uttag, påverkar omsättningstider, utspädning,

transporthastigheter in mot åsen och andra processer av betydelse för grundvattenförekomstens risksituation är svårt att överblicka och ligger utanför den här riskanalysen.

Den genomsnittliga nederbörden kommer att öka, vilket kommer att leda till förändringar i exempelvis vattenbalans och ytvattenkvalitet. Sannolikt kommer detta att påverka grundvattenförekomsten i och med den konstgjorda grundvattenbildningen. Även den diffusa belastningen bedöms öka till följd av ökade dagvattenflöden. Sannolikheten för översvämningar och sekundär föroreningsspridning bedöms också öka. Riskhanteringen av ett förändrat klimat drivs även med andra säkerhetsmål än grundvattenskyddet, inte minst UVAB:s pågående arbete att ta fram en ny långsiktig vattenförsörjningsplan. Det ligger utanför den här utredningens horisont att göra en heltäckande bedömning av hur de analyserade risknivåerna förändras som ett resultat av klimatförändringen på lång sikt. Utredningen har däremot inte visat på att Ulleråker är eller kommer att vara särskilt utsatt eller känsligt för klimatförändringens effekter. Sammantaget understryker vetenskapen om den föränderliga framtiden behovet av att löpande uppdatera riskanalysen när ny information finns till hands.

## 6.4 Hantering av osäkerheter

Alla riskbedömningar, liksom alla mätningar och prognoser, är behäftade med osäkerheter. Riskhanteringsprocessen har särskilt utvecklats för att hantera de osäkerheter som karaktäriserar stadsutvecklingens påverkan på grundvattnet:

- Risker och ämnen som förbises kommer heller inte att analyseras. För ett så förhållandevis stort område som Ulleråker är och över så lång tid som riskhanteringsprocessen ska omfatta kommer det att finnas ett mycket stort antal markanvändningar, verksamheter och aktiviteter. Det finns ingen metod för att systematiskt avgöra om alla risker har identifierats eller inte. Det gäller även miljöstörande ämnen som ännu inte har reglerats eller ens upptäckts i miljön. Därför har riskinventeringen gjorts med en bred ansats som kombinerar bland annat tidigare riskanalyser, olycksstatistik projektgruppens expertis och inte minst de synpunkter som hittills har inkommit under Ulleråkers detaljplaneprocess.
- I verkligheten belastas grundvattnet inte av en skadehändelse i taget, utan av flera samtidigt (dominoeffekter) och ibland upprepat (kumulativa effekter), vilket särskilt gäller med avseende på vardagsbelastning. Riskanalysen görs med avseende på isolerade riskhändelser. Den här analysen har hanterat osäkerheter i underlag och antaganden genom att välja värden så att riskerna beskrivs i enlighet med försiktighetsprincipen. Det ger ett slags worst case, vilket inte alltid är ett troligt fall, men som har styrkan att inkludera även mer osannolika – och allvarigare – skadehändelser är de statistiskt sett ovanligare. För sällanhändelser innebär det till exempel att spillda drivmedelsvolymen vid varje trafikolycka antas vara större än de flesta personbilars tankar. För diffus vardagsbelastning har effekt i grundvatten beräknats utan hänsyn tagen till fastläggning i marken, vilket innebär ett mer långsiktigt perspektiv som antar att alla ämnen förr eller senare når grundvattnet.

De redovisade slutsatserna utgör därmed den bästa skattningen av risknivåer utifrån kända förutsättningar och oundvikliga osäkerheter för samtliga parametrar. Alternativa tillvägagångssätt för riskanalysen bedöms samtliga vara behäftade med större osäkerheter.

## 7 Fortsatt arbete

### 7.1 Riskhantering för utbyggnad av Ulleråker i pågående detaljplaneprocess

Kapitel 5 ovan redovisar resultatet av de två första stegen i riskhanteringsprocessen, inventering och analys av risker i Ulleråker. Det tredje steget, hur riskerna ska hanteras, tar vid direkt efter att det här uppdraget avslutas. Uppsala kommuns projektgrupp för Ulleråker kommer att ta sig an riskanalysen i huvudsak i enlighet processbeskrivningen i avsnitt 2.5, det vill säga genom att värdera och reducera de analyserade skadehändelserna. Beroende på vilka riskreducerande åtgärder som kommunen beslutar att vidta i Ulleråker kommer de slutliga risknivåerna att reduceras i högre eller lägre grad jämfört med vad som redovisas i avsnitt 5.4. För att få en samlad bild av hur stadsutvecklingsprojektet Ulleråker förändrar risksituationen för grundvattenförekomsten Uppsalaåsen-Uppsala måste man därför invänta beskrivningen av riskhanteringen och läsa den tillsammans med riskanalysen.

Ett viktigt förberedande steg i riskhanteringen är att identifiera både tekniska och icke-tekniska åtgärder som är verkningsfulla mot de skadehändelser som bedöms ha höga risknivåer. Flertalet av dessa åtgärder är kända sedan tidigare och tillämpas rutinmässigt i olika utsträckningar i Uppsala och andra städer. Det rör sig till exempel om olika utformningar av dagvattenhantering, inskränkningar i vilka verksamheter och kemiska ämnen som tillåts i olika områden med mera. Vissa av dessa åtgärder ingår redan i Ulleråkers planeringsförutsättningar (se avsnitt 4.2.2). Åtgärdsinventeringen omfattar, utöver att identifiera åtgärden som sådan, även att notera vilken eller vilka skadehändelser den är verksam mot samt om den i första hand reducerar sannolikheten för att skadehändelsen ska inträffa (förebyggande åtgärder), konsekvensen om den inträffar (skadelindrande) eller en kombination av de båda. Uppsala kommun genomför arbetet med stöd av teknisk expertis från olika konsultföretag.

För att utvärdera vilka åtgärder som är lämpligast att vidta ska de utvärderas med avseende dels på riskreducerande effekt, dels om och i så fall hur de påverkar Ulleråker i övriga hänseenden. Kommunen tar därför fram en uppsättning hållbarhetsindikatorer som ska användas för att beskriva hur olika åtgärdsalternativ påverkar Ulleråker ur ett holistiskt perspektiv. Det kan inkludera direkta och indirekta kostnader, såväl som tillförda värden eller begränsningar. Sammantaget ger det här ett beslutsunderlag som bygger på en systematisk utvärdering av vilken kombination av åtgärder som bäst bidrar till att uppnå en acceptabel risknivå och även en i övrigt hållbar stadsutveckling.

### 7.2 Metodutveckling och framtagande av riktlinjer för markanvändning i etapp 2

Arbetet med att ta fram riktlinjer för hållbar markanvändning i Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde ur ett grundvattenperspektiv fortsätter i etapp 2 av projektet. Kortfattat kan nästa etapp sägas bestå av två delar. Slutmålet är att ta fram riktlinjer till stöd för den framtida stadsutveckling, eller som det uttrycks i översiktsplanen, "en sammanvägd riskbedömning för hela

*Uppsalaåsen med en strategi för markanvändning i syfte att bevara åsen som vattenreservoar.”* För att uppnå detta bedöms riskhanteringsprocessen behöva utvecklas i flera delar och kompletteras med ytterligare data. Nedan listas ett antal områden som kan bli aktuella att utveckla. Flertalet syftar till att göra processen och ingående metoder tillämpliga på den större geografiska skala som är aktuell i etapp 2:

- Beräkna konsekvens av diffus belastning. I nuvarande version kan nettobelastningen av metodologiska skäl endast beräknas för punktbelastningar. Metoden bör utvecklas så att även nettobelastningen från diffus belastning kan beräknas med jämförbara antaganden. Dels medför det att transparensen i konsekvensanalysen ökar för diffus belastning, dels blir det enklare och mer entydigt att jämföra diffus belastning med punktbelastning.
- Fördela sannolikheter geografiskt. Vardagshändelser kan knytas till en specifik lokalisering, antingen en punkt eller en yta. Sällanhändelser, däremot, är inte entydigt knutna till en viss lokalisering. Metoden bör utvecklas så att sannolikheten – sällanhändelsen – också kan fördelas geografiskt och på så vis belasta olika delar i proportion till hur ofta händelsen ifråga kan förväntas inträffa där.
- De båda punkterna ovan syftar till att samtliga skadehändelser – vardagshändelser och sällanhändelser, händelser som orsakar punktbelastning och diffus belastning – ska kunna beskrivas på samma vis. Det ger flera fördelar. En är att samtliga (eller flertalet) av skadehändelserna kan presenteras på en och samma riskkarta. Det innebär att geografiskt kumulativa risker enkelt kan identifieras. Grunden har delvis lagts i etapp 1 genom att ta fram GIS-funktionalitet att beskriva och göra beräkningar för området med hjälp av likstora hexagoner.
- Analysens noggrannhet begränsas av tillgång på data, både för att beskriva skyddsobjektets nuvarande status och för att beskriva skadehändelsernas sannolikheter och konsekvenser. I nuvarande version hanteras det med värsta falls-bedömningar. För att öka noggrannheten i riskanalysen och på så vis bättre kunna minska överskattningarna krävs därför en fortsatt datainsamling.
- Nuvarande version skattar konsekvenser i termer av närmande till eller överskridande av ett riktvärde. Däremot vägs inte eventuella trender in, vilket bör övervägas i etapp 2. Trendanalyser bör göras för längre tidsserier än vad som skett i etapp 1. UVAB har kontrollprogramsdata åtminstone tillbaka till 2000 som kan användas för detta. Om något eller några ämnen uppvisar ökande halter över tid är det rimligt att en skadehändelse som bidrar till belastning av ett sådant ämne bedöms vara allvarligare än om skadehändelsen lokalt höjer halten för ett ämne med stabil eller positiv trend – även om de resulterande halterna bedöms hamna lika nära ett överskridande. För att det ska vara meningsfullt att utveckla riskhanteringsprocessen i det här avseendet krävs både metodik och tillräckligt långa tidsserier för att avgöra eventuell förekomst av trend. Bakgrundsdata bygger i sin tur på att tillräckligt många parametrar analyseras tillräckligt ofta, vilket ligger utanför projektets direkta räckvidd att påverka.
- Skattningen av diffus vardagsbelastning görs med hjälp av en kombination av klassning av markanvändningstyper och StormTac-schabloner. Båda dessa element innehåller osäkerheter. I etapp 2, när stora ytor av olika markanvändningar ingår i analysen och ska jämföras mot varandra, bör osäkerheten kvantifieras. Till exempel kan stickprov göras där klassificerad markanvändning jämförs med verklig dito, för att få en uppfattning om osäkerheter både avseende förenkling och felklassning. StormTac-schablonernas bidrag till resultatets osäkerhet kan skattas genom känslighetsanalys.
- En delutmaning som uppstår vid en geografiskt distribuerad analys är om och i så fall hur sekundär belastning på grund av avrinning ska hanteras. En identifierad riskhändelse är



läckande dagvattenledningar. Mängd och sammansättning på det dagvatten som eventuellt läcker ut till omgivande jordlager i en viss punkt bestäms inte av markanvändningen direkt ovanför läckaget, utan av summan av delströmmarna från de uppströms liggande områdena. På samma vis kan även ytavrinning förekomma över täta jordlager till infiltrationsområden längre nedströms. En mycket stor del av åsarnas tillrinningsområde utgörs av täta lerlager. En avvägning måste därför göras i etapp 2 mellan svårigheterna att implementera en avrinnings- och blandningsmodell och fördelarna i analysresultaten.

- En liknande utmaning är att utveckla modellen till att beskriva förändringar över tid. Det är väl känt att spridningshastigheten i mark och grundvatten varierar mycket kraftigt beroende på markens och ämnets egenskaper. Det betyder att belastningen från två olika skadehändelser kan nå skyddsobjektet vid vitt skilda tidpunkter även om de inträffar ungefär samtidigt. Konsekvensen av den första kan då ha avklingat när den andra når fram. Under etapp 1 har det känts som en rimlig förenkling att ha ett statistiskt betraktelsesätt, eftersom alla konsekvenser därmed antas inträffa samtidigt och därmed ge en värsta falls-beskrivning.
- Utöver kumulativa risker, som berörs i flera av punkterna ovan, kan det för vissa riskobjekt vara motiverat att analysera så kallade dominohändelser, det vill säga risken för att en skadehändelse orsakar en annan. Det skulle till exempel kunna vara att en gräsbrand orsakar en skogsbrand, eller att en trafikolycka orsakar ett ledningsläckage. Eftersom kombinationsmöjligheterna är oöverblickbara, inte minst för ett så stort område som åsarnas tillrinningsområde kan det inte hanteras systematiskt. Enligt Seveso-lagstiftningen måste emellertid sådana analyser genomföras för verksamheter av viss typ och storlek. Dessa analyser kan inkluderas som underlagsdata för riskanalysen i etapp 2 om det anses vara motiverat.
- En idé som har framförts under etapp 1 är att modellera spridningsförlopp för ett par fiktiva typföroreningar, istället för de specifika föroreningarna. Typföroreningarna skulle då ges egenskaper som täcker in ett tillräckligt stort intervall för att vara rimligt representativt för de faktiska ämnen som riskhanteringsprocessen omfattar. Fördelen skulle bli dels att de inledande stegen i konsekvensanalysen kan generaliseras och därmed förenklas, dels att underlätta för att efterhand inkludera fler ämnen i riskhanteringsprocessen i takt med att MKN utvidgas till fler ämnen eller för att bättre kunna analysera okända ämnen genom olika scenarier.

## 8 Referenser

Blomqvist P, Lönnermark A och Simonson M. (2004). Miljöbelastning vid bränder och andra olyckor Utvärdering av provtagning och analyser. SP Brandteknik, Borås

Brewer et al, 2013, Risk-Based Evaluation of Total Petroleum Hydrocarbons in Vapor Intrusion Studies, Roger Brewer, Josh Nagashima, Michael Kelley, Marvin Heskett and Mark Rigby, International journal of Environmental Health 2013, 10, 2441-2467; doi:10.3390/ijerp10062441, ISSN 1660-4601.

Bjerking (2017) a. PM Sårbarhetsklasser och sårbarhetszoner. 2017-05-17. Uppdrag nr. 15U27848.

Bjerking (2017) b. PM Geoteknik. Geologiska och geotekniska förhållanden inom Ulleråkersområdet. Arbetsmaterial 2017-01-02. Reviderad 2017-03-16. Uppdrag nr. 15U27848.

Havs- och vattenmyndigheten (2016). Tillstånd till användning av bekämpningsmedel inom vattenskyddsområden Vägledning för prövningen. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2016:7

- Hogdin, Susanna, 2017. Utredare, enheten för miljöprövning och miljötillsyn, Havs- och vattenmyndigheten. Personlig kommentar 2017-02-23.
- IPCC (2013). Intergovernmental panel on climate change – Assessment Report 5 (AR5).
- Kemikalieinspektionen (1992), Rena smörjan? Smörjmedel - möjlighet till förändring. Jan Ahlbom och Ulf Duus, nedladdningsbar via: <http://gronkemi.grkom.se/pdf/Rena%20Smorjan.pdf>
- Kjellson, Helena, 2017. Enhetschef, hållbar vattenförsörjning, Sveriges geologiska undersökning. Personlig kommentar 2017-03-06.
- Kärrman Anna, 2016. Miljöpåverkan av släckmedel, Powerpoint-presentation 2016-09-16. MTM Forskningscentrum, Örebro universitet  
[http://www.brandforsk.se/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive\\_FileID=33f19950-efe5-424a-bcc7-3bbf35b7d999&FileName=Sk%C3%A5nsk+brandskyddsdag+2016%2C+Anna+K%C3%A4rrman.pdf](http://www.brandforsk.se/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive_FileID=33f19950-efe5-424a-bcc7-3bbf35b7d999&FileName=Sk%C3%A5nsk+brandskyddsdag+2016%2C+Anna+K%C3%A4rrman.pdf)
- Livsmedelsverket (2007). Risk- och sårbarhetsanalys för dricksvattenförsörjning. ISBN: 91 7714 185 7.
- Livsmedelsverket (2016). Risker vid förorening av dricksvatten med PFAS. Riskhanteringsrapport 2016-02-29.
- Lönnermark A, Blomqvist P. 2006 Emissions from an automobile fire Chemosphere 62: 1043–1056
- Lönnermark A, Andersson-Sköld Y, Axelsson J Haeger-Eugensson M, Palm Cousins A, Rosén B, Stripple H. 2007. Emissioner från bränder Metoder, modeller och mätningar. Räddningsverket, Karlstad
- Myndigheten för samhällsberedskap (MSB), 2015, Analys av olycks- och tillbudsrapporter Studie av rapporter i samordnat olycks- och tillbudsrapporteringsystem (SOOT) 2014, Publikationsnummer MSB815, ISBN 978-91-7383-541-1
- Naturvårdsverket (1998), Förslag till riktvärden vid förorenade bensinstationer, rapport 4889.
- Naturvårdsverket (2006). Metaller mobilitet i mark. Rapport 5536.
- Naturvårdsverket (2009), Riktvärden för förorenad mark. Modellbeskrivning och vägledning, rapport 5976.
- Noiton, D., Fowles, J., Davies, H., 2001. The Ecotoxicity of Fire-water Runoff. Part II. Analytical Results. New Zealand Fire Service Commission, New Zealand.
- Rosén B, Andersson-Sköld Y, Starzec P. 2006. Emissioner från bränder– Spridning till mark och vatten Statens geotekniska institut, SGI Varia nr 568, Linköping
- Räddningsverket (2003). Handbok för riskanalys. ISBN 91-7253-178-9
- Räddningsverket (2006), Räddningstjänst och miljö, Cecilia Alfredsson och Claes-Håkan Carlsson. ISBN: 91-7253-280-7.

Räddningsverket (2007), Utsläpp från olyckor Påverkan på möjligheten att uppnå miljökvalitetsmålen Giftfri miljö och Grundvatten av god kvalitet, ISBN 978-91-7253-356-1, Beställningsnummer P20-478/07

Sveriges Geotekniska Institut (2005). Föroreningsspredning. Underlag för handlingsplan för att förutse och förebygga naturolyckor i Sverige vid Förändrat klimat. Deluppdrag 3. SGI Varia 560:3.

Sveriges Geotekniska Institut (2015). Preliminära riktvärden för högfluorerade ämnen (PFAS) i mark och grundvatten. SGI Publikation 21.

Sveriges Geologiska Undersökning, (2013). Sveriges geologiska undersöknings föreskrifter om miljökvalitetsnormer och statusklassificering för grundvatten, SGU-FS 2013:2.

Sveriges Geologiska Undersökning (2013). Bedömningsgrunder för grundvatten. SGU-rapport 2013:01.

Sveriges Geologiska Undersökning (2014). Vägledning. Vattenförvaltning av grundvatten. SGU-rapport 2014:31.

Sveriges Geologiska Undersökning (2014), Internet. Nationell modell för bedömning av saltvattenrisk. Daterad 29 januari 2014. <http://www.sgu.se/om-sgu/nyheter/2014/januari/nationell-modell-for-bedomning-av-saltvattenrisk>.

Sveriges Geologiska Undersökning, (2015). Grundvattennivåer i ett förändrat klimat – nya klimatscenarier. SGU-rapport 2015:19.

Sveriges Geologiska Undersökning, (2016) a, Normbrunn 16 – Vägledning för att borra brunn

Sveriges Geologiska Undersökning, (2016) b, Geologisk information för geoenergianläggningar – en översikt, Mikael Erlström, Claes Mellqvist, Gerhard Schwarz, Mattias Gustafsson & Peter Dahlqvist, SGU-rapport 2016:16

Sveriges Geologiska Undersökning (2016) c. Jordlagermodellering i 3D – exempel från Uppsalaåsen med hydrogeologisk tillämpning. Eva Jirner, Per-Olof Johansson, Duncan McConnachie, Håkan Djurberg, Philip McCleaf, Angelica Hummel, Sven Ahlgren, Lars Rodhe & Henrik Mikko, SGU-rapport 2016:19.

SPI (2010), SPI Rekommendation, Efterbehandling av förorenade bensinstationer och dieselanläggningar.

Sweco (2015). Riskanalys grundvattenskydd. Uppdragsnummer 6295073100. 2015-05-28.

Sweco (2016). Mobilitetsstrategi Ulleråker. 2016-02-12.

The Interstate Technology & Regulatory Council, 2014, Guidance document, Petroleum Vapor Intrusion, Fundamentals of Screening, Investigation, and Management

Uppsala kommun (2016). Klimatförändringar i Uppsala kommun – en översikt av effekter och åtgärder. 2016-12-09.

Vattenmyndigheterna (2016). Riktvärden för PFAS i grundvatten inför kartläggning 2016. Inriktningsbeslut 2016-11-16. Dnr: 537-4640-16.

VISS, 2017. Uppsalaåsen-Uppsala. Vattenförekomst EU\_CD: SE664296-160193. 2017-06-12.  
<http://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterEUID=SE664296-160193>.

Wertsberg, Karin, 2017. Utredningsingenjör, Uppsala Vatten och Avfall AB. Personlig kommentar  
2017-06-24.

