

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
2	Områdesbeskrivning	3
3	Definitioner och beskrivningar av processer	5
4	Avgränsningar och utgångspunkter för riskanalysen	7
4.1	Avgränsning	8
4.2	Bedömningskriterier	9
4.3	Metodik riskanalys	9
5	Sårbarhetsklassificering	11
5.1	Skyddat	12
5.2	Oskyddat	13
5.3	Resultat sårbarhetsklassificering	13
6	Riskbeskrivning	14
6.1	Bebyggelse	17
6.2	VA-system	19
6.3	Vägar	20
6.4	Parkmark och annan allmän användning	21
6.5	Översvämning	22
6.6	Framtidsscenarier	24
7	Resultat riskbedömning	26
7.1	Riskbedömningsmatris	26
7.2	Sammanvägning av risker	28
8	Riktlinjer för skyddsåtgärder och markanvändning	28
8.1	Föreslagna skyddsåtgärder	29
8.2	Markanvändning	30
9	Diskussion och rekommendationer	32

Bilagor

Bilaga 1 Sårbarhetskarta

Bilaga 2 Hydrogeologisk beskrivning

Bilaga 3 Riskbedömningsmatris

Bilaga 4 PM Transportberäkningar

1 Inledning

Stadsbyggnadsförvaltningen i Uppsala kommun har fått i uppdrag att upprätta ett planprogram för Ulleråker. Syftet med planprogrammet är att möjliggöra en utveckling av området till en ny stadsdel med uppemot 8 000 nya bostäder samt offentlig och kommersiell service. Genom planprogrammet fastställs viktiga förutsättningar för stadsdelens utveckling och principiella ställningstagande formuleras. Sweco har fått i uppdrag att bistå stadsbyggnadsförvaltningen med underlagsutredningar till planprogrammet.

Programområdet Ulleråker ligger inom Uppsala tätorts grundvattentäckt. Sweco Environment AB har tagit fram en riskanalys som belyser och beskriver risker för grundvattnet utifrån den utveckling av området som föreslås i planprogrammet.

Avsikten är att denna riskanalys ska kunna utgöra ett beslutsunderlag för Uppsala kommun, där risker för grundvattnet kan värderas och vägas mot planerad markanvändning. Riskanalysen resulterar även i tydliga rekommendationer för en utbyggnad med liten risk för grundvattenpåverkan.

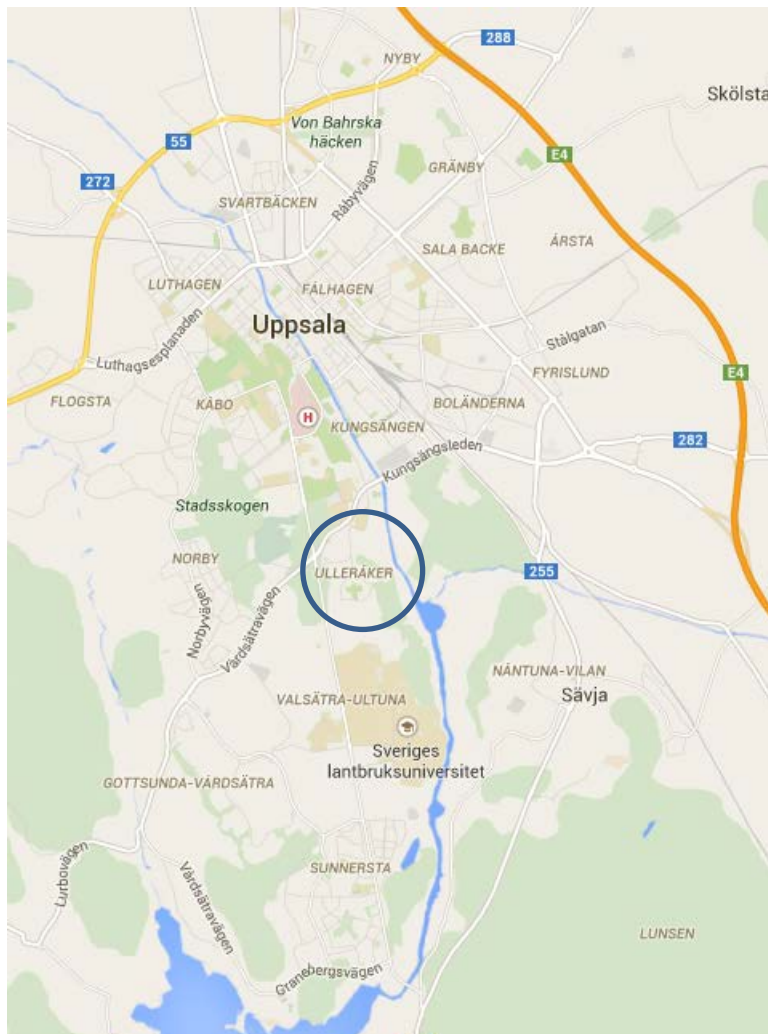
Ulleråker är beläget längs Fyrisån på Uppsalaåsen. Uppsalaåsen går i nord-sydlig riktning genom hela Uppsala och passerar genom Ulleråker i de centrala och östra delarna. Uppsalaåsen är en isälvsavlagring, en så kallad grusås, som skapats vid den senaste istiden. En grusås består ofta till största delen av grövre friktionsmaterial, sand och grus, som slipats och rundats i en isälv i samband med att isen smält. Materialets form och storlek gör att åsar kan innehålla och transportera stora mängder grundvatten och är lämpliga att använda som dricksvattentäkter.

Uppsalaåsen är en mäktig åsformation som beräknas innehålla 100 miljoner m³ vatten¹. Den används som Uppsala tätorts enda dricksvattentäkt och försörjer mer än 150 000 människor med dricksvatten varje dag, året om. I dagsläget saknas en reservvattentäkt i det fall grundvattentäkten skulle slås ut. Uppsalaåsen räknas till Sveriges viktigaste grundvattentäkter och SGU rankar den som bland de tio viktigaste grundvattentäkterna i landet.

Åsen är skyddad enligt svensk lagstiftning i egenskap av vattentäkt. Skyddet består av geografiskt avgränsade skyddsområden där skyddsföreskrifter beskriver restriktioner och förbud mot viss markanvändning och specifika aktiviteter.

Uppsalaåsen omfattas även av EUs ramdirektiv för vatten. Med ursprung från ramdirektivet har Sverige antagit ett miljömål för grundvatten med målsättning att skydda dess kvalitet och kvantitet. Grundvatten finns överallt och för att hantera detta med en rimlig omfattning har avgränsning gjorts, vilket innebär att miljömålen omfattar större grundvattenmagasin, så kallade grundvattenförekomster, varav Uppsalaåsen är en.

¹ Enligt beräkningar av Uppsala vatten AB, från kontakter med Sven Ahlgren.



Figur 1. Översiktskarta med Ulleråker markerat med blå cirkel.

Det skyddsvärda grundvattenmagasinet kan uppfattas som abstrakt då det vanligen inte syns eller märks vid markytan. Grundvattenmagasinet definieras som den del av åsen som är vattenmättad. Den avgränsas i överkant av en grundvattenyta (nivå cirka +2) och sidor och botten avgränsas av täta geologiska formationer som berg, lera och morän. Uppsalaåsen har en utsträckning om många tiotals meter på djupet och storleksordning hundratals meter i dess utbredning. En mer detaljerad beskrivning ges i avsnittet om sårbarhet nedan.

Risken analysen utförs med en genomgång av risker för olika delområden. Detaljeringsgraden är relativt hög där enskilda händelser som fordonsolyckor analyseras. Skalan blir däremot relativt stor då skadehändelser generaliseras inom olika delområden. Analysen utförs med målsättningen att tydliggöra lämplig markanvändning och

skyddsåtgärder. Skyddsåtgärder beskrivs som principer för design, produktval, metoder och utförande.

Mer detaljerade beskrivningar av risker, till exempel med beräkningar av transportförlopp från specifika platser och för olika föroreningar, kan behöva utföras i detaljplaner och/eller bygglovsansökningar. Exempel på detta är dispensansökningar kopplat till skyddsföreskrifter för vattenskyddet som vanligen görs i samband med bygglovsprocessen.

2 Områdesbeskrivning

I detta avsnitt ges en översiktlig beskrivning av Ulleråkerområdets användning idag och planerad användning.

Programområdet är cirka 1 000 000 m² (100 ha) stort och inramas av Fyrisån i öst, Kungsängsleden i norr och Dag Hammarskjölds väg i väst. Mot söder sker avgränsning längs i stort sett befintlig bebyggelse. En strukturplan för området visas i Figur 2, och en det undersökta området visas i Figur 3.

Ulleråker är idag ett bebyggt område som historiskt mest har använts till sjukhus- och annan offentlig verksamhet. Området har flera kvarter med flerbostadshus som är ett relativt nytt tillskott i markanvändningen samt flertalet grön- och rekreationsytor.

I Ulleråker har sjukvård bedrivits sen början av 1800-talet och 1931 blev Ulleråkers mentalsjukhus officiellt så kallat statligt sinnessjukhus för Uppsala- och Stockholms län.

I takt med att de psykiatriska slutenvårdsplatserna har avvecklats och psykiatrin allt mer flyttats till området omkring Akademiska sjukhuset, så har landstingets användning för Ulleråker avtagit. Under senare år har fokus för området varit på bostadsutveckling och idag finns cirka 700 bostäder där.

Befintliga kvarter i Ulleråker upptar ca 20 % av markarealen. Planprogrammet för Ulleråker redovisar en utveckling av området med uppemot 8 000 nya bostäder tillsammans med en utbyggd offentlig och kommersiell service.

En utbyggnad enligt programförslaget i Ulleråker innebär att drygt hälften av programområdets yta kommer vara bebyggd eller hårdgjord. Övriga mark lämnas orörd eller iordningställs som park. Totalt beräknas ca 80 % av områdets yta vara iordningställd för bebyggelse, gata, torg eller park och 20 % planeras sparas som orörd natur.



Figur 2. Strukturplan tillhandahållen av Uppsala kommun.



Figur 3. Flygbild med nuvarande bebyggelse. Programområdet markeras med färgad linje.

3 Definitioner och beskrivningar av processer

Dagvatten

Dagvatten definieras som tillfälliga flöden av regnvatten, smältvatten, spolvatten och tillfälligt framträngande grundvatten. Dagvatten är då bland annat den nederbörd som samlas upp och leds bort från hårdgjorda ytor som tak, parker och trafikytor. Dagvatten kan innehålla en mängd föroreningar som petroleumbaserade ämnen, ogräsbekämpningsmedel och tungmetaller.

Farliga ämnen

Farliga ämnen avser alla ämnen som på något vis kan påverka grundvattnets kvalitet negativt vid felaktig eller vårdslös hantering.

De farliga ämnen som bedöms användas vid exploatering är främst olika petroleumprodukter, PAH vid anläggning av vägar och eventuell släckvatten om brand skulle uppkomma. Delkomponenter av dessa ämnen är vattenlösliga vilket innebär att säkerhetsåtgärder måste vidtas vid arbeten för att förhindra läckage eller spill.

Andra farliga ämnen som kan förekomma i en urban miljö är tungmetaller från fordon och byggmaterial samt ogräsbekämpningsmedel som används på grönytor och parkområden.

Hur ämnen transporteras beskrivs under rubrik nedan (Transportprocesser och spill av förorening) och några exemplifierande beräkningar av konsekvenser vid spill genomförs i bilaga 4.

Risk

Med risk i denna utredning avses den allmänna definitionen; att risk beskriver möjligheten att något oönskat ska inträffa. I riskanalysen identifieras och beskrivs olika händelser som är knutna till planerad markanvändning. Händelserna har olika förutsättningar att generera skador och det kan ske under olika tidsförlopp. Dessa händelser benämns skadehändelser. Riskdefinitionen består dessutom av två komponenter, en bedömd sannolikhet att skadehändelsen ska inträffa och dess bedömda konsekvens.

Transportprocesser och spill av förorening

När nederbörd faller på marken infiltreras vatten där grövre jordarter (sand eller grus) förekommer i markytan och avrinner mot ytvattenrecipienter där finare jordarter (lera och till viss del silt) finns.

Där åskärnan förekommer i markytan sker en direkt vertikal transport av nederbörd eller eventuell förorening från läckage, spill eller olycka. Vid åsens randområden förekommer både vertikal och horisontal transport beroende på omlagringen eller avsättningsmiljön vid åsens bildning. Lagerstrukturen vid randen av en ås är högst komplex och heterogen, och en bedömning av transporthastighet samt riktning är mycket svår att göra. En vätska transporteras inte enbart vertikalt vid en kontaminering, vilket kan leda till komplexa saneringsåtgärder om de inte utförs omgående.

Lera i markytan förhindrar vertikal transport av en vätska. Inom programområdet består de låglänta östra delarna av mäktigare lerlager. Nederbörd som faller avrinner mot lägre liggande terräng, här mot Fyrisån, med en hastighet som är beroende av nederbördsmängd samt markens fallhöjd. En kontaminering här skulle inte ha några negativa konsekvenser på grundvattnet i det direkta närområdet, däremot skulle Fyrisån som recipient kunna påverkas utav den.

Vilka väderförhållanden som råder och när på året ett läckage, spill eller olycka sker är avgörande för transporten i vertikal- eller horisontalled och för avrinningens hastighet. Under vinterhalvåret är det rådande väderförhållanden och förekomsten av tjäle som påverkar transporten mest. Vid en varm vinter utan tjäle och endast nederbörd i form av

regn är magasinet extra känsligt för kontaminering eftersom stora nederbördsmängder under denna period ökar infiltration och nybildning av grundvatten. Vid kallare förhållanden med snötäcke och tjäle är risken mycket liten för negativ grundvattenpåverkan. Sannolikheten för negativ påverkan av Fyrisån är även den liten eftersom snö absorberar vätska och minskar de horisontella transporthastigheterna, vilket ökar chanserna för en lyckad sanering av föroreningar.

Grundvattenmagasinets sårbarhet under våren är också beroende på väderförhållandena under vintern. Under snösmältning blir oftast det övre marklagret vattenmättat då vatten rinner långsammare genom marken än ovanpå, vilket ökar ytavrinningen. Under sommaren sker liten eller ingen grundvattenbildning på grund av att växter tar upp en stor del av den nederbörd som faller. Vatten avdustar även från marken och växter. En eventuell kontaminering som sker under sommaren påverkar omgivningen olika beroende på om det råder torra eller blöta förhållanden. Vid en torr sommar är sannolikheten stor för en lyckad sanering vid ett eventuellt läckage, spill eller olycka. Vid blöta förhållanden ökar transporthastigheten i och på marken vilket ger en ökad spridning och större risk för negativ påverkan.

Hösten är oftast den blötaste årstiden samt den del av året då störst risk föreligger för negativ påverkan av grundvattenmagasinet vid kontaminering. Extra försiktighetsåtgärder bör vidtas under hösten för att minimera risken för spill.

Djup till grundvattenytan är också en avgörande faktor för transport av vätska genom marken, samt jordarternas sammansättning. Vid åskärnan finns oftast en tydlig grundvattenyta i marken på grund av att jordmaterialet i denna utgörs av grus som inte binder vatten vilket medför goda grundvattentransporter. I randområdet förekommer högst troligt en diffus övergång från torrt till fuktigt material för att sedan övergå till vattenmättat under grundvattenytan. Detta påverkar transportprocesserna i marken eftersom den horisontella transporten ökar med fuktighetsgrad. Ett exempel på detta är då en petroleumprodukt rinner vertikalt ner från markytan och byter spridningsriktning till horisontal transport då det når grundvattenytan.

Marschakt kan påverka transportprocesserna beroende på jordartsförhållandena på platsen. Då schakt sker i områden med lera, och denna penetreras, öppnas ett "fönster" för direkt vertikal transport genom schaktbotten. Detta kan även förekomma i randområden beroende på vilka jordsammansättningsförhållanden som råder. Vid åskärnan förändras dock inte transportprocesserna vid schakt ovanför markytan mer än att transporttiden till grundvattenytan minskar med minskat djup.

Exemplifierande beräkningar av konsekvenser vid spill genomförs i bilaga 4.

4 Avgränsningar och utgångspunkter för riskanalysen

I detta avsnitt redogörs för de avgränsningar som gjorts och vilka utgångspunkter som legat till grund för utredningen. Omfattning, avgränsningar och metodik för riskanalysen har, förutom med stadsbyggnadsförvaltningen, diskuterats vid möten med Länsstyrelsen, Sveriges geologiska undersökning (SGU) och Uppsala vatten AB (UVAB).

4.1 Avgränsning

Grundvatten är sårbart både för förändrad kvalitet och kvantitet och båda dessa aspekter bör normalt ingå i en riskanalys. För Uppsalaåsen är dock inte den kvantitativa frågeställningen lika viktig som den om grundvattnets kvalitet. Det beror på att åsen är reglerad med konstgjord infiltration på flera ställen. Den naturliga grundvattenbildningen är bara en mindre del av det vatten som tillförs åsen och enligt UVAB finns det kapacitet att vid behov tillföra mer vatten med de artificiella systemen². Någon risk för underskott i vattenbalansen på grund av minskad grundvattenbildning i Ulleråkerområdet föreligger inte.

Grundvattenkvaliteten är skyddsvärd för hela grundvattenmagasinet i Uppsalaåsen. Markanvändningen i Ulleråker har enbart betydelse för grundvattenkvaliteten från området och nedströms, det vill säga från Kungsängsledsbron och söderut. Inom Ulleråkerområdet har det tidigare legat aktiva uttagspunkter för dricksvatten och även om de i dagsläget inte är i drift kan det inte uteslutas att aktiva uttagsbrunnar behöver installeras i framtiden. Skyddet av Uppsalaåsens som grundvattenmagasinet tolkas innebära att dricksvattenskvalitet ska råda inom hela magasinet och att uttag ska kunna göras inom Ulleråkerområdet. Riskanalysen fokuserar därmed på det skyddsvärda grundvattenmagasinet längs Ulleråker.

En riskanalys av nedströms liggande brunnar skulle medföra beräkningar av grundvattentransport. Dessa medför koncentration vid Ulleråkersområdet avtar med avståndet till brunnar. Denna utredning där riskbedömningen avgränsas till risker kopplade till grundvattenmagasinet inom Ulleråkersområdet medför därmed ett bättre skydd för befintliga vattentäkter. I analysen har dock vissa bedömningar gjorts avseende föroreningsrisker av grundvattenmagasinet för de aktiva uttagsbrunnar för dricksvattenförsörjningen som finns vid Sunnersta, 2-4 km söder om Ulleråker. Exempelvis har tillrinningen till dessa brunnar använts för beräkning av utspädning.

Andra viktiga aspekter är att områden med olika naturliga förutsättningar bör behandlas separat, att olika grundläggningsmetoder ska belysas och att utredningen belyser ett långsiktigt tidsperspektiv.

Sammantaget har följande avgränsningar och omfattningar valts:

- Händelser som kan påverka grundvattenkvaliteten behandlas (händelser som kan förändra grundvattnets kvantitet behandlas inte).
- De sårbara delarna av åsen delas in i två typområden med olika naturliga förutsättningar: område med åskärna där snabb infiltration och relativt snabb vertikal transport kan ske till grundvattenmagasinet; randområden där föroreningar inte kan transporteras direkt till grundvattenmagasinet utan har en sannolikt långsammare infiltration, längre transportväg samt mer horisontell transport och större möjligheter till fastläggning på väg till grundvattenmagasinet.

² Muntlig kommunikation med Sven Ahlgren, Uppsala vatten AB.

- Tidsperspektivet som behandlas är från byggstart och flera hundra år, upp till tusen år, framåt i tiden.

4.2 Bedömningskriterier

Som utgångspunkt vid riskanalysen behöver bedömningskriterier slås fast. Med bedömningskriterier menas de referensnivåer för vattenkvalitet som inte ska överskridas på grund av den planerade markanvändningen. Riskanalysen betraktar risker för grundvattnets kvalitet som att grundvattenmagasinet ska kunna användas som dricksvatten.

I riskanalysen används de gränsvärden för otjänligt dricksvatten enligt Livsmedelverkets föreskrifter³ som bedömningskriterier för vattenkvalitet.

4.3 Metodik riskanalys

Riskanalysen genomförs i en variant med kvantifiering av risker som bygger på en metod framtagen av Livsmedelsverket, 2007 (en handbok för att hantera risker och kvantifiera sårbarhet i dricksvattenförsörjningssystem⁴). Metoden bygger på en kvantifiering med grov indelning av nivåer på sannolikhet och konsekvens. Värdering av risk består av att sannolikhet och konsekvens bedöms enligt en fyrgradig skala. Beloppen för sannolikhet och konsekvens värderas om det är en acceptabel risk eller inte enligt en riskmatris, se avsnitt nedan samt Figur 4. Sannolikhet och konsekvens multipliceras och resultatet blir ett riskbelopp. Riskbeloppet ger en fingervisning om risken storlek men styr inte vilka risker som kan accepteras eller ej. Se Tabell 1 och Tabell 2 för beskrivning av de olika sannolikhets- och konsekvensklassificeringarna.

Metodiken bygger inte på beräkning av sannolikheter med data från databaser eller insamlat statistiskt underlag. En sådan heltäckande riskanalys omfattar många olika typer av skadehändelser och det är inte möjligt att samla in ett konsekvent statistiskt underlag. Riskanalysen är för komplex för detta. Istället ligger expertbedömningar till grund för kvantifieringen. Detta gäller främst för sannolikhetsbedömningen. För bedömning av konsekvenser har ett antal beräkning även utförts som stöd.

I komplexa frågeställning där det inte finns ett tydligt kvalitetssäkrat statistiskt underlag fungerar expertomdömen som en minst lika bra metod⁵ som att använda matematiska metoder vid riskanalyser.

³ SLV FS 2001:30

⁴ Livsmedelsverket, 2007. Risk- och sårbarhetsanalys för dricksvattenförsörjning.

⁵ Franklin, J., 2001. The Science of Conjecture. Evidence and Probability before Pascal.

Tabell 1. Definition av sannolikhetsklasser, modifierad efter Livsmedelsverket 2007 (se fotnot 4).

Sannolikhet	Kriterier (klass gäller när något av dessa kriterier är uppfyllda)
S1: Liten sannolikhet	a) Händelsen bedöms inte inträffa. b) Enligt fackmässig bedömning kan händelsen inte uteslutas.
S2: Medelstor sannolikhet	a) Händelsen kan inträffa. b) En fackmässig bedömning visar att händelsen kan inträffa de närmaste 10-50 åren.
S3: Stor sannolikhet	a) Det är troligt att händelsen inträffar. b) En fackmässig bedömning visar att händelsen kan inträffa de närmaste 10 åren.
S4: Mycket stor sannolikhet	a) Mycket troligt att händelsen inträffar, ex förekommer händelsen nu och då i kommunen.

Tabell 2. Definition av konsekvensklasser, modifierade efter Livsmedelsverket 2007.

Konsekvens	Kriterier
K1: Liten konsekvens	Obetydlig påverkan på grundvattenkvalitén.
K2: Medelstor konsekvens	Grundvattnet blir tillfälligt eller lokalt förorenat.
K3: Stor konsekvens	Långsiktig påverkan på grundvattenkvaliteten i åsen som medför överskridande av miljökvalitetsnormer.
K4: Mycket stor konsekvens	Allvarlig påverkan på grundvattenkvaliteten, åsen kan ej fungera som dricksvattentäkt.

Acceptanskriterier

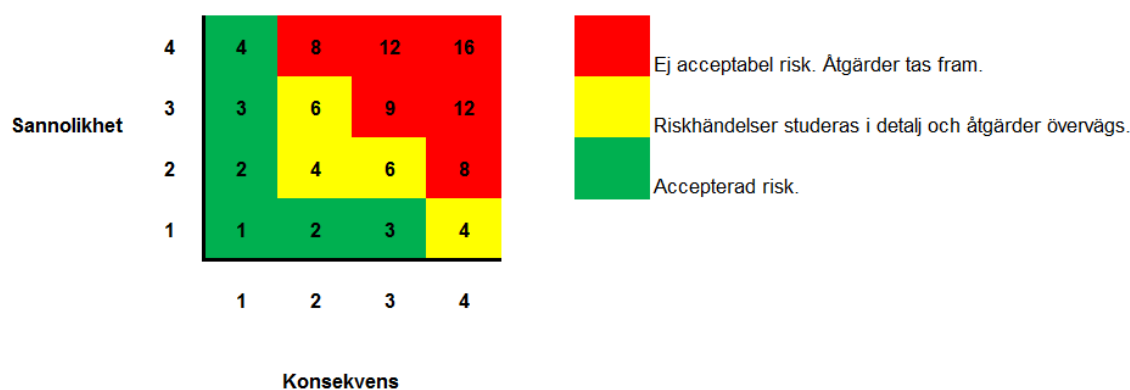
I riskmatrisen (Figur 4) görs en gradering av risker och här visas hur sannolikheter och konsekvenser bedöms med färgfält. Färger motsvarar följande kriterier:

Röd - Ej acceptabel risk, risker måste reduceras, åtgärder tas fram.

Gul – Ej acceptabel risk, riskhändelser studeras i detalj ifall risker bör reduceras, åtgärder tas eventuellt fram.

Grön – Acceptabel risk.

Riskmatrisen utformning säkerställer att även extraordinära händelser (sällsynta händelser med mycket stor konsekvens) utreds och att åtgärder ska vidtas för dessa.



Figur 4. Riskmatris med riskbelopp beräknat från sannolikhets- och konsekvensklasser.

Valda acceptanskriterier medför att inga händelser som kan äventyra grundvattenmagasinets funktion som vattentäkt kan accepteras. Små konsekvenser, K1, kan accepteras. Även vissa risker som kan medföra tillfällig och lokala föroreningar eller konsekvenser som medför försämrade vattenkvalitet kan accepteras för att dessa risker sannolikt inte kommer att inträffa.

5 Sårbarhetsklassificering

I den första delen av riskanalysen beskrivs Uppsalaåsens sårbarhet i Ulleråker. En sårbarhetsklassificering görs med utgångspunkt för de naturliga förutsättningarna avseende markförhållanden; olika jordars förekomst och egenskaper, och grundvattenförhållanden; grundvattenbildning, strömningsriktning och grundvattennivåer.

Beskrivningen av grundvattnets sårbarhet utgår från att vattenkvaliteten är den parameter som är skyddsvärd. Uppsalaåsens grundvatten är ett färskvatten av normalt god kvalitet. De senaste årens kartläggning av påverkan från bekämpningsmedel och perfluorerade ämnen (kallas i fortsättningen PF-ämnen) på grundvattenkvaliteten i Uppsalaåsen har dock påvisat viss förorening. Vattentäkter i Ulleråkers omedelbara närhet används inte längre på grund av höga halter av bekämpningsmedel och i centrala brunnar i Uppsala

har PF-ämnena hittats. Ett mycket stort grundvattenmagasin som Uppsalaåsen är även det känsligt för mänsklig aktivitet.

Uppsalaåsen är och kommer att vara mycket viktig för Uppsalas dricksvattenförsörjning under överskådlig tid. En grundvattentäkt är en bra källa till dricksvatten där råvaran inte kräver stora insatser för bearbetning. Uppsalaåsen har ett mycket stort ekonomisk värde (Uppsalaåsen värderades till 1,4 miljarder kronor för mer än cirka 20 år sedan). I dagsläget beräknar Uppsala vatten AB⁶ att ersättningsvärdet, som består av att använda ytvatten från Mälaren, uppgår till minst 3 miljarder kronor.

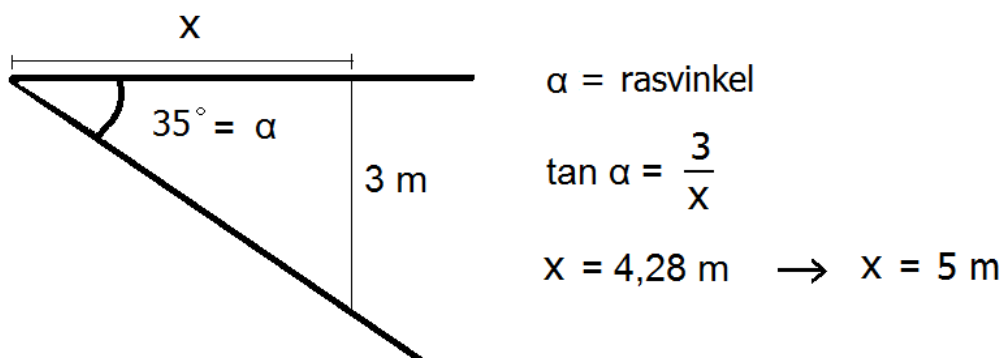
Nutiden och framtidens belastning i form av kemiska substanser är oklar. Ett försiktighetsperspektiv på åsens sårbarhet bör användas och det framhålls vid genomförda möten med tillsynsmyndigheter och Uppsala vatten AB.

Med försiktighetsperspektivet som utgångspunkt väljs förutsättningen för sårbarhetsklassificeringen att vattenkvaliteten inte ska försämrats. Principen för indelning bygger därmed på att föroreningar ej ska nå grundvattenmagasinet. Ulleråkers sårbarhet delas in i två delar, *Skyddat* och *Sårbart*. Principer för klassificeringarna beskrivs nedan.

5.1 Skyddat

Skyddade områden är där förorenat vatten hindras från att tränga ner i grundvattenmagasinet av täta jordarter med minst 3 meters mäktighet. Avrinning av ytvatten och ytligt grundvatten (grundvatten som inte innefattas i grundvattenmagasinet) sker mot ytvatten som ej står i direktkontakt med grundvattenmagasinet. Områden som ligger utanför tillrinningsområdet för grundvattenmagasinet räknas till det skyddade området.

Täta jordar utgörs av lera, silt, och finkornig morän. Beräkning av tre meters lermäktighet vid okänd nivå på övergång tät jord/friktion görs enligt nedan.



⁶ Muntligen Sven Ahlgren, Uppsala vatten AB.

Avståndet från gräns mellan åsmaterial (friktionsjord med direktkontakt med grundvattenmagasinet) och lera utgör startpunkt. Avståndet till lermäktigheter större än tre meter beräknas med förutsättning att åsmaterialets lutning motsvarar rasvinkeln (friktionsvinkeln). För att göra beräkningen konservativ avrundas beloppet till närmaste högre hela meter samt att lerytan antas vara horisontell. Lerytan är i de flesta fall inte horisontell utan har normalt en viss gradient som därmed ökar den verkliga mäktigheten jämfört med den beräknade.

Till detta läggs antagen osäkerhet angående karterad jordartsgräns med +/- 5 m. Gräns för lermäktighet sätts därmed till 10 m från karterad jordartsgräns.

5.2 Oskyddat

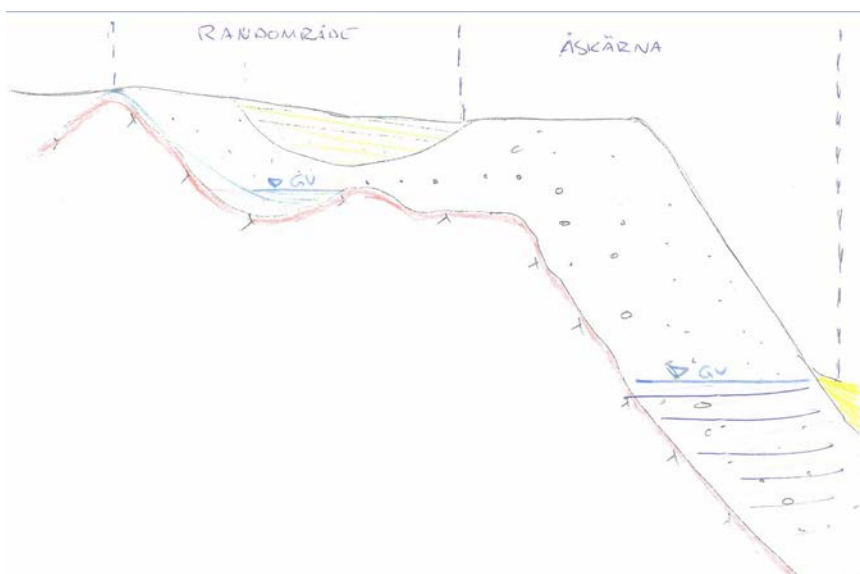
Oskyddade områden är där förorenat vatten kan infiltrera inom tillrinningsområdet och transporteras till grundvattenmagasinet.

5.3 Resultat sårbarhetsklassificering

I detta avsnitt ges en översikt av de viktigaste naturliga och hydrogeologiska förutsättningarna för åsens sårbarhetsklassificering. I Hydrogeologisk beskrivning (Bilaga 2) redovisas bakgrundsdata och området beskrivs mer i detalj.

Se Bilaga 1 för en kartredovisning av vilka delar som är skyddade respektive oskyddade.

Åsen passerar genom Ulleråker där större delen av området är ett tillrinningsområde till åsen. Tillrinningsområden till åsen betraktas som oskyddade områden. Det oskyddade området har två olika karaktärer som medför olika risker. Dels är det de centrala delarna med en öppen åskärna, det vill säga att åsmaterial med sand och grus i princip är blottat vid markytan. Föroreningstransport sker vertikalt genom ett mäktigt lager med omättat material innan det når grundvattenmagasinet. Dels består det oskyddade området av åsens västra sida (även kallat randområde) där materialet är mer varierat med inslag av tätande lager. Grundvattenbildning sker här som avrinning längs de tätande jordarna mot åsen och dels till lokala grundvattenmagasinet. De lokala magasinen bildas i svackor på den högre liggande bergytan. Magasinen avrinner till åsen. Dessa två typområden kommer att behandlas separat i riskanalysen. I det låglänta området längs Fyrisån överlagras åsen av ett mäktigt lerlager och avrinning sker mot ån. Här betraktas åsen vara skyddad.



Figur 5. Principsnitt av Ulleråkerområdet i öst-västlig riktning. I snittet anges vad som avses med *randområde* och *åskärna* inom de delar som klassas som oskyddade. För dessa två områden bedöms risker variera och kan bedömas olika i riskanalysen.

6 Riskbeskrivning

I riskbeskrivningen knyts skadehändelser till olika typer av markanvändning samt i några fall till de tekniska system som finns inom flera olika markanvändningar. VA-system är exempel på en kategori tekniska system som överlappar annan mer generellt beskriven markanvändning. De tekniska systemen är tydliga riskfaktorer och analysen bedöms vinna på denna uppdelning.

Risker vid översvämning beskrivs i ett separat avsnitt. Denna risk avser översvämning där hela området betraktas och därmed knyts inte denna risk till en specifik markanvändning.

Skadehändelser knutna till markanvändning beskrivs för tre olika tidsperspektiv. *Byggtid* beskriver tid under byggande och uppförande av fastigheter och andra anläggningar. Som *drifttid* betraktas tid från att normal användning av fastigheter påbörjas, från inflyttning i områden och 50 år framåt. Tidsperspektivet är valt som en rimlig gräns mot ett långtidsperspektiv. Händelseförlopp och sannolikheter över 50-årsperspektiv bedöms som rimligt att hantera och är en period som går att överblicka samt resonera kring. Slutligen förs ett resonemang om skadehändelser och risker med ett mycket långt tidsperspektiv på flera hundra år, upp till tusen år. Detta blir ett relativt abstrakt och subjektivt resonemang. På grund utav det långa tidsperspektivet är det inte möjligt att i detalj kunna förutse förekomsten av skadliga ämnen, händelseförlopp eller liknande. Detta tidsperspektiv benämns *Framtid*.

Risker i tidsperspektiv *Framtid* beskrivs i ett separat avsnitt och en riskbedömning enligt matrismodellen görs ej. I avsnittet förs ett resonemang om skadehändelser och om risker anses betydande eller ej.

Skadehändelser beskrivs både på en generell- och specifik nivå beroende på i vilka scenarier de tillämpas. Detaljerade beskrivningar och beräkningar kan bli aktuella i senare skeden och behandlas inte i detta skede av utredningen.

Ett exempel på en skadehändelse är läckage av drivmedel vid en fordonsolycka och vad det kan få för konsekvenser för grundvattenmagasinet. För att exemplifiera en detaljerad riskbedömning görs ett beräkningsexempel av dessa konsekvenser nedan.

Illustration av konsekvenser med beräkningsexempel

Som underlag för konsekvensbedömningen beskrivs i detta avsnitt exempel på spill med drivmedel. I bilaga 4 genomförs mer detaljerade transportberäkning för olika scenarier.

Exemplen är förenklade för att illustrera risker och tar inte hänsyn till alla processer. Samtidigt görs vissa generaliseringar (som hur blandning mellan petroleum och grundvatten sker). I exemplen beskrivs och beräknas påverkan på grundvattenmagasinet vid en olycka med fordon som medför läckage av drivmedel och där en spridning sker till mark och vidare till grundvattnet. Exemplet bygger på rådande förhållanden – att inga särskilda skyddsåtgärder finns vidtagna och att spridning därmed sker direkt till friktionsjordar och transport sker till grundvattnet. Exemplet omfattar utsläpp av 80 l bensin från personbil och med 300 l diesel från lastbil. Den omättade markens (ovan grundvattennivån) förmåga att hålla kvar drivmedel, vertikal transporthastighet och utspädningseffekter i grundvattenmagasinet behandlas.

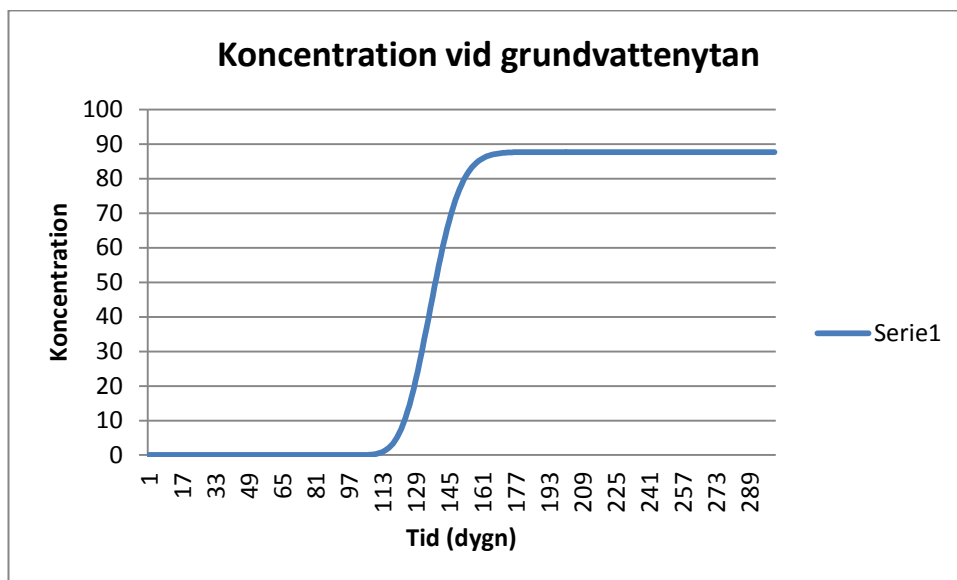
Mark ovan grundvattennivån har en viss förmåga att binda bränslespill. Vid ett försiktigt antagande att 5 l drivmedel kan hållas per kubikmeter jord inom åskärnan kan cirka 200 l drivmedel hållas ovan grundvattenytan (20 m ovan grundvattennivån och att spillet upptar en yta av 2 m²). Ett bensinspill från en personbil kommer då lagras i mark och inte omedelbart nå grundvattnet. Den större drivmedelsvolymen från en lastbil riskerar däremot att delvis nå grundvattnet.

Den bindande kapaciteten i randområdet är större än i åskärneområdet, på grund av finkorniga jordar, samtidigt är den omättade transporten kortare. Vid antagen omättad transport med 2 m och att jordlagrens förmåga att hålla drivmedel antas till 40 l/m³ kan 160 l drivmedel fastläggas enligt detta exempel. Grundvattnet i randområdet är dock inte det skyddsvärda grundvattnet. Risken för att drivmedel som inte fastläggs ska nå grundvattenmagasinet innefattar bedömning av processer med horisontell transport genom randområdet och längs bergytan ned till grundvattenmagasinet. Den horisontella transporthastigheten beror på många faktorer men är generellt mycket långsammare än en vertikal transport (se nedan). Som ett riktmärke kan den horisontella transporten antas till mellan 1-10 år per 100 m.

Den vertikala transporthastigheten är viktigt för att den visar på ett handlingsutrymme för sanering. Bensin rör sig snabbare i marken än diesel och i paritet med ett vattenflöde. Diesel antas röra sig tre gånger långsammare än bensin. Oavsett drivmedel är den

vertikala mättade transporttiden i området med blottad åskärna mycket snabb beroende på den höga hydrauliska konduktiviteten. Med följande antaganden beräknas transporttiden från markyta till grundvattenmagasinet för bensin på 1 timme och för diesel på 3 timmar: vertikal strömningslängd 20 m, flödesporositet 20 %, vertikal mättad hydraulisk konduktivitet 1×10^{-3} m/s och hydraulisk gradient 1.

Den snabba beräknade vertikala transporten är inte helt representativ då den inte tar hänsyn till omättad transport och andra retarderande faktorer: Den visar dock på vikten av att hindra drivmedel att nå friktionsjorden och att det är viktigt med snabba insatser från räddningstjänsten för att omhänderta och sanera dessa utsläpp. I Figur 6 visas ett exempel på att vertikal transport genom en omättad zon sker relativt långsamt.



Figur 6. Exempel på tid för vertikal transport av petroleum i omättad zon. Grafen visar koncentration av ett godtyckligt ämne vid övergången till mättad zon (ett grundvattenmagasin) efter transport från markytan genom 20 m omättad zon i sandigt material. I detta fall dröjer det ca tre månader innan förorening når grundvattnet. Y-axeln visar procentandel av koncentration vid källan och X-axeln tid i dygn. Källan är ett kontinuerligt utsläpp av petroleum vid markytan.

Om drivmedel når grundvattenmagasinet sker en utspädning. Uppsalaåsen vid Ulleråkerområdet bedöms innehålla 20 miljoner m^3 grundvatten (Ulleråker till Sunnersta motsvarar cirka en femtedel av hela dricksvattentäktens volym). Av detta antas enbart en fjärdedel utgöra den aktiva delen som i praktiken utgör tillrinning till uttagsbrunnar i Sunnersta. Halter i grundvattnet, med ovana angivna drivmedelsvolym (en hel bränsletank antas nå grundvattnet) är för bensin 10 $\mu g/l$ och för diesel 50 $\mu g/l$.

Det finns inga riktvärden för dricksvattenkvalitet för bensin och diesel, däremot för olika ingående komponenter. Bensin innehåller 1 % bensen och för ovan beräknad halt motsvarar det 0,1 $\mu g/l$ bensen i grundvattenmagasinet. Det är lägre än gränsvärdena för

otjänligt dricksvatten⁷ och SGUs riktvärden för miljö kvalitetsnormer⁸ som är 1 µg/l. Diesel innehåller i Sverige cirka 0,02 % PAH (polyaromatiska kolväten) och för ovan beräknad halt motsvarar det 0,01 µg/l. Det är lägre än gränsvärdet för dricksvatten och riktvärden för miljö kvalitetsnormer som är 0,1 µg/l.

Sammantaget medför inte en enskild olycka av denna omfattning några större skador på grundvattnet, så som skador som medför utslagning av dricksvatten eller långsiktig påverkan på grundvattenkvaliteten.

Exemplet illustrerar vikten av att insatser sätts in tidigt vid en drivmedelsolycka. En enskild olycka som inte åtgärdas kan ge en mätbar påverkan på grundvattenkvaliteten.

Transportberäkningar i bilaga 4 har främst genomförts för föroreningsscenarioer i randområdet. Här har fler processer involverats, som fastläggning och dispersion. Resultaten visar på små konsekvenser och att risker för grundvattenkvaliteten vid spill och andra föroreningssituationer är små.

6.1 Bebyggelse

Bebyggelsen i programområdet planeras att bestå av flerbostadshus som delvis kan vara högre än 10 våningar. Parkeringsgarage under mark planeras att anordnas under delar av bebyggelsen. Även låg bebyggelse för boende och offentlig verksamhet såsom förskolor, sjukvård och sport planeras i området. Ingen särskild riskanalys görs för dessa utan samma skadehändelser antas gälla för all bebyggelse, dock med en lägre grad av konsekvens.

De mest sannolika grundläggningssätten beaktas. Ingen skillnad görs i detta skede på olika byggmaterial, exempelvis betong- eller stålstomme, glas- eller tegelfasad etc. Risker med olika byggmaterial blir behandlat under drifttiden.

Byggtid

Under byggtiden sker ett stort antal transporter med arbetsfordon på byggarbetsplatsen. Allt material levereras med större transportfordon och arbetare tar sina bilar till arbetsplatsen. Olika skadehändelser kopplat till fordon är en viktig riskfråga under byggtiden. Arbetsmaskiner som pålkranar, bormaskiner, dumprar, lastmaskiner och lastbilar använder 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. Skadehändelser är förknippat med läckage, spill och olyckor.

⁷ Livsmedelverkets föreskrift om dricksvatten SLVFS 2001:30

⁸ Sveriges geologiska undersöknings föreskrifter om miljö kvalitetsnormer och statusklassificering för grundvatten SGU 2013:2

Ovanstående skadehändelser kan ge en större påverkan vid grundläggning med djupare schakt och penetrerande grundläggningsmetoder som pålning; slagpålning och användning av borrhålar. Höga hus kräver förstärkt grundläggning med olika typer av pålning. Vid dessa grundläggningsförfaranden förkortas transportvägen till grundvattnet vilket minskar fastläggning och möjlighet till sanering av föroreningar. Djupare och mer penetrerande grundläggning tar även helt eller delvis bort effekt av tätande lager. Vid mäktigare tätande lager bedöms dock inte detta ha någon betydelse (se beskrivning av skyddade områden). Penetrerande grundläggning sker vanligen till fast botten, det vill säga till berg eller moränlagret på berg.

Schakt under grundvattenytan blir inte aktuellt för grundvattenmagasinet, dock kan det inte uteslutas att det kommer att kunna ske i randområden. Separata skadehändelser för djup schakt, schakt under grundvattennivå och pålning bedöms.

På en byggarbetsplats kan det 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.

Drifttid

Olika ytor samlar upp vatten som kan avledas på olika sätt. Vattnet kan lösa upp föroreningar som samlats från olika spill på hårdgjorda ytor som parkeringar och infarter och dels kan det lösgöra ämnen från byggmaterial, tex koppar från kopparkoppar. Vattnet leds normalt som dagvatten från området i ledningar till en recipient eller infiltreras i mark för att bilda grundvatten. Skadehändelser som bedöms är infiltration av takdagvatten och infiltration av övrigt dagvatten.

Vid brand i byggnader riskerar släckvatten att infiltrera marken och spridas till grundvattnet. Släckvattnets innehåll går inte att förutse i detalj utan beror på vilken typ av släckvätska som räddningstjänsten använder, samt beror på sammansättningen av det brinnande materialet. I en rapport från Statens provningsanstalt⁹ anges att släckvätska kan innehålla exempelvis organiska halogener, alifatiska och aromatiska kolväten, PAH:er, tungmetaller, flamskyddsmedel, ftalater mm. Med planerad markanvändning förväntas inga större mängder av dessa ämnen, men det går inte att utesluta att släckvatten kan innehålla miljöfarliga ämnen. Skadehändelser som bedöms är bostadsbrand.

Vägområdena inom bebyggda delar av Ulleråker är inte särskilt stora och hastigheter är begränsade. Att olycka sker med fordon med större skador eller fordon som hamnar utanför vägområdet anses inte sannolikt. Det kan dock inte uteslutas att en olycka kan inträffa som medför olycka eller brand där drivmedel och/eller förorenad släckvätska sprids. Inom vägområdena kommer sannolikt halkbekämpning att ske med

⁹ Larsson, I., Lönnermark, A., 2002. Utsläpp från bränder – Analyser av brandgaser och släckvatten. Brandforsk projekt 707-021. SP rapport 2002:34.

vägsaltsprodukter (vanligen natriumklorid). Andelen halkbekämpningsmedel är låg i området i förhållande till vad som sprids på större vägar. Risker är likartade för lokala vägar och det görs ingen speciell bedömning av saltspridning inom *bebyggelse*. Dessa risker anses ingå i risker beskrivna för *vägar*. Skadehändelser som bedöms är olycka med fordon och fordonsbrand.

Inom de bebyggda kvarteren kommer mindre grönytor finnas, vilket innebär att tillskott av näringsämnen kan förekomma. Rabatter och hårdgjorda ytor som platt- och stenläggningar, kan behöva ogräsbekämpas. Tillsatser av näringsämnen inom kvartersgårdarna anses dock ha ringa betydelse jämfört med tillsatser av näringsämnen i de större sammanhållna allmänna park- och grönytor (se nedan) och bedöms inte i detta avsnitt. Ogräsbekämpning inom olika fastigheter är en relativt svåröverskådlig verksamhet som kan förväntas utföras av en mängd olika fastighetsbolag. Kontroll och styrning av vilka substanser som används kan förväntas vara svår. Då ogräsbekämpning utförs under en lång tid och bidrar till en diffus, svårkontrollerad spridning tas skadehändelsen med i analysen. Skadehändelse som bedöms är ogräsbekämpning.

6.2 VA-system

Va-system utgörs av avlopps- och dagvattenledninga som anläggs i gatorna i Ulleråkerområdet. Byggnader inom området kommer att anslutas till va-systemen. Va-system passerar bitvis genom Ulleråkers oskyddade områden.

Avloppsvatten associeras vanligen med risk för spridning av bakterier, virus och patogener. Relativt nyligen har även risker för spridning av läkemedel börjat uppmärksammas. Samtliga av dessa parametrar utgör vanligtvis inte något problem i större kommunala grundvattentäkter. Kända problem med utbrott av sjukdomar som sprids med dricksvatten är i Sverige kopplat till läckande avlopp vid ytattenverk. Enskilda brunnar kan ha problem men beror då på en föroreningskälla i eller nära brunnen, exempelvis kan ytligt förorenat vatten rinna ned i en dåligt tätad brunn. En kommunal grundvattentäkt har en betydligt säkrare konstruktion.

Själva grundvattenmagasinet utgör ett effektivt filter för rening med avseende på organismer och partiklar. Även om det inte tydligt går att påvisa tydliga samband med dålig vattenkvalitet i grundvattentäkter kopplat till avlopp är tillförsel av avloppsvatten till grundvattnet inget som ska förekomma. Inte minst då det riskerar att pågå under en lång tid. Vattenkvaliteten kan inte uteslutas påverkas negativt från fler aspekter än bakterier mm. Det kan förekomma andra ämnen i avloppsvattnet som av försiktighetsskäl inte bör förekomma i grundvatten.

Enligt lagen om allmänna vattentjänster innefattar avloppsbegreppet även dagvatten och dränvatten som avleds inom samlad bebyggelse. Dagvatten från bebyggda områden kan normalt betrakta som relativt rent, speciellt från ytor som inte trafikeras. Det renare dagvattnet kan ofta infiltreras i mark och det smutsigare från trafikytorna leds vanligen till rening och därefter till en recipient.

Byggtid

Under byggtiden anläggs va-systemen. Riskerna i denna fas förknippas med anläggandet av ledningar i mark och djup schakt. Risker är analoga med de ovan beskrivna för schakt vid bebyggelse och riskbedömningen blir lik, dock sker utförandet något annorlunda då ett ledningsarbete är under ständig förflyttning. Skadehändelser som bedöms för va-ledningar är djup schakt för ledning och schakt under grundvattennivån för ledning.

Drifftid

Under drift är det de ovan beskrivna problemen och riskerna som ligger till grund för val av skadehändelser. Läckande ledning kan uppkomma efter dåligt utförande, eftersatt underhåll eller större påfrestningar än planerat och som medför skador inom normal underhållsperiod. Läckage uppstår normalt i skarvar. Olyckor med söndergrävd ledning bedöms upptäckas vid skadetillfället och innebär att åtgärder omedelbart kan påbörjas.

Skadehändelser som bedöms är läckage av avloppsvatten och läckage från dagvattenledning.

6.3 Vägar

Stadsutvecklingen av Ulleråker innebär behov av infrastruktur för att säkerställa en fungerande kollektivtrafik och transporter till och från bostäder, arbetsplatser och offentliga anläggningar.

Typen av fordon för transporter har en stor betydelse för riskbilden för grundvattenmagasinet. Det förutsätts att ingen kommersiell transport och hantering av farliga ämnen, som tankbilar sker. Transporter med lastbilar och bulkfordon med avfall, exempelvis slamsugningsbilar, kan förekomma.

Byggtid

Vid byggande av vägar kan spridning av PAH ske i de fall tjärasfalt används eller blottläggs vid ombyggnation av väg. Spill av drivmedel och olyckor med arbetsfordon kan också ske. Det förutsätts att anläggning av vägar inte sker med djupare schakt. Det bedöms vara rimligt då undergrunden är stabil och sannolikt inte kräver någon urgrävning.

Skadehändelser som bedöms är spridning av PAH från beläggningsarbete, spill/läckage av drivmedel från arbetsfordon och olycka med arbetsfordon.

Drifftid

Spridning av förorening sker av spill från fordon som tungmetaller, olja och drivmedel. Partiklar från vägbanan kan transporteras med vägdagvatten. För risker med vägdagvatten, se avsnitt VA-system.

Vid fordonsolyckor riskerar drivmedel att läcka ut och vid samtidig brand sker även utsläpp av andra ämnen (se beskrivning av innehåll i släckvätska ovan). Den

tillkommande risken med brand bedöms dock som försumbar då det är en tillfällig händelse och inte rör sig om stora mängder förorening. Hastigheter på vägarna inom bostadsområden kommer att vara begränsade men det går inte att utesluta att olyckor sker med avakning från vägområdet.

I samband med underhåll kan spridning av PAH ske från beläggningsarbeten och av salt från halkbekämpning.

Skadehändelser som bedöms är olycka med personbil, olycka med tungt fordon, olycka med avfallstransport, spridning av PAH från beläggningsarbeten och spridning av salt vid halkbekämpning.

Det sker en kontinuerlig spridning av föroreningar från vägar. Denna risk omhändertas genom riskbedömning av dagvattensystem och översvämning.

6.4 Parkmark och annan allmän användning

Förutom bebyggda kvarter och infrastruktur som vägar och ledningar planeras grönytor som parkmark eller mer aktivitetsinriktade ytor för idrott och evenemang. På dessa ytor kommer inte större byggnader eller trafik med motorfordon av större omfattning att förekomma. Beroende på höjdsättningen kan förorenat dagvatten ledas hit vid regn med större återkomsttid än 10 år och infiltrera i marken.

Byggtid

Anläggandet av dessa ytor innebär bearbetning med arbetsfordon och transporter med lastbilar. Inga djupare schakter förväntas.

Skadehändelser som bedöms är spill/läckage av drivmedel från arbetsfordon och olycka med arbetsfordon. Då dessa är analoga med de för vägar kommer samma bedömning att göras.

Drifttid

Parkmarken består till stor del av grönytor och planteringar där tillskott av näringsämnen kan förekomma. Även ogräsbekämpning kommer sannolikt att ske på dessa ytor tillika på en del hårdgjorda ytor, framför allt på platt- och stenläggningar,

Näringsämnen som används på grönområden kan bidra till ökade halter av ammonium och nitrat i grundvattnet.

Ogräsbekämpning kan förväntas utföras under kommunal kontroll och/eller ske på kommersiell basis. Det innebär en automatisk reglering och ska betyda att ingen spridning av farliga ämnen sker. Effekter av tillåtna ämnen, nuvarande och framtida, är inte helt kända. Det går även att argumentera att det är svårkontrollerat och risk finns att farliga ämnen används trots förbud. Då den utförs under en lång tid och kommer att bidra till en diffus svårkontrollerad spridning tas den med i analysen.

Skadehändelser som bedöms är spridning av näringsämnen och ogräsbekämpning.

6.5 Översvämning

Översvämning definieras som det tillfälle när nederbörd inte kan omhändertas av dagvattensystemet och ledas bort från området. När dagvattenbortledningen inte fungerar kan både hårdgjorda ytor och naturmark komma att översvämmas.

I Swecos rapport Dagvattenhantering daterad 2015-05-28 beskrivs det föreslagna dagvattensystemet i Ulleråker och översvämningens risker belyses.

I denna riskbedömning har dock ett "värsta fall" antagits, för att inte underskatta några risker.

Risker vid översvämning förknippas med att föroreningar som lagrats på hårdgjorda ytor och på naturmark kan mobiliseras och transporteras till grundvattenmagasinet. Transport sker med den kraftiga grundvattenbildning som följer en översvämning. Ulleråker har mycket god kapacitet för grundvattenbildning i och med förekomst av grovkornig friktionsjord vid markytan. Området med blottad åskärna är speciellt mottaglig för grundvattenbildning, men även i randområdet kan en god förmåga att infiltrera nederbörden förväntas. Översvämningsscenarioet bygger således på att all nederbörd infiltrerar på icke hårdgjorda markytor och bildar grundvatten.

Det finns skillnader mellan områden med åskärna och dess rand. I området med åskärna sker en snabb vertikal transport med sannolikt liten förutsättning för fastläggning och nedbrytning av föroreningar. I randområdet med mer finkorniga jordar, sekundära grundvattenmagasin och horisontell transport finns större möjligheter för omhändertagande av förorening innan den når grundvattenmagasinet. Grundvattenflödet från randområdet till grundvattenmagasinet är komplext och sker sannolikt relativt snabbt, speciellt vid den momentana och kraftiga grundvattenbildningen i detta scenario. Ingen praktisk skillnad görs därför mellan de olika områdena utan i riskbedömningen antas all nederbörd nå grundvattenmagasinet på kort tid.

Riskbedömningen har gjorts genom en översiktlig beräkning av föroreningshalter för några föroreningar. Ursprungshalter i dagvatten hämtas från referenslitteratur. Dagvattenmängden beräknas vid ett kraftigt regn där hela volymen infiltrerar i marken. Det infiltrerade dagvattnet antas blandas med och späds i grundvattenmagasinet i Ulleråkers närområde och halter i grundvattenmagasin beräknas med en utspädningsfaktor.

Föroreningar som har behandlats är bekämpningsmedel, olja, bensen, bly och kadmium. Samtliga parametrar utom olja finns upptaget i Livsmedelsverkets föreskrifter med gränsvärden för dricksvatten. Bekämpningsmedel och olja är grupper av flera olika ingående delämnen.

Data om typiska föroreningshalter i orenat dagvatten, inklusive variationer under ett avrinningsförlopp har hämtats från referenslitteratur¹⁰.

¹⁰ Förslag till riktvärden för dagvattenutsläpp, Regionplane- och trafikkontoret, Stockholms läns landsting, 2009; The National Stormwater Quality Database version 1.1,

Följande antaganden har gjorts:

- Grundvattenmängd – 1 miljon m³
- Nederbörd 50 mm, motsvarar ett nederbördstillfälle med återkomsttid cirka 80 år (högsta uppmätta nederbörd under ett dygn i Uppsala sedan 1853 är 104 mm)
- Hela nederbördsmängden infiltrerar och når grundvattenmagasinet
- Medelhalter i µg/l – bekämpningsmedel 1, olja 2000, bensen 4, bly 100, kadmium 5
- ”First-flush” – medelhalter räknas upp med faktorn 2 för att ta höjd för ovanligt höga koncentrationer, se vidare resonemang avseende varierande koncentrationer nedan

Dagvatteninnehållets föroreningskoncentration varierar under ett regntillfälle. Under ett och samma regntillfälle varierar även vilka ämnen som är höga, det är vanligt att ett ämne har sin föroreningsstopp, när någon annan är låg. Ibland pratar man om en så kallad first flush vilket säger att 80 % av den totala föroreningsmängden ska transporteras under den första 20 % av den totala avrunna vattenmängden. Vid en undersökning av 400 regntillfällen i USA kunde dock inte någon generell first-flush effekt identifieras. För vissa ämnen, (Total-kväve, löst fosfor, ortho-fosfat, turbiditet och pH) kom aldrig någon first flush. De vanligaste ämnena där first flush ändå periodvis förekom var COD, BOD, TKN och Zink.

I en svensk forskningsstudie kring avrinningen från Essingeleden i Stockholm förekom ingen first flush, trots att det förväntades då avrinningsområde utgjordes av en avgränsad hårdgjord yta. Där kunde dock snarare ett samband skönjas mellan föroreningstransport med regnintensitet än när under regntillfället transporten skedde

Resultat för halter i grundvattenmagasin efter översvämning understiger gränsvärden enligt Livsmedelsverkets föreskrifter 2001:30 för de parametrar som upptas där (se Tabell 3).

Maestre, A., Pitt, R., 2005, US EPA; StormTac databas 2014-11-11, från www.stormtac.com.

23 (34)

ULLERÅKER
2015-05-28

RISKANALYS GRUNDVATTENSKYDD

Tabell 3. Resultat från beräkning av halter i grundvatten efter översvämning. Halter anges i µg/l.

	Dagvatten (vid översvämning)	Grundvatten, normala halter i översvämningsvatten	Grundvatten, höga halter i översvämningsvatten
Bekämpningsmedel	1	0,006	0,01
Olja	2000	12	24
Bensen	4	0,024	0,05
Bly	100	0,6	1,2
Kadmium	5	0,03	0,06

6.6 Framtidsscenarioer

Framtidsscenarioer med ett långt tidsperspektiv förknippas med stora osäkerheter. Ambitionen med detta avsnitt är att belysa möjliga långsiktiga risker med planerad markanvändning i Ulleråker, men även att framhålla möjlig positiv utveckling som kan minska risker. De scenarier som presenteras ska inte betraktas som heltäckande men avsikten är att de ska kunna utgöra ett fullgott diskussionsunderlag för vidare planering och överväganden om skyddsåtgärder.

Den kvantifierade delen av riskbedömningen görs med som mest ett 50-års perspektiv. Hur länge Ulleråker kommer bestå enligt nuvarande planer går inte med säkerhet att säga. Det stadsnära läget och med den pågående urbanisering gör att Ulleråker antas nyttjas till boende och allmän verksamhet under lång tid. Urbanisering har definitionsmässigt pågått sedan människan lämnade jägarsamhället och började med jordbruk för flera tusen år sedan. Under den senaste tiotals åren har urbaniseringstrenden växt sig starkare och Sverige har sedan 2005 den starkaste trenden inom EU¹¹. Med dessa utgångspunkter blickar framtidsscenarioer framåt med ett 1000 års-perspektiv. Utgångspunkten är även att Uppsalaåsen kommer att fortsatt fungera som Uppsalas drickvattentäkt och vara skyddat som ett sådant samt vara ett skyddat grundvattenmagasin med tillhörande miljö kvalitetsnormer i framtiden.

Framtiden kan innehålla dels ökade hot mot grundvattenkvaliteten och dels möjligheter till minskade risker och förbättrad grundvattenkvalitet. Nedan listas identifierade hot och möjligheter:

¹¹ Omvärldsanalys 2014 – Trender i transportsystemet, <http://www.trafikverket.se/Om-Trafikverket/Rapporter/Omvarldsanalys/Trender-i-transportsystemet/>

Hot

- Sannolikheten att oönskade händelser inträffar går mot visshet att de helt säkert kommer att inträffa.
- Risker med diffus spridning ökar över lång tidsperiod. Ackumulerande av förorening i grundvattenmagasinet och dess tillrinningsområde vars effekter inte kan ses i nuläget kan i ett långt tidsperspektiv medföra en negativ påverkan.
- Konsekvenser av enskilda olyckshändelser som brand i byggnad som bedöms som obetydlig kan över tiden, med upprepade händelser genom ackumulerande effekter, och att risken ökar för en oväntad stor händelse, utgöra en risk för grundvattenkvaliten.
- Risker under en relativt kort tidsperiod är överblickbar och kan med relativt god precision bedömas. Framtida risker är svåra överblicka och inte ens möjligt att säkert definiera. Fler risker än vad som bedöms idag kan tillkomma i framtiden, tex kan nya syntetiska ämnen som potentiellt kan vara farliga komma att spridas.
- Klimatförändringar kan medföra fler och kraftigare nederbördstillfällen och att förorenings-spridning sker under längre perioder. Större föroreningsmängder mobilseras snabbare och det ökar belastning på grundvattenkvaliteten.
- Planer förändras, förtätning och annan verksamhet som sammantaget medför större risker tillåts.

Möjligheter

- Under de senaste 20-30 åren har arbeten med att minska förekomst av farliga ämnen i samhället pågått. Effekter av det kan börja ses genom minskning av historiska problemämnen (som DDT och PCB) i biosfären. En fortsatt sådan utveckling, och att det totalt sett det i framtiden blir en minskad förekomst av farliga ämnen i samhället, kan förväntas. Risker med mänsklig påverkan på grundvattenmagasinet minskar därmed.
- Transporter utvecklas mot hållbara lösningar och petroleumbaserade fordon kommer att fasas ut.
- Utveckling mot ett hållbart samhälle fortgår och medvetande hos enskilda individer kan förväntas öka och attityder går mot att agera på ett hållbart sätt, t ex vid val av transportmedel och hur man sköter sitt hushåll.

Framtiden, i all sin ovisshet, bör målas med i huvudsak ljusa färger vad gäller risker för grundvatten. Minskande spridning av förorenande ämnen inom Sverige minskar risker på sikt. Belastning från omvärlden (atmosfärisk deposition) och diffus spridning från gamla miljösynder utgör de möjligen ökande riskerna. Med den nuvarande och sannolikt i framtiden ökande medvetenhet om vikten av att skydda miljön, gör det möjligt att genomföra åtgärder. Även kunskap om hur grundvattenskydd ska utformas och utföras kan förväntas öka i framtiden.

Även om risker bedöms som låga bör försiktighetsprincipen användas och system utformas för att skydda grundvatten även i framtiden.

7 Resultat riskbedömning

De skadehändelser som identifierats och beskrivits i kapitel 6 listas i riskbedömningsmatrisen som finns redovisas i Bilaga 3. För varje skadehändelse görs en bedömning om dessa kan komma att ske i de olika oskyddade områdena åskärna och rand. Därefter bestäms sannolikhet och konsekvens och resulterar i en risk (Risk 1), enligt kapitel 5. För varje skadehändelse beskrivs en motverkande åtgärd och ny riskbedömning utförs (Risk 2), baserad på att dessa verkställs och efterlevs.

7.1 Riskbedömningsmatris

Riskbedömningar genomförs för varje definierad markanvändning och resultat presenteras i tabeller i Bilaga 3.

De flesta risker värderas som icke acceptabla under den initiala riskbedömningen (utan särskilda åtgärder, motsvarar normalt utförande idag). Åtgärder behöver vidtas för att minska risker för grundvatten vid planerad markanvändning. Förslag på åtgärder omnämns i Bilaga 3 samt avsnitt 8 nedan.

7.1.1 Bebyggelse

Störst identifierad risk som kan medföra en negativ konsekvens för grundvattnets beskaffenhet under byggskede av bebyggelse är läckage och spill av drivmedel från arbetsfordon. För att minimera risken under byggskede krävs tydlig och konsekvent miljöstyrning, hög beredskap för sanering, användning av 100 % biodiesel och andra miljövänliga produkter för smörjolja etc. Drivmedelspåfyllning och service för endast ske på täta ytor med uppsamlingsmöjlighet för vätskor. Förvaring av miljöfarliga produkter inom arbetsområdet bör begränsas och ske på täta ytor där uppsamling av släckvätska från en eventuell brand kan ske.

Under driftiden (50 år) har samtliga identifierade skadehändelser erhållit en hög risk till följd av att sannolikheten ökar med det ökade tidsperspektivet. Diffusa skadehändelser som infiltration av dagvatten eller ogräsbekämpningsmedel är högst sannolik och kan få hög konsekvens eftersom det kan förekomma under lång tid innan det uppdagas. Skadehändelse till följd av brand har också en hög sannolikhet men konsekvensen bedöms som lägre då endast punktinsatser görs vid olycka. För att minska risken för negativ påverkan på grundvattnet under drift bör allt dagvatten omhändertas och bortledas i ledningar. Hög brandsäkerhet krävs för att eventuell brand inte sprids mellan byggnader och samtliga husgrunder bör förses med hårdgjorda ytor mellan dessa och ledningar dit släckvatten kan transporteras utan att infiltrera marken. Ogräsbekämpning är den skadehändelse som även efter inkluderande av skyddsåtgärd uppvisar måttlig risk för negativ påverkan av grundvattenkvaliteten. Ytterligare åtgärder behöver övervägas, t.ex. genom att anlägga marklager som minskar transporter i vertikalled med minskad

26 (34)

ULLERÅKER
2015-05-28

RISKANALYS GRUNDVATTENSKYDD

infiltration och större avrinning mot dagvattensystemen som följd, och/eller använda marklager som binder förorening och reducerar mängden som kan infiltrera grundvattenmagasinet.

7.1.2 VA-system

Under byggskede har skadehändelser vid schakt över och under grundvattenytan identifierats som den skadehändelse där risk för negativ påverkan på grundvattnet föreligger. För att minimera risken krävs tydlig och konsekvent miljöstyrning, hög beredskap för sanering, användning av 100 % biodiesel och andra miljövänliga produkter för smörjolja (till exempel nedbrytbara vegetabiliska produkter) etc.

För driftiden (50 år) är läckage från dagvatten- och avloppsledningar de skadehändelser där risk föreligger. Genom att använda täta helsvetsade plastledningar samt genomföra täta kontroller, kan denna risk minimeras. Kontroll av ledningarna är avgörande för att minimeringen skall bli reell, eftersom sprickor i ledningsnätet genererar diffusa läckage som kan förekomma under lång tid med stora konsekvenser på vattenkvalitet som följa.

7.1.3 Vägar

De skadehändelser som identifierats under byggskede av vägnätet inom Ulleråker är spridning av PAH vid beläggningsarbeten och utsläppa av drivmedel genom läckage, spill eller från olycka. För att minimera risken krävs tydlig och konsekvent miljöstyrning, hög beredskap för sanering, användning av 100 % biodiesel. Drivmedelspåfyllning och service får endast ske på täta ytor med uppsamlingsmöjlighet för vätskor.

För driftiden (50 år) är läckage från uppställda bilar, utsläpp av drivmedel eller slam från olyckor vid transporter inom området och halkbekämpning de skadehändelser som identifierats som risk för grundvattnets beskaffenhet. För att minimera risken bör endast låga hastigheter tillåtas inom Ulleråker. Vägarna samt intilliggande diken ska uppföras som täta och allt väg dagvatten ska uppsamlas och avledas för rening och omhändertagande i ytvattenrecipient. Halkbekämpning med salt bör utföras så lite som möjligt. Dagvattensystemen funktion bör kontrolleras kontinuerligt för att säkerställa dess renande funktion.

7.1.4 Park- och allmän användning

De skadehändelser som identifierats under byggskede av park och ytor för allmän användning inom Ulleråker är utsläppa av drivmedel genom läckage, spill eller från olycka. För att minimera risken krävs tydlig och konsekvent miljöstyrning, hög beredskap för sanering, användning av 100 % biodiesel. Drivmedelspåfyllning och service får endast ske på täta ytor med uppsamlingsmöjlighet för vätskor.

För driftiden (50 år) är det främst spridning av näringsämnen och ogräsbekämpning som identifierats kunna ha negativ påverkan på grundvattenkvaliteten. Spridning av näringsämnen bedöms ske i sådan liten omfattning att ingen motverkande åtgärd krävs, det är dock viktigt att informera verksamhetsutövaren om grundvattnets sårbarhet för ökad medvetenhet och begränsning av användning. Otillåten ogräsbekämpning anses

vara en skadehändelse som på sikt kan få stora konsekvenser för Ulleråker. Genom ökad tillsyn samt information till verksamhetsutövare samt boende kan risken minimeras avsevärt till att bli obetydlig om ogräsbekämpningen begränsas.

Gräsklippning sker under begränsad tid och med kort exponering och har inte bedömts utgöra någon risk som kan medföra negativ påverkan på grundvattenmagasinet och har därför inte bedömts i matrisen.

7.1.5 Översvämning

En översvämnings negativa effekter på grundvattnet har bedömts på tidförlopp över 50 år och de skadehändelser som identifierats är infiltration av hela nederbördsmängden som faller inom Ulleråker med transport av föroreningar till grundvattenet. Risken anses dock som liten och inga motverkande åtgärder bedöms i skrivande stund krävas. Det är dock viktigt att denna bedömning omprövas om förutsättningarna skulle förändras, främst med avseende på klimat; nederbördsmängder, förhöjda grundvattennivåer etc.

7.2 Sammanvägning av risker

Varje risk har värderats var för sig och ingen analys av hur riskerhändelser skulle kunna interagera har utförts – till exempel har inte följande scenario "vad händer om det brinner samtidigt som ett kraftigt regn orsakar översvämning?" studerats. Inte heller har händelseförlopp som leder fram till en olycka eller att olyckan förvärras om skyddsåtgärder eller andra förutsättningar fallerar specifikt analyserats.

Denna riskanalys omfattar inte alla möjliga risker. Exempel på risk som utelämnats är medvetet mänskligt handlande, som till exempel sabotage.

Dessa aspekter kan sammantaget betyda en underskattning av riskbedömningen, när enskilda riskhändelser analyseras var för sig.

Skyddsåtgärder, inklusive val av markanvändning, rekommenderas att utföras mer omfattande och överlappande än vad som motiveras av den enskilda risken. Redundans, det vill säga parallella system med samma funktion, för särskilt känsliga delar motiveras ur ett försiktighetsperspektiv för att omhänderta icke medtagna risker och ta höjd för osäkerheter i framtiden.

8 Riktlinjer för skyddsåtgärder och markanvändning

Resultatet från utredningen visar att skyddsåtgärder behöver vidtas för att inte utsätta grundvattenmagasinet för försämrad vattenkvalitet vid planerad markanvändning. Föreslagna åtgärder redovisas nedan. De grupperas i tre inriktningar. Riktlinjer för markanvändning baserat på de varierande hydrogeologiska förutsättningarna redovisas avslutningsvis.

Implementering av dessa riktlinjer ombesörjes av kommunen och sker i första hand genom exploateringsavtal, detaljplan och bygglov. Det är viktigt att resurser avsätts för tillkommande arbete för myndigheter.

Beslut om avsteg från skyddsåtgärder kan fattas under exempelvis detaljplaneprocessen eller vid ansökan om bygglov. Vid en sådan ansökan visas att planerad markanvändning och exploatering inte kommer att påverka grundvattenkvaliteten. Det kan visas med en detaljerad beskrivning av markförhållande och beräkningar av föroreningstransport, där resultatet visar att ingen transport sker till grundvattenmagasinet.

8.1 Föreslagna skyddsåtgärder

Styrning

Genom att med administrativa åtgärder styra och övervaka hur entreprenader och verksamheter, bedrivs inom området kan risker minskas. Åtgärder bör minst bestå av:

- Kommunen bör inrätta en speciell projektorganisation som kontrollerar all projektering och byggnation inom området under hela exploateringstiden. Organisationen ansvarar för att projektering följer tekniska skyddsåtgärder, att utförandet blir korrekt utfört och upprättar krav på miljöstyrning av entreprenader. Organisation gör även speciell tillsyn på byggarbetsplatser.
- Styrning av materialval vid projektering.
- Styrning av entreprenörer och verksamhetsutövare för hantering av farliga ämnen - krav på lagring av farliga ämnen, uppställning av fordon, tillåten bränslemängd i fordon, etc.
- Information till verksamhetsutövare och boende om vilka föreskrifter och krav på skydd för grundvatten som finns. Information som även syftar till attitydförändringar - lyfta fram "den hållbara stadsdelen".
- Speciell tillsyn under driftstiden så att föreskrifter och krav följs.
- Utökad tillsyn av tekniska system, som exempelvis ledningar.
- Kontrollprogram för grundvattenkvalitet vid Ulleråker genomförs.
- I dialog med räddningstjänsten upprättas riktlinjer för hur en insats kan genomföras med minimerad risk för grundvattenpåverkan.

Avledning

Om nederbörd, dagvatten och avloppsvatten hindras att infiltrera i mark och transporteras till grundvattenmagasinet skyddas grundvattnet. Med avledning menas att detta vatten hindras från att nå marklager och istället leds bort från området, till ytvattenrecipient eller reningsverk.

- Lösningar för lokalt omhändertagande av dagvatten ska vara täta så att infiltration inte möjliggörs. Däremot ska de utföras med en fördröjande och renande effekt av dagvatten innan det leds vidare.

- Dag- och avloppsvattenledningar görs täta. Exempelvis som helsvetsade plaströr. Frånvaron av skarvar minimerar risk för läckage.
- Hårdgjorda ytor har höga krav på täthet.
- Hårdgjorda ytor ansluter mot huskroppar så att släckvatten inte kan infiltrera i marken.
- Vägområden inklusive diken och eventuella avåkningszoner utförs täta.
- Sekundära transportvägar utförs för att nederbörd/dagvatten ska rinna till ytvattenrecipient vid översvämning och inte infiltrera till mark, nederbördstillfällen med återkomsttid upp till minst 50 år bör omhändertas.

Filtrering

I ett långsiktigt perspektiv är det inte rimligt att alla scenarier av nederbörd kan avledas och omhändertas med sekundära transportvägar. Risk för översvämning kan inte uteslutas. Även vid planerad markanvändning finns risker med diffus spridning av bekämpningsmedel från grönytor.

För ytor som kan komma att översvämmas när inte de sekundära avrinningsvägarna räcker till samt grönytor som kan komma att ogräsbekämpas ställs krav att tillföra ett jordlager med finkornig jord med organiskt innehåll där filtrering och fastläggning av farliga ämnen kan ske.

På mycket lång sikt kan ytmaterialet bli "mättat" och då tappa den filtrerande och renande funktionen. Jordlagret kan behöva bytas ut eller renas och återföras. Kontroll av jordlagret funktion bör ingå i ett kontrollprogram.

8.2 Markanvändning

Analogt med att skyddsåtgärder till viss del inriktas på att hindra att farliga ämnen transporteras till grundvattenmagasinet bör den markanvändning som innebär störst risker förläggas inom de skyddade områdena. Skyddade områden finns längs Dag Hammarskölds väg, väster om vattendelaren och de låglänta lerområdena längs Fyrisån, se Figur 5 nedan.

Det bedöms även möjligt att med åtgärder "flytta" vattendelare så att det skyddade området i väster kan utökas. Område med vattenavledning mot väster kan exempelvis utökas med förändrad höjdsättning, grundvattenbarriärer och täta ytmaterial

I skyddade områden bedöms inte skyddsåtgärder behöva vidtas.

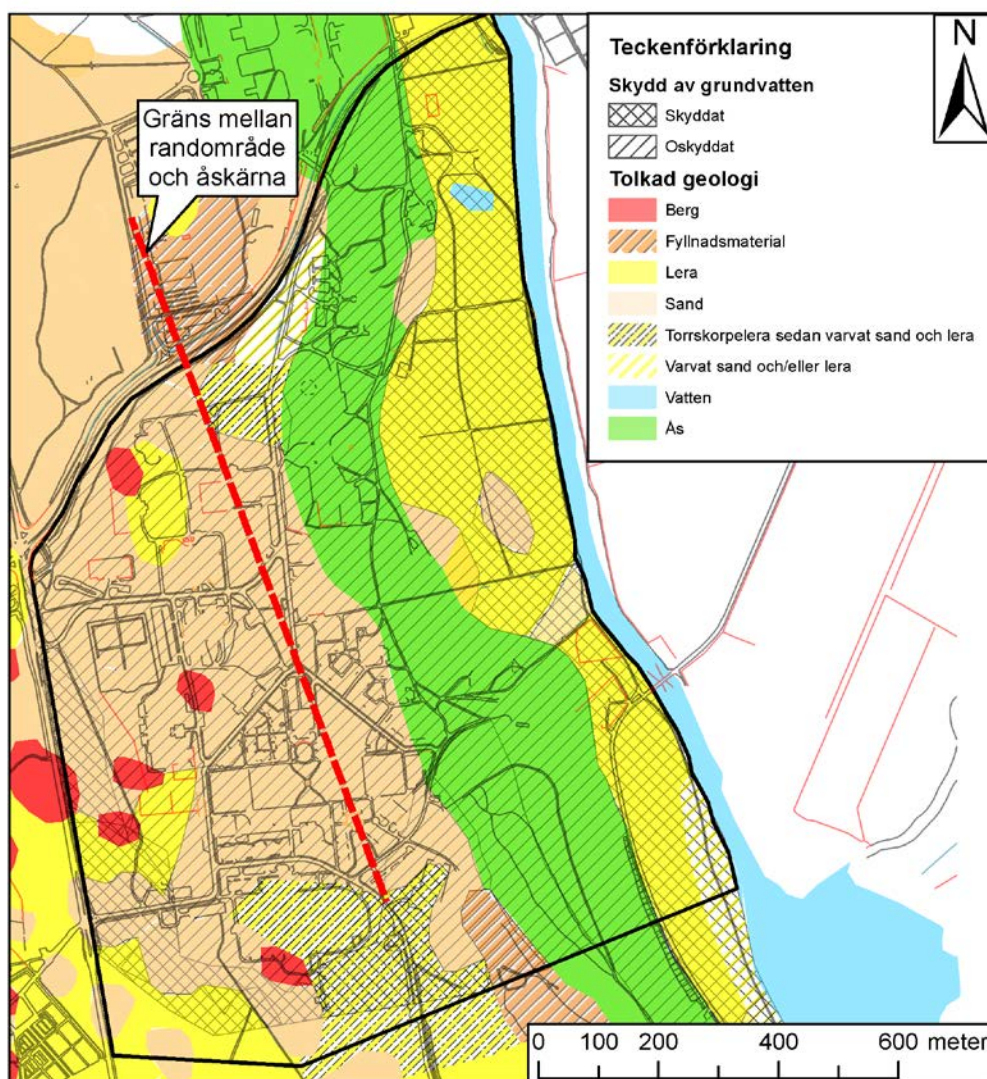
Se Figur 7 för områdesindelning.

Generellt är risker för grundvattnet större för byggnader och verksamheter som genomförs i området med blottad åskärna, på grund av markens relativt höga genomsläpplighet och liten förmåga till fastläggning.

Markanvändning som medför större risker som djup grundläggning, större byggnader, större vägar, parkeringar och parkmark rekommenderas att utföras inom randområdet.

Området med åskärna bör användas till lägre och mindre tät bebyggelse, allmän verksamhet och naturmark.

Förekomst av vägar, parkeringar och ledningar bör minimeras i området med åskärna.



Figur 7. Tolkad geologi och indelning i skyddade och oskyddade områden. Röd linje anger en gräns för åskärna och randområde.

För att minimera uppkomsten av smutsigt dagvatten som kan förorena grundvattnet är det viktigt att ställa höga krav på materialval samt löpande skötsel på anläggningar. Om till exempel gator och parkeringsplatser sopas regelbundet försvinner en del av föroreningarna som annars skulle transporterats vidare med dagvattnet.

8.2.1 Grundläggning

Grundläggning med djupare schakt och penetrerande grundläggningsmetoder som pålning; slagpålning och borrhålar, ökar risken för föroreningsspridning till grundvattenmagasinet. Vid dessa grundläggningsförfaranden kan transportvägen till grundvattnet förkortas, vilket minskar fastläggning och möjlighet till sanering av föroreningar. Djupare och penetrerande grundläggning kan även minska skyddet av tätande lager.

I de ovan beskrivna skyddade områdena i öst och väst bör ej pålning utföras som penetrerar torrare leror som inte tätats mot pålar. Vid risk för läckage längs pålar ska tätning utföras med bentonit eller liknande för att förhindra framtidig föroreningsspridning.

I skyddade områden kan källare anläggas om det förekommer minst tre meter ostörd lera undertill, vilket då fortfarande kan anses ha en skyddande funktion.

Djupare schakt och pålning till berg bör främst ske i randområdet där åsens komplexa jordartsammansättning fungerar som en naturlig barriär för spridning av föroreningar. Det kan dock inte uteslutas att direkttransport kan ske längs med pålarna, varför tätning bör ske för att förhindra eventuell framtida föroreningstransport där leror inte förmår att täta mot pålar (typ torrskopelera).

Där åskärnan återfinns i markytan är det också störst risk för negativ påverkan av grundvattnets beskaffenhet. Grundläggning med pålning eller schakt bör minimeras och omfattande skyddsåtgärder vidtas under byggtiden. Grundläggning med borrhålar där löst material och vätska tillförs under borrhållning, typ Wassaraborrning, får ej utföras.

Källare kan anläggas i de oskyddade områdena förutsatt att tätning sker av grundläggning och konstruktioner, så att takdagvatten, växtnäring för trädgårdsanvändning eller ogräsbekämpningsmedel inte kan tränga ner till grundvattenmagasinet. Vid anläggning av källarplan bör grundvattenytans nivåvariation samt framtida förändring beaktas.

I första hand ska djup grundläggning inte användas i området med blottad åskärna. Djupare grundläggning kan dock användas om det kan visas att krav på transporttider etc kan innehållas och att ingen risk för försämrade grundvattenkvalitet uppkommer.

9 Diskussion och rekommendationer

Resultat från denna riskbedömning har inte tagit höjd för ett antal processer som motverkar föroreningsspridning till mark och minskar risker för förorening. De flesta ämnen som har berörs i denna rapport kan på olika sätt fastläggas och fördröjas under

den transport som sker från markytan ned till det skyddsvärda grundvattenmagasinet. Med detaljerade uträkningar för specifika platser med väl kända detaljer om markförhållanden kan beräkningar göras som visar på mindre risker än här antaget. Vid en mer detaljerad planering som vid detaljplaneprocesser och bygglov kan en sådan beräkning visa på att alternativa utförande av skyddsåtgärder kan vidtas med bibehållet skydd av grundvattnet. Det är i detta sammanhang viktigt att en samlad riskbedömning av hela åsen appliceras på eventuella avsteg från skyddsåtgärder.

Uppsalaåsen är en av Sveriges viktigaste grundvattenreservoarer som förser Uppsala med dricksvatten. Kommunen bör därför ta fram en sammanvägd riskbedömning för hela Uppsalaåsen med en kommunal strategi för markanvändning i syfte att bevara åsen för framtida användning. Resultaten från riskbedömningen visar att det förekommer flera skadehändelser som kan medföra negativ påverkan på grundvattenkvaliteten. Med rätt åtgärder kan samtliga bedömda skadehändelser motverkas och risken vid utvecklingen av Ulleråker kan minskas till liten. Tillsyn, information till verksamhetsutövare, boende i området och entreprenörer, miljövänliga drivmedel och andra petroleumprodukter är viktigt för att åskådliggöra åsens sårbarhet, dess värde och behov av skydd. Men trots skyddsåtgärder och ambitionen att vidmakthålla en god grundvattenkvalitet, kan det inte uteslutas att den försämras. Inte bara på grund av en exploatering av Ulleråker, utan även från ett ökat exploateringsstryck i Uppsala kommun.

Ingen värdering av nuvarande risker jämfört med utbyggt alternativ har gjorts men riskbedömningen visar tydligt att normal användning medför stora risker för försämrade grundvattenkvalitet. Ett med stora försiktighetsmått utbyggt Ulleråker medför sannolikt totalt sett en förbättrad situation för grundvattenmagasinet i framtiden.

Det ovan nämnda helhetsperspektivet bör leda till att pågående och planerade verksamheter som kan påverka grundvattenmagasinet utförs på så sätt att grundvattenmagasinet skyddas. Den totala belastning från verksamheter i anslutning till Uppsalaåsen kan med detta som utgångspunkt därmed totalt komma att minska.

Följande underlag och beräkningar rekommenderas att tas fram för styrning av markanvändning och grundläggning, senast under detaljplanearbetet:

- Mått på transporttid eller avstånd mellan grundläggningsnivå och grundvattennivå i grundvattenmagasinet, vid grundläggning med djupare schakt och källare. Används som krav vid projektering av byggnader.
- Definition av leregenskaper där påning kan utföras utan risk för läckage.
- Framtagande av rekommendationer för tillvägagångssätt vid djup grundläggning.

De föreslagna åtgärderna är översiktligt beskrivna och behöver utvecklas. De processer som ska definiera de administrativa åtgärderna behöver formuleras likväl som framtagandet av tekniska principlösningar för tätning av ytor, ledningar etc. I samband med det görs fortsatta risk- och sårbarhetsanalyser av åtgärderna. Detta arbete har inletts i en parallell utredning och presenteras i rapporten "Åtgärder för skydd av grundvatten i

Ulleråker” daterad 2015-05-28. Rapporten är ett levande dokumentet som kommer fortsätta att utvecklas under hela planeringsprocessen. Genom succesiv fördjupning i ämnet och att åtgärder även fortsättningsvis bedöms med utgångspunkt för risker för grundvattenmagasinet, lever frågeställningen aktivt vidare i utbyggnaden av Ulleråkerområdet.

Avslutningsvis är det viktigt att framhålla att oavsett vilka skyddsåtgärder som vidtas kommer det alltid att finnas en kvarstående risk för påverkan på grundvattenkvalitén. I denna riskanalys har acceptanskriterier valts för en nivå där grundvattenmagasinet ska kunna fungera som grundvattentäkt efter utbyggnad av Ulleråker. Redan i acceptanskriteriet finns det en acceptans att planerad markanvändning kan medföra negativ påverkan på grundvattenkvaliteten, även om det har bedömts som osannolikt.

Resultatet i denna utredning visar inte på att det är riskfritt med en utbyggnad av Ulleråker utan att det är osannolikt att negativ påverkan uppkommer (med vidtagna skyddsåtgärder).

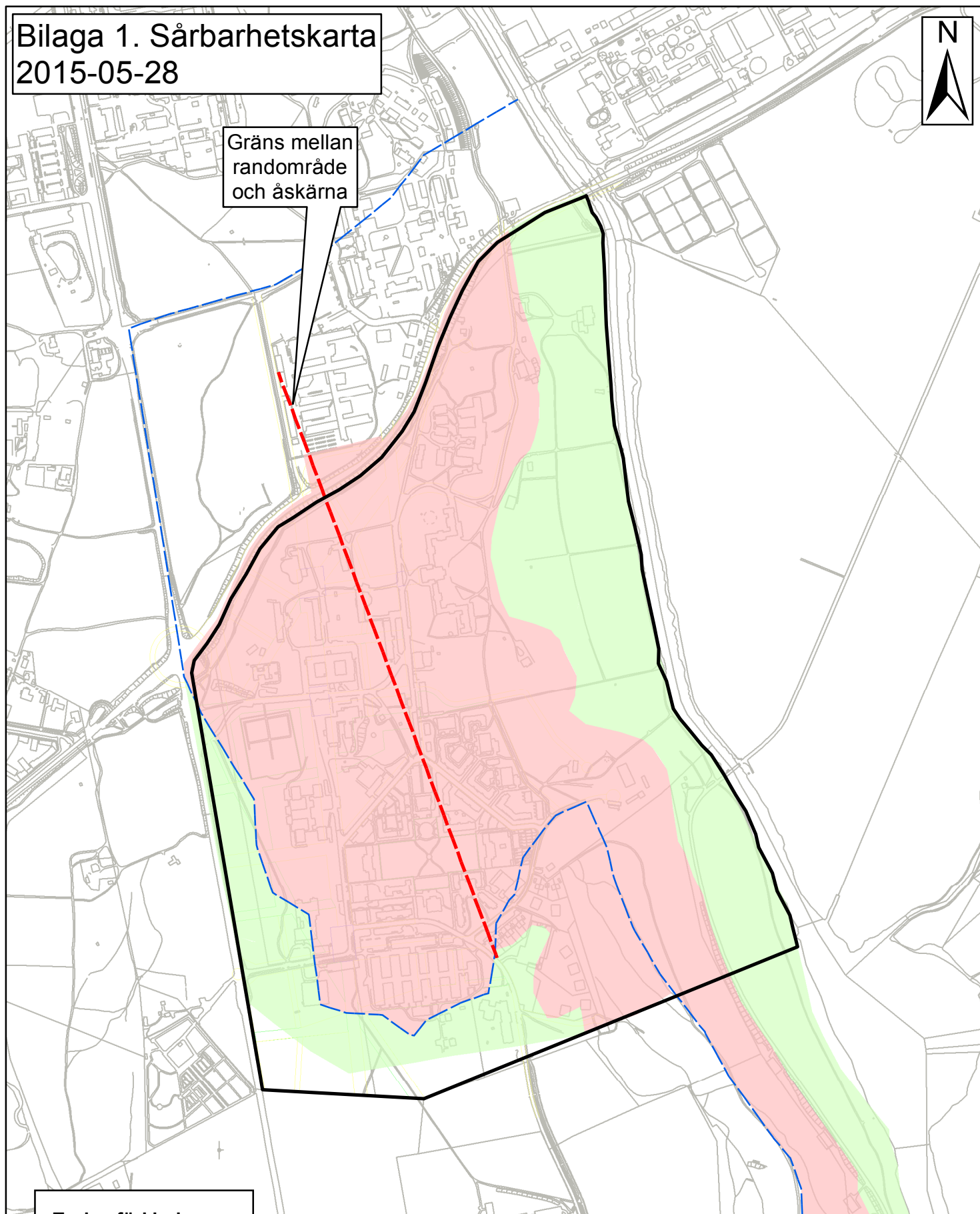
För att säkerställa att ingen påverkan sker och för att kunna vidta ytterligare åtgärder ifall det osannolika inträffar är att upprätthålla ett kontrollprogram för grundvattenkvalitén. Detta kontrollprogram behöver påbörjas i närtid för att erhålla så långa mätserier som möjligt med bakgrundsvärden.

Denna riskanalys bör utvecklas i den fortsatta planeringen av markanvändningen och designen av skyddsåtgärder med att även analysera samverkande effekter av olika risker.

Bilaga 1. Sårbarhetskarta 2015-05-28



Gräns mellan
randområde
och åskärna



Teckenförklaring

— Undersökningsområde

- - - - - Avrinningsområde

Skydd av grundvatten

■ Skyddat

■ Oskyddat

0 125 250 500 meter

SWECO

Uppdragsnummer:
6295073100

ULLERÅKER

UPPSALA KOMMUN
STADSBYGGNADSFÖRVALTNINGEN

Bilaga 2. Hydrogeologisk beskrivning

UPPDRAGSNUMMER 6295073100



2015-05-28

SWECO ENVIRONMENT

Skapad av: Åsa Löv

Granskad av: Joachim Onkenhout

Innehåll

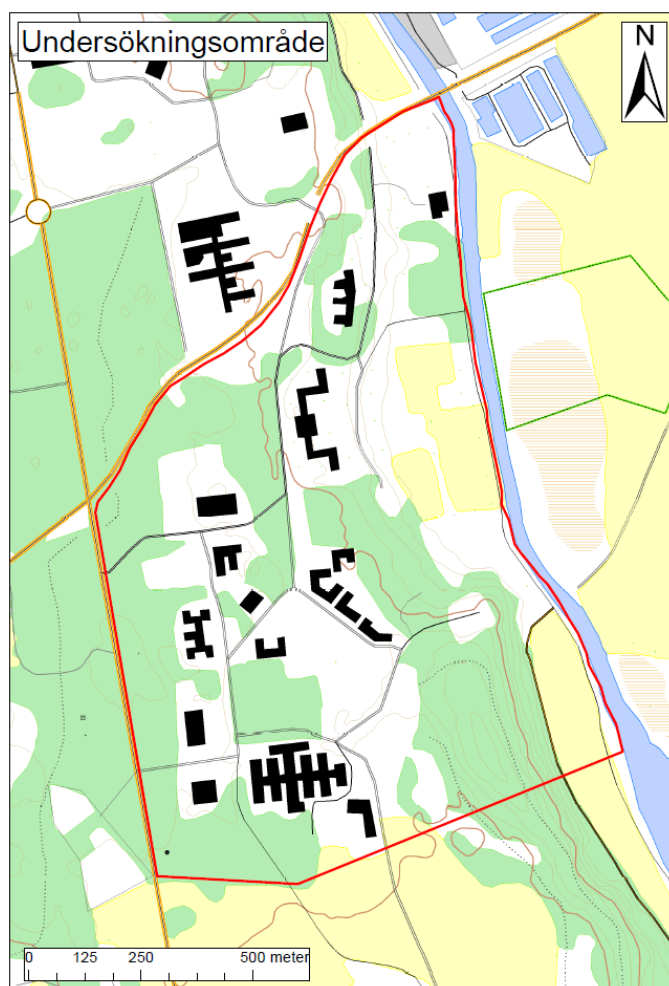
1	Inledning	2
2	Vattenskyddsområde och grundvattentäkter	3
3	Geologi	3
3.1	Jordlagerföljder	3
3.2	Berggrund och bergöveryta	5
4	Geohydrologi och hydrologi	6
4.1	Grundvattennivåer	6
4.2	Avrinningsområde	7
4.3	Grundvattenbildning	7
5	Grundvattenkvalitet	8
6	Aktivitet i åsen idag	9
7	Diskussion och slutsats	9
8	Källor	10
9	Bilagor	11

1 Inledning

Stadsbyggnadsförvaltningen i Uppsala kommun har fått i uppdrag att upprätta ett planprogram för Ulleråker. Syftet med planprogrammet är att möjliggöra en utveckling av området till en ny stadsdel med uppemot 8.000 nya bostäder samt offentlig och kommersiell service.

Området är beläget nära Uppsalaåsen som försörjer Uppsala kommun med dricksvatten. Detta innebär att området som ska exploateras är känsligt och risken för förorening av grundvattnet måste minimeras. Utbredningen av programområdet syns i Figur 1.

I denna rapport kommer den hydrogeologiska situationen och geologin att beskrivas för den planerade stadsdelen Ulleråker. Detta kommer sedan att ligga till underlag för en riskvärdering, där risken för transport av föroreningar till åsen kommer att värderas utifrån geologi, hydrogeologi, hydrologi samt topografi.



Figur 1. Undersökningsområde. Röda linjer representerar ytterkanten av programområdet strukturplanen, vilket bör ses som en ungefärlig avgränsning av planområdet.

2 (12)

ULLERÅKER
6T2015-05-28

BILAGA 2. HYDROGEOLOGISK BESKRIVNING

2 Vattenskyddsområde och grundvattentäkter

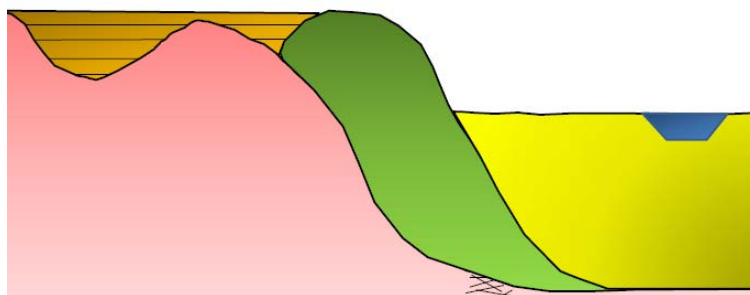
Hela området är placerat i ett yttre vattenskyddsområde, och vissa delar i ett inre vattenskyddsområde, röda linjer i Figur 3. Inom gränserna för vattenskyddsområde gäller vattenskyddsföreskrifter som syftar till att skydda vattentäkten. Detta kan resultera i begränsade möjligheter till exploatering.

3 Geologi

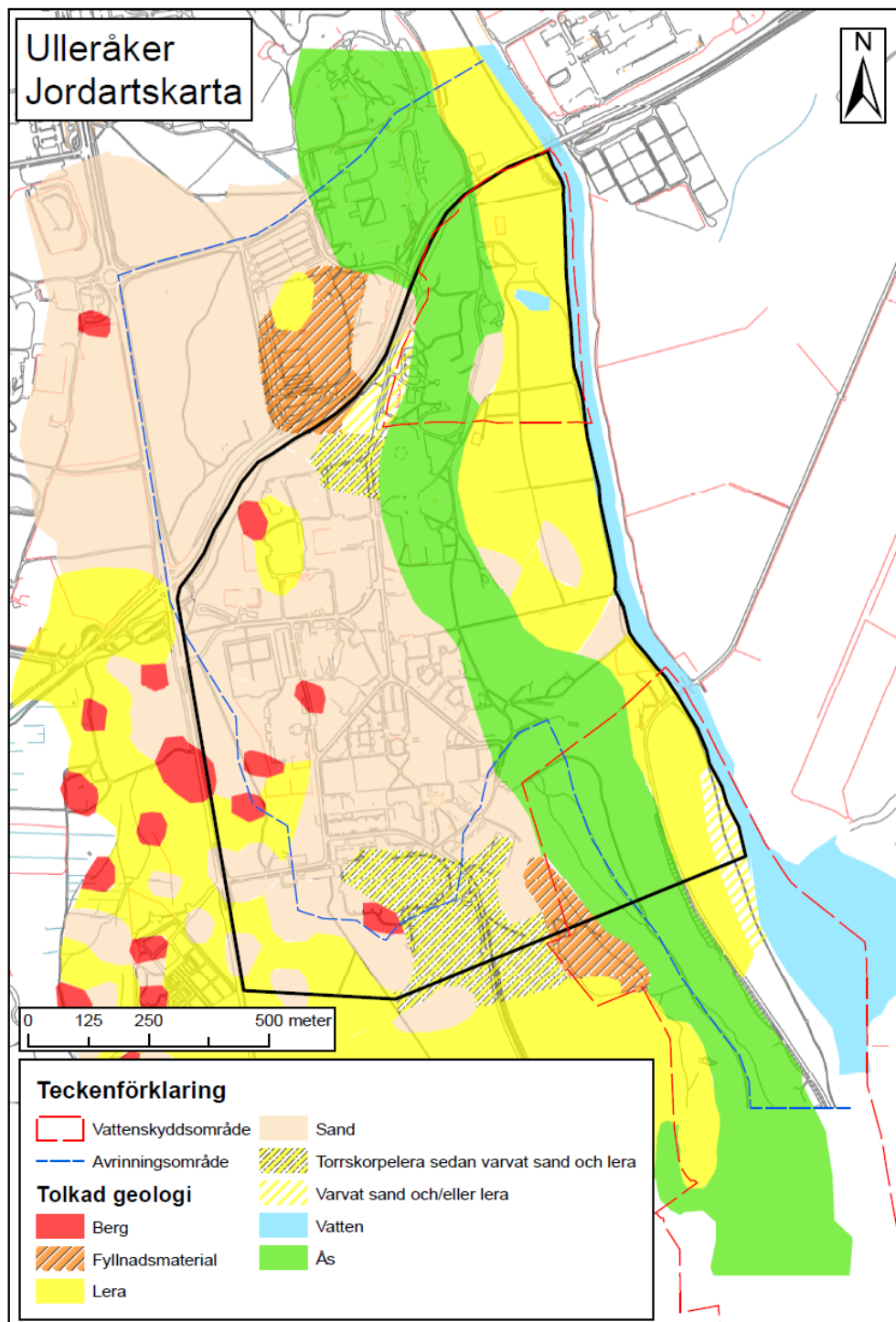
3.1 Jordlagerföljder

Till grund för utvärdering och tolkning av jordlagerföljder ligger SGUs jordartskarta. SGUs karta har modifierats utefter sonderingar utförda av Sweco mellan år 1998 och 2013 samt av sonderingar utförda av WSP år 2014. Den tolkade geologin är visualiserad i Figur 2 och Figur 3. För tolkad jordartskarta med detaljerad information från sonderingar samt namn på sonderingspunkter se Bilaga 1. Benämningen *frikionsmaterial* som används i kartmaterialet är karterat till morän (begreppen morän kommer fortsättningsvis att användas i text), dock har originalbeteckningen valts att användas i kartorna.

Uppsalaåsen sträcker sig igenom Ulleråkerområdet. Åsen är belägen i områdets östra del, direkt väster om Fyrisån. Fyrisån och åsen står ej i kontakt med varandra, då Fyrisån slingrar sig igenom leran. Åsen vilar mot berggrunden och överlagras i öster av mäktiga lerlager. Leran har en mäktighet om 18-23 m (Swecos sonderingar), som ökar öster ut, där mäktigheter uppemot 100 meter påträffats norr om Ulleråker (Lundin, 1988). Leran betraktas inte att bilda torrskorpa då grundvattennivåerna i detta område är så pass höga att detta inte är sannolikt. Väster om åsen hittas i de centrala delarna sandiga jordarter som underlagras av morän. Mäktigheten på sand- och moränlagren varierar mellan 4 - 8 m. I norr och i söder av utredningsområdet påträffas torrskorpelera som underlagras av lera och siltig sand samt fyllnadsmaterial. Dessa torrskorpelera bildas då grundvattenstrycknivåerna i detta område inte är tillräckligt höga för att mätta leran. Sonderingar i väster, utförda av WSP, bekräftar ej bergöverytan. Dock har berg i dagen karterats av SGU strax väster om detta område. Data från SGUs brunnssdatabas (2014a) påvisar att jordlager i detta stråk har en mäktighet om ca 15-17 m, norr och söder om utredningsområdet. Lundin (1988) indikerar en förkastning under åsen.



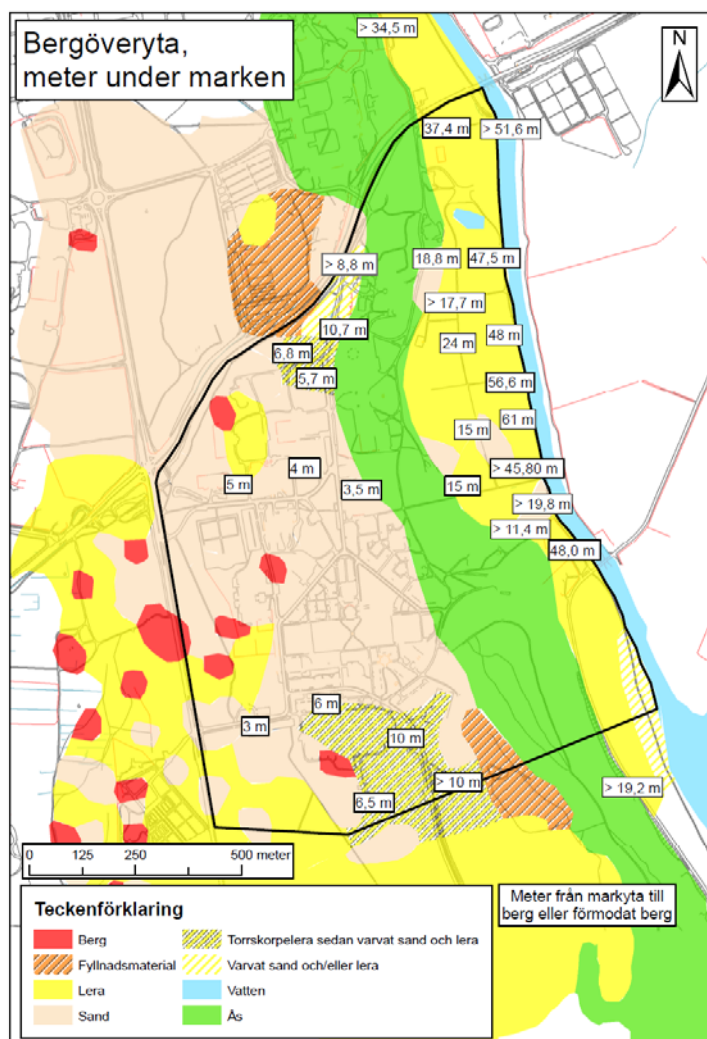
Figur 2. Tvärsektion från väster till öster, detta är en principskiss för området. Figuren är ej skaleenlig. Gul: lera, Grön: Ås, Röd: berggrund, orange: sand och morän, Blå: Fyrisån, svarta streck: förkastning.



Figur 3. Tolkad jordartskarta utifrån SGUs jordartskarta och sonderingar utförda av Sweco och WSP.

3.2 Berggrund och bergövertyta

Seismiska undersökningar har gjorts i tidigare projekt för att kartera bergövertytan under åsen. I dessa områden kan bergövertytan anses vara känd. Sonderingar med bergkontroll har ej utförts i den västra delen av området. Här har bergövertytan tolkats utifrån sonderingar som ej utförts ner till berg; en meter har lagts till som uppskattning av bergövertyta i dessa områden. Som nämnts tidigare styrks denna approximativa nivå även av SGUs brunnsarkiv där bergövertytan är angiven. Ovan nämnd information är sammanställd i Figur 4.



Figur 4. Bergövertyta. I det östra området där sondering ner till berg inte har utförts har nivån angivits med ">", nivån som anges är stopp för sondering men ej mot berg. I öster har inga sonderingar ner till berg utförts, här har en meter lagts till vid stopp av sondering som uppskattning av bergövertytan. Att bergövertytan uppskattas till denna nivå styrks av information från brunnsdatabasen. Övriga siffror är seismik- eller sonderingsdata ner till berg.

Jordlagren är mäktigast i öster och avtar mot väster, se Figur 2 och Figur 4. Hur hög bergklacken som åsen vilar på är ej bestämd och bör undersökas närmare, Figur 2. Lundin (1988) karterade denna klack, i höjd med Kungsängsledsbron, till ca 2 m under markytan. Denna bergsklack kan ha en avgörande roll för grundvattenrörelsen i väster. Bergöverytan i den västra delen av området kan förmodas vara böljande. Detta kan medföra att mindre grundvattenmagasin kan skapas i dalarna, vilket kan komma att påverka grundvattenrörelsen. Beroende på grundvattentryckförhållandena väster om denna klack och nivån på klacken, kan ej uteslutas att klacken fungerar som en grundvattendelare, se avsnitt 4.1 Grundvattennivåer.

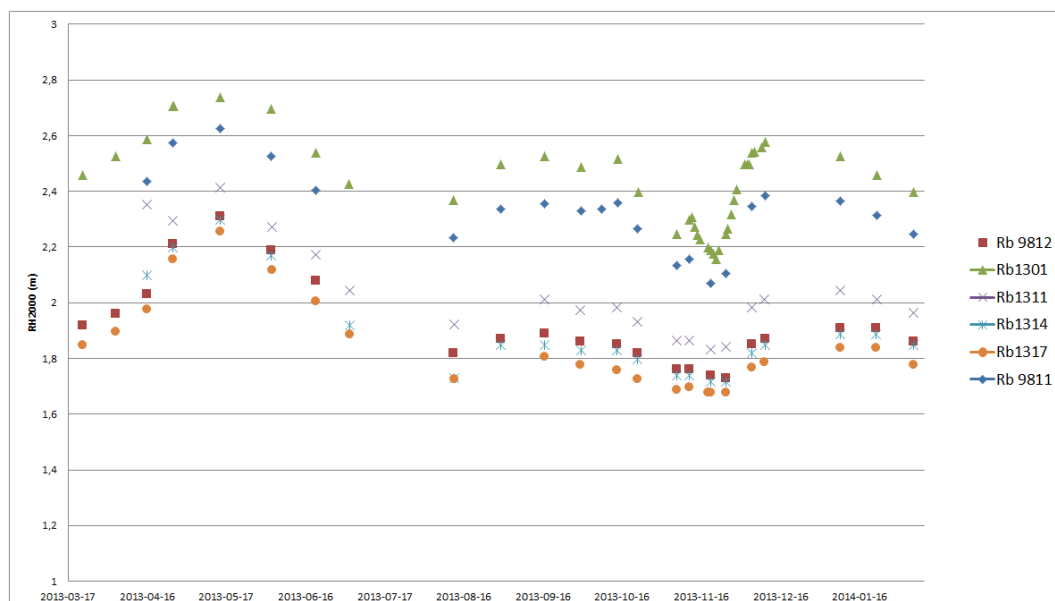
En förkastning finns karterad under åsen (Lundin, 1988). Både Lundin (1988) och SGUs berggrundakarta identifierar även en förkastning öster om Fyrisån.

Berggrunden i detta område består främst av kristallin berggrund (SGU, 2014b) vilket innebär det främst är spricksystemet i berggrunden som är grundvattenbärande.

4 Geohydrologi och hydrologi

4.1 Grundvattennivåer

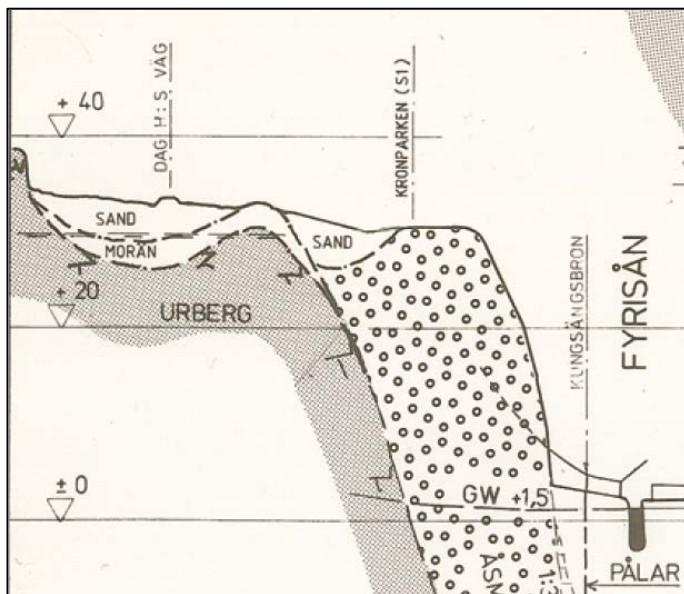
Grundvattennivåer för området finns endast uppmätta i Uppsalaåsen, se Figur 5. I figuren presenteras grundvattennivåmätningar under 11 månader, placering för observationspunkterna syns i Bilaga 1. Grundvattenriktningen i åsen är söder ut. Nivåerna i enskilda rör fluktuerar ca 0,5 m.



Figur 5. Grundvattennivåer i Åsen i Ulleråkerområdet.

Lundin (1988) indikerar att grundvattennivån väster om bergsklacken har en lägre nivå än bergsklacken, se Figur 6 (figuren visar en tvärsnitt i höjd med Kungsängsbron). Detta innebär att bergsklacken agerar som grundvattendelare, vilket innebär att den

grundvattenbildning som sker här inte direkt kommer att bidra till åsens grundvattenbildning. Ytterligare undersökningar, som mätning av grundvattennivåer, i detta område behövs för att få mer information om grundvattenströmningen från de västra delarna.



Figur 6. Urklipp från tvärsektion från Lundin (1988).

4.2 Avrinningsområde

Avrinningsområdet har utvärderats utifrån topografin i området, där infrastruktur även har haft en inverkan på gränsdragningen, se Figur 3 för avrinningsområdets utbredning. Vattendelaren strax öster om Dag Hammarskjölds väg karterades även i fält.

Områdets lägsta punkt hittas intill Fyrisån. Fyrisån är även recipienten för ytavrinningen, framförallt för den nederbörd som faller på leran väster om ån. Åsen når en maxhöjd om ca + 30 m (RH2000) i norra delen av undersökningsområdet och om ca +40 m i södra delen av undersökningsområdet. Landskapet väster om åsen lutar i riktning mot åsen, vilket innebär att åsen som har stor infiltrationskapacitet kommer att agera som recipient för detta område. Avrinningsområdet avgränsas i väster av de högst belägna punkterna strax öster om Dag Hammarskjölds väg som i den norra delen av avrinningsområdet når en höjd om ca + 32 m och i söder ca + 35 m.

Enligt beräkningar nedan i avsnitt 4.3 Grundvattenbildning är den totala arean för avrinningsområdet ca 1,5 km² varav ca 0,4 km² av ytan rinner av mot Fyrisån och ca 1,1 km² rinner av mot åsen.

4.3 Grundvattenbildning

Grundvattenbildningen för avrinningsområdet har beräknats utifrån storleken på arean för olika jordarter. Till grund ligger Rodhe et al. (2006) där följande koefficienter för grund-

vattenbildning har angivits beroende på jordart; Grov: 220-300 mm/år; Morän: 150-225mm/år; Fint: 150-225 mm/år.

Koefficienterna för grundvattenbildningen baseras på nederbördsdata och temperatur, från detta utfördes landsomfattande beräkningar av grundvattenbildning för tre olika jordtyper. Faktorerna är således ej plats specifika och en felmarginal bör tas i aktning (Rodhe et al. 2006). Dock kan värdena beräknade för detta område användas för att jämföra grundvattenbildning före och efter drift.

Utifrån kartmaterial har estimerats att skillnaden på arean på bebyggda områden före och efter konstruktion antas vara liten. Dock kommer dagvattenhanteringen efter konstruktion vara mer omfattande. För beräkning av grundvattenbildningen i dagsläget antas att 50 % av det vatten som skulle ha bidragit till grundvattenbildningen för ett visst område tas upp av dagvattensystemet för bebyggda områden. Mängden vatten som bidrar till grundvattenbildningen idag för dessa områden styrs i övrigt av underliggande jordart. Då området är färdigställt antas att 100 % av det vatten som faller på hårdgjord yta leds till dagvattensystemet.

Resultatet påvisar att grundvattenbildningen idag är ca 217 000 m³/år, och att efter konstruktion kommer grundvattenbildningen minska till ca 150 000 m³/år.

Tabell 1. Grundvattenbildning

	m ²	gv - bildning (mm)	gv - bildning (m)	m ³ /år	ca area bebyggt idag (m ²)	Antag 50% hårdgjort, ingen gv bildning (m ²)	gv -bildning idag (m ³)	gv bildning efter konstruktion (m ³)
Område öster om åsen, främst lera	360 000	0	0,0	0	168 000	0	0	0
Ås	384 000	300	0,3	115200	161 000	80 500	91 050	66 900
Sand	555 000	250	0,3	138750	304 600	152 300	100 675	62 600
Torrskårpa	42 000	200	0,2	8400	31 000	15 500	5 300	2 200
Varvat	17 000	180	0,2	3060	12 000	6 000	1 980	900
Lera	36 000	150	0,2	5400	29 000	14 500	3 225	1 050
Fyllnads-material	55 000	200	0,2	11000	3 500	1 750	10 650	10 300
Berg (sand)	14 700	250	0,3	3675	0	0	3 675	3 675
Berg (lera)	1 370	150	0,2	205,5	0	0	206	206
TOTALT (m)	1 465 070			285 691	541 100	270 550	216 761	147 831

5 Grundvattenkvalitet

VISS (Vatteninformationssystem Sverige) redovisar att Uppsalaåsen 2014 har *otillfredsställande kemisk status* samt *god kvantitativ status*. De rapporterar att miljöproblemen inkluderar bekämpningsmedel, miljögifter och näringsämnen och att källorna är punktkällor i förorenade områden samt att det finns diffusa källor som anges bestå av transport och infrastruktur. De nämner även att kemisk status ej kommer att uppnås till 2015 eller

8 (12)

ULLERÅKER
6T2015-05-28

BILAGA 2. HYDROGEOLOGISK BESKRIVNING

2021, dock prognostiseras att kvantitativ status kommer att uppnås 2015 och 2021 (VISS, 2014). Höga halter perfluorohexansulfonat (PFHxS) och perfluorooktan-sulfonat (PFOS) har uppmätts i kranvattnet i Sunnersta och i viss mån i centrala Uppsala (Glynn, 2012), det var dock var det brunnarna i Stadsträdgården som pumpade upp detta vatten (Winnfors Wannberg, 2014).

6 Aktivitet i åsen idag

Uppsala kommuns dricksvattenförsörjning är beroende av Uppsalaåsen, ingen reservvattentäkt finns. Den naturliga grundvattenbildningen är otillräcklig och stora mängder vatten infiltreras i åsen för att upprätthålla vattenbalansen. Medelvärdet för uttag av grundvatten per år mellan 2008-2011 var ca 48 000 m³/dygn, och medelvärdet för infiltration per år för samma tidsintervall var ca 20 000 m³/dygn.

7 Diskussion och slutsats

Grundvattenrörelsen i området är i riktning mot öster mot Uppsala åsen. Den överlagrande jordarten i det aktuella området är främst sand vilket inte är ett tätande lager och därmed sker infiltration vertikalt ner till grundvattenmagasinet och vidare till åsen. Det förekommer tätare jordar men dessa är vare sig särskilt mäktiga eller har större utbredning. Dessutom medför markens lutning att avrinning sker mot åsen. Dessa tätare jordar bidrar till ett kortsiktigt skydd genom en viss fördröjning och fastläggning vid föroreningstransport men av försiktighets skull klassas ändå hela området som oskyddat (se Rapport Riskanalys Grundvattenskydd Bilaga 1 Sårbarhetskarta daterad 2015-05-28).

Åsen öster om åskronet och den blottade åskärnan är till stor del överlagrad av mäktiga lerlager och här är infiltrationen obetydlig.

I riskanalysen antas att i hela det område som ligger väster om bergklacken, och benämns randområdet, sker grundvattenströmningen mot åsen. I det fall bergsklacken som åsen vilar på är en grundvattendelare och avrinningen delvis sker från åsen medför det en mindre risk för grundvattenkvaliteten i åsen. Detta undersöks inte närmare i denna utredning men rekommenderas att utföras i kommande mer detaljerade utrednings- och projekteringskedan.

8 Källor

Glynn, A. 2012. Perfluorerade alkylsyror (PFAA) i Uppsalas dricksvatten. Livsmedelsverket, Risk- och nyttovärderingsavdelningen. dnr 1192/2012.

Lundin, 1988. Ingenjörsgelogisk karta över Uppsala : Engineering geological map of city of Uppsala. Licenciatavhandling. Kvartärgeologiska avdelningen, Uppsala universitet, sidor: 154.

Rohde, A., Lindström, G., Rosberg, J., Pers, C. 2006. Grundvattenbildning i svenska typjordar – en översiktlig beräkning med en vattenbalansmodell. Uppsala universitet, Report Series A, no 66.

SGU, 2014a. Brunnsdatabasen. Data hämtat 2014-11-11

SGU, 2014b. Berggrundskarta, kartgeneratorn. Data hämtat 2014-11-11.

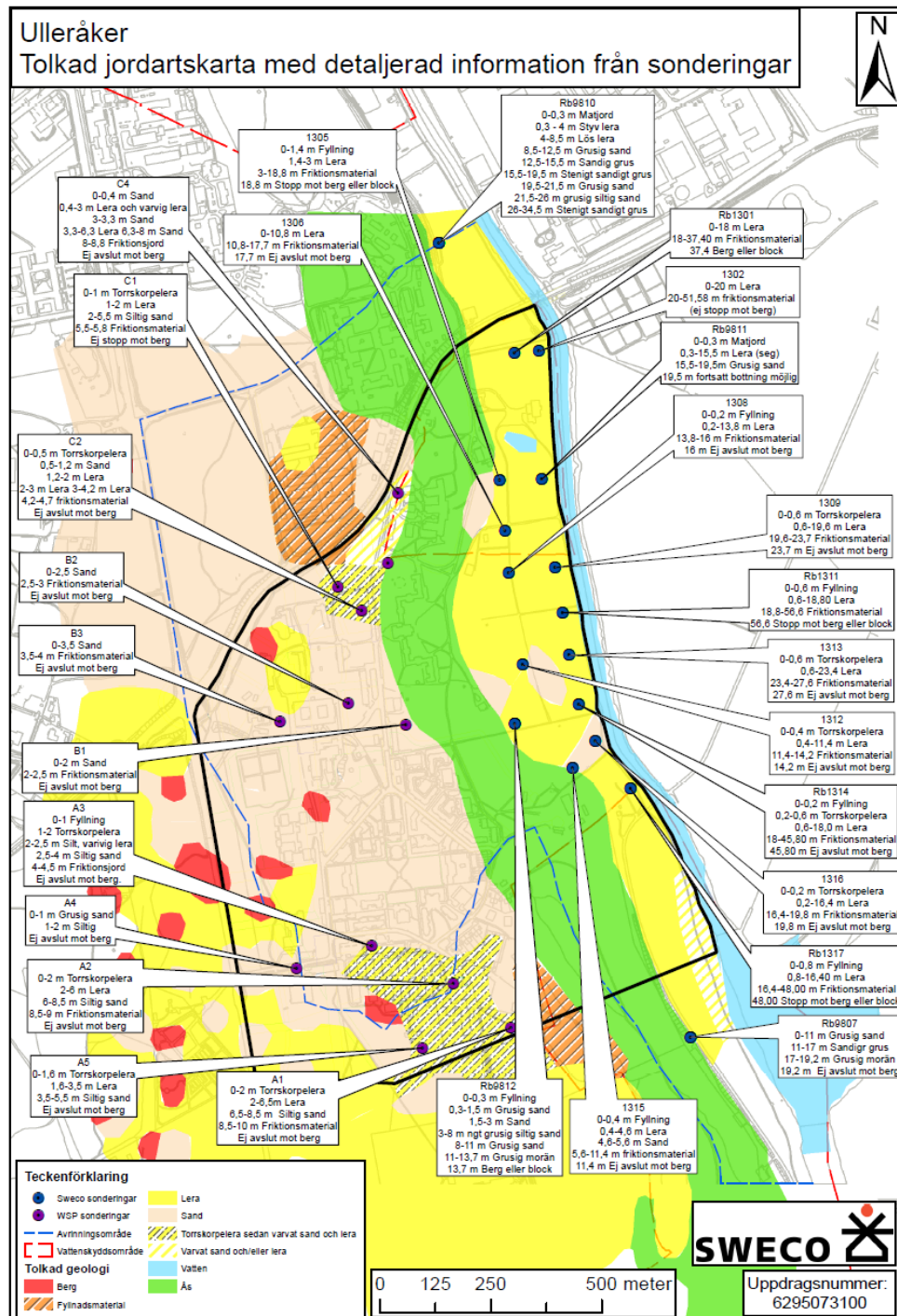
SGU, Jordartskarta.

VISS, 2014. Information hämtat 2014-10-28.

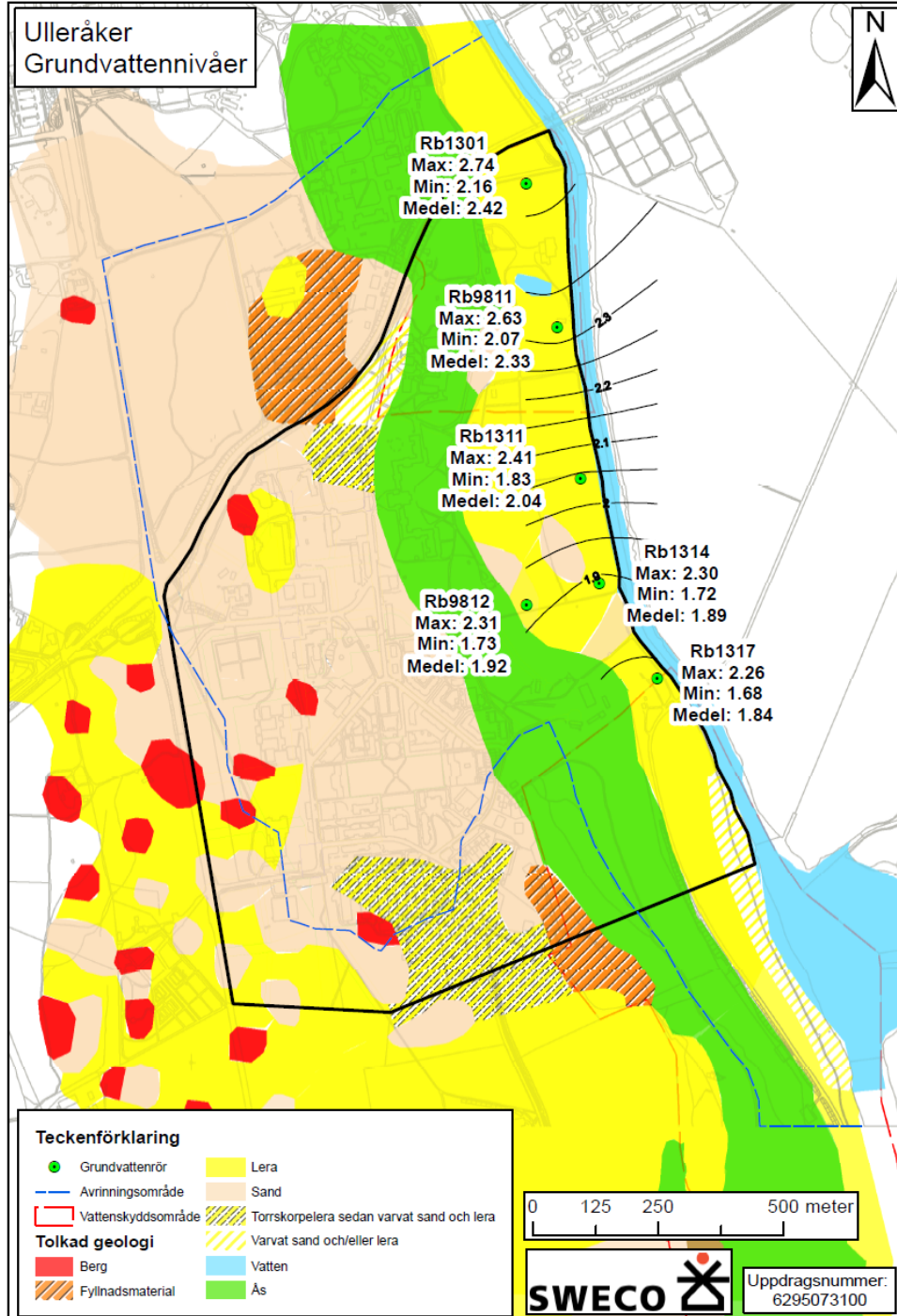
Winnfors Wannberg, E. 2014. Hanterar PFAS-problem långsiktigt. Cirkulation, nr 8. Sid. 12-16.

9 Bilagor

Bilaga 1.



Bilaga 2. Grundvattennivåer



12 (12)

ULLERÅKER
6T2015-05-28

BILAGA 2. HYDROGEOLOGISK BESKRIVNING

Utförd riskanalys för: Bebyggelse

Risk 1: Uppskattade risker utan att motverkande åtgärder genomförs.

Risk 2: Uppskattade risker efter att motverkande åtgärder vidtagits.

Definitioner: **S**= Sannolikhet för skadehändelse efter fyrgradig skala, **K**= Konsekvens av skadehändelsen efter fyrgradig skala och **R**= Resultat utifrån riskmatris

Skadehändelse	Kan risk uppstå inom följande typområde:		Förutsättningar för angiven skadehändelse	Risk 1						Motverkande åtgärder	Risk 2					
	A) Åskärna	B) Rand		A) Åskärna			B) Rand				A) Åskärna			B) Rand		
				S	K	R	S	K	R		S	K	R	S	K	R
UNDER BYGGESKEDE																
Läckage/spill av drivmedel från arbetsfordon	Ja	Ja		4	2	8	4	2	8	Tydlig och konsekvent miljöstyrning av E. Hög beredskap för sanering. Användning av 100 % biodiesel mm. Drivmedelspåfyllning och service endast på täta ytor med uppsamlingsmöjlighet för vätskor.	3	1	3	3	1	3
Olycka med arbetsfordon. Utsläpp av drivmedel.	Ja	Ja		3	2	6	3	2	6	Tydlig och konsekvent miljöstyrning av E. Hög beredskap för sanering. Användning av 100 % biodiesel mm.	2	1	2	2	1	2
Olycka med personbil. Utsläpp av drivmedel.	Ja	Ja		3	2	6	3	2	6	Tydlig och konsekvent miljöstyrning av E. Hög beredskap för sanering. Begränsa trafik till täta ytor i möjligaste mån.	2	1	2	2	1	2
Utsläpp av drivmedel vid djup schakt, ovan grundvattennivån.	Ja	Ja		3	2	6	3	2	6	Tydlig och konsekvent miljöstyrning av E. Hög beredskap för sanering. Användning av 100 % biodiesel mm.	2	1	2	2	1	2
Utsläpp av drivmedel vid schakt under grundvattennivån.	Nej	Ja					2	2	4	Tydlig och konsekvent miljöstyrning av E. Länshållnig med uppsamling av ev utsläpp. Användning av 100 % biodiesel mm.	2	1	2	2	1	2
Transport av förorening längs pålar vid pålning.	Ja	Ja		2	2	4	2	2	4	Tydlig och konsekvent miljöstyrning av E. Hög beredskap för sanering. Användning av 100 % biodiesel mm.	2	1	2	2	1	2
Brand i förvaringsplats på arbetsplats	Ja	Ja		2	2	4	2	2	4	Tillåt att endast små mängder förvaras. Förvaring på täta ytor där uppsamling av släckvätska kan ske.	2	1	2	2	1	2

Skadehändelse	Kan risk uppstå inom följande typområde		Förutsättningar för angiven skadehändelse	Risk 1						Motverkande åtgärder	Risk 2					
	A) Åskärna	B) Rand		A) Åskärna			B) Rand				A) Åskärna			B) Rand		
				S	K	R	S	K	R		S	K	R	S	K	R
EFTER 50 ÅR I DRIFT																
Infiltration av takdagvatten	Ja	Ja	System med infiltration	4	3	12	4	2	8	Bortledning av takdagvatten i ledning	1	2	2	1	2	2
Infiltration av övrigt dagvatten	Ja	Ja	System med infiltration	4	3	12	4	2	8	Bortledning av dagvatten i ledning	1	2	2	1	2	2
Bostadsbrand	Ja	Ja	Större brand	4	2	8	4	2	8	Hårdgjorda ytor mot husgrunder. Uppsamling av släckvätska i avlopp, dagvattensystem. Krav på utförande så brand inte sprids	4	1	4	4	1	4
Olycka med fordon	Ja	Ja		4	2	8	4	2	8	Uppsamling av dagvatten från trafikerade ytor. Hög beredskap för sanering. Låga hastigheter.	4	1	4	4	1	4
Brand av fordon	Ja	Ja		4	2	8	4	2	8	Uppsamling av dagvatten från trafikerade ytor. Hög beredskap för sanering.	4	1	4	4	1	4
Ogräsbekämpning	Ja	Ja	Med bekämpningsmedel	4	3	12	4	3	12	Speciell tillsyn av verksamhetsutövare. Information till boende/verksamhetsutövare. Liten andel grönytor.	3	2	6	3	2	6

Utförd riskanalys för: VA

Risk 1: Uppskattade risker utan att motverkande åtgärder genomförs.

Risk 2: Uppskattade risker efter att motverkande åtgärder vidtagits.

Definitioner: **S**= Sannolikhet för skadehändelse efter fyrgradig skala, **K**= Konsekvens av skadehändelsen efter fyrgradig skala och **R**= Resultat utifrån riskmatris

Skadehändelse	Kan risk uppstå inom följande typområde		Förutsättningar för angiven skadehändelse	Risk 1						Motverkande åtgärder	Risk 2					
	A) Åskärna	B) Rand		A) Åskärna			B) Rand				A) Åskärna			B) Rand		
				S	K	R	S	K	R		S	K	R	S	K	R
UNDER BYGGSCHEDE																
Utsläpp av drivmedel vid djup schakt för ledning, ovan grundvattennivån.	Ja	Ja		3	2	6	3	2	6	Tydlig och konsekvent miljöstyrning av E. Hög beredskap för sanering. Användning av 100 % biodiesel mm.	2	1	2	2	1	2
Utsläpp av drivmedel vid schakt för ledning under grundvattennivån.	Nej	Ja					2	2	4	Tydlig och konsekvent miljöstyrning av E. Länshållnig med uppsamling av ev utsläpp. Användning av 100 % biodiesel mm.	2	1	2	2	1	2
EFTER 50 ÅR I DRIFT																
Läckage från avloppsledning	Ja	Ja	Normala system med skarvade ledningar	4	2	8	4	2	8	Täta ledningar, tex helsvetsade plastledningar. Krav på täta underhållsintervall.	1	2	2	1	2	2
Läckage från dagvattenledning	Ja	Ja	Normala system med skarvade ledningar	4	3	12	4	2	8	Täta ledningar, tex helsvetsade plastledningar. Krav på täta underhållsintervall.	1	2	2	1	2	2

Utförd riskanalys för: Väg

Risk 1: Uppskattade risker utan att motverkande åtgärder genomförs.

Risk 2: Uppskattade risker efter att motverkande åtgärder vidtagits.

Definitioner: **S**= Sannolikhet för skadehändelse efter fyrgradig skala, **K**= Konsekvens av skadehändelsen efter fyrgradig skala och **R**= Resultat utifrån riskmatris

Skadehändelse	Kan risk uppstå inom följande typområde		Förutsättningar för angiven skadehändelse	Risk 1						Motverkande åtgärder	Risk 2					
	A) Åskärna	B) Rand		A) Åskärna			B) Rand				A) Åskärna			B) Rand		
				S	K	R	S	K	R		S	K	R	S	K	R
UNDER BYGGSEKED																
Spridning av PAH vid beläggningsarbeten	Ja	Ja		4	1	4	4	1	4							
Läckage/spill av drivmedel från arbetsfordon	Ja	Ja		3	2	6	3	2	6	Tydlig och konsekvent miljöstyrning av E. Hög beredskap för sanering. Användning av 100 % biodiesel mm. Drivmedelspåfyllning och service enadst på täta ytor med uppsamlingsmöjlighet för vätskor.	2	1	2	2	1	2
Olycka med arbetsfordon. Utsläpp av drivmedel.	Ja	Ja		2	2	4	2	2	4	Tydlig och konsekvent miljöstyrning av E. Hög beredskap för sanering. Användning av 100 % biodiesel mm.	2	1	2	2	1	2
DRIFT (50 år)																
Olycka med personbil. Utsläpp av drivmedel.	Ja	Ja		4	2	8	4	2	8	Uppsamling av vägdagvatten, tätade vägbanor och diken. Hög beredskap för sanering. Låga hastigheter.	4	1	4	4	1	4
Olycka med tung fordon. Utsläpp av drivmedel.	Ja	Ja		4	2	8	4	2	8	Uppsamling av vägdagvatten, tätade vägbanor och diken. Hög beredskap för sanering. Låga hastigheter.	4	1	4	4	1	4
Olycka med avfallstransport. Utsläpp av slam.	Ja	Ja		3	2	6	3	2	6	Uppsamling av vägdagvatten, tätade vägbanor och diken. Hög beredskap för sanering. Låga hastigheter.	3	1	3	3	1	3
Spridning av PAH vid beläggningsarbeten	Ja	Ja		3	1	3	3	1	3							
Spridning av salt vid halkbekämpning	Ja	Ja		4	2	8	4	2	8	Uppsamling av vägdagvatten, tätade vägbanor och diken.	4	1	4	4	1	4

Utförd riskanalys för: Parkmark för allmän användning

Risk 1: Uppskattade risker utan att motverkande åtgärder genomförs.

Risk 2: Uppskattade risker efter att motverkande åtgärder vidtagits.

Definitioner: **S**= Sannolikhet för skadehändelse efter fyrgradig skala, **K**= Konsekvens av skadehändelsen efter fyrgradig skala och **R**= Resultat utifrån riskmatris

Skadehändelse	Kan risk uppstå inom följande typområde:		Förutsättningar för angiven skadehändelse	Risk 1						Motverkande åtgärder	Risk 2					
	A) Åskärna	B) Rand		A) Åskärna			B) Rand				A) Åskärna			B) Rand		
				S	K	R	S	K	R		S	K	R	S	K	R
UNDER BYGGSCHEDE																
Läckage/spill av drivmedel från arbetsfordon	Ja	Ja		4	2	8	4	2	8	Tydlig och konsekvent miljöstyrning av E. Hög beredskap för sanering. Användning av 100 % biodiesel mm. Drivmedelspåfyllning och service endast på täta ytor med uppsamlingsmöjlighet för vätskor.	3	1	3	3	1	3
Olycka med arbetsfordon. Utsläpp av drivmedel.	Ja	Ja		3	2	6	3	2	6	Tydlig och konsekvent miljöstyrning av E. Hög beredskap för sanering. Användning av 100 % biodiesel mm.	2	1	2	2	1	2
DRIFT (50 år)																
Spridning av näringsämnen	Ja	Ja		4	1	4	4	1	4							
Ogräsbekämpning	Ja	Ja	Förutsätter regelmässigt otillåten användning av bekämpningsmedel	4	3	12	4	3	12	Speciell tillsyn och information till verksamhetsutövare.	1	3	3	1	3	3

Utförd riskanalys för: Översvämning

Risk 1: Uppskattade risker utan att motverkande åtgärder genomförs.

Risk 2: Uppskattade risker efter att motverkande åtgärder vidtagits.

Definitioner: **S**= Sannolikhet för skadehändelse efter fyrgradig skala, **K**= Konsekvens av skadehändelsen efter fyrgradig skala och **R**= Resultat utifrån riskmatris

Skadehändelse	Kan risk uppstå inom följande typområde		Förutsättning för angiven skadehändelse	Risk 1						Motverkande åtgärder	Kommentarer Risk 1	Risk 2					
	A) Åskärna	B) Rand		A) Åskärna			B) Rand					A) Åskärna			B) Rand		
				S	K	R	S	K	R			S	K	R	S	K	R
LANGT TIDSFORLOPP, >50 år																	
Översvämning, hela nederbördsmängden när grundvattenmagasinet med antagna medelhalter av föroreningar	Ja	Ja		4	1	4	4	1	4		Halter i grundvattenmagasin är under angivna kriterier för att vända trend, SGU FS 2013:2 bil 1.						
Översvämning, hela nederbördsmängden när grundvattenmagasinet med antagande av högre föroreningshalter, mostvarande first-flush	Ja	Ja		4	1	4	4	1	4		Halter i grundvattenmagasin är under angivna kriterier för att vända trend, SGU FS 2013:2 bil 1.						

Innehåll

1. Syfte	3
2. Konceptuell modell	3
3. Modell och modellverktyget.....	5
4. Resultat	6
4.1. Utspädning	9
4.2. Transport i åskärnan	10
5. Slutsats.....	10
6. Referenser.....	11

2 (11)

ULLERÅKER

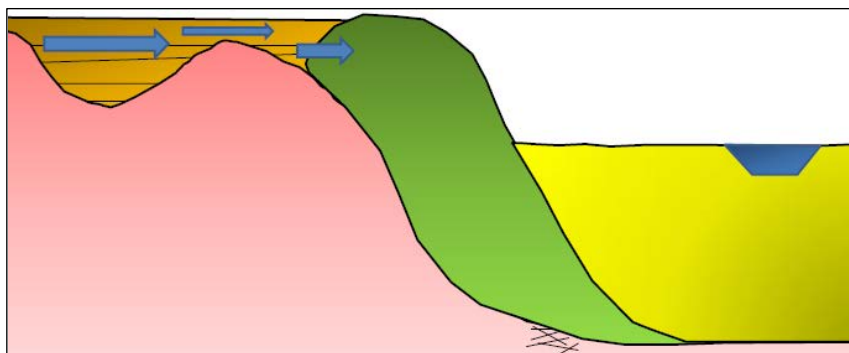
2015-05-28

1. Syfte

Denna PM är ett komplement till konsekvensbeskrivningen i rapporten Riskanalys grundvattenskydd daterad 2015-05-28. Syftet är att med transportmodellering av föroreningar belysa konsekvenser för vattenkvaliteten i grundvattenmagasinet vid Ulleråker.

2. Konceptuell modell

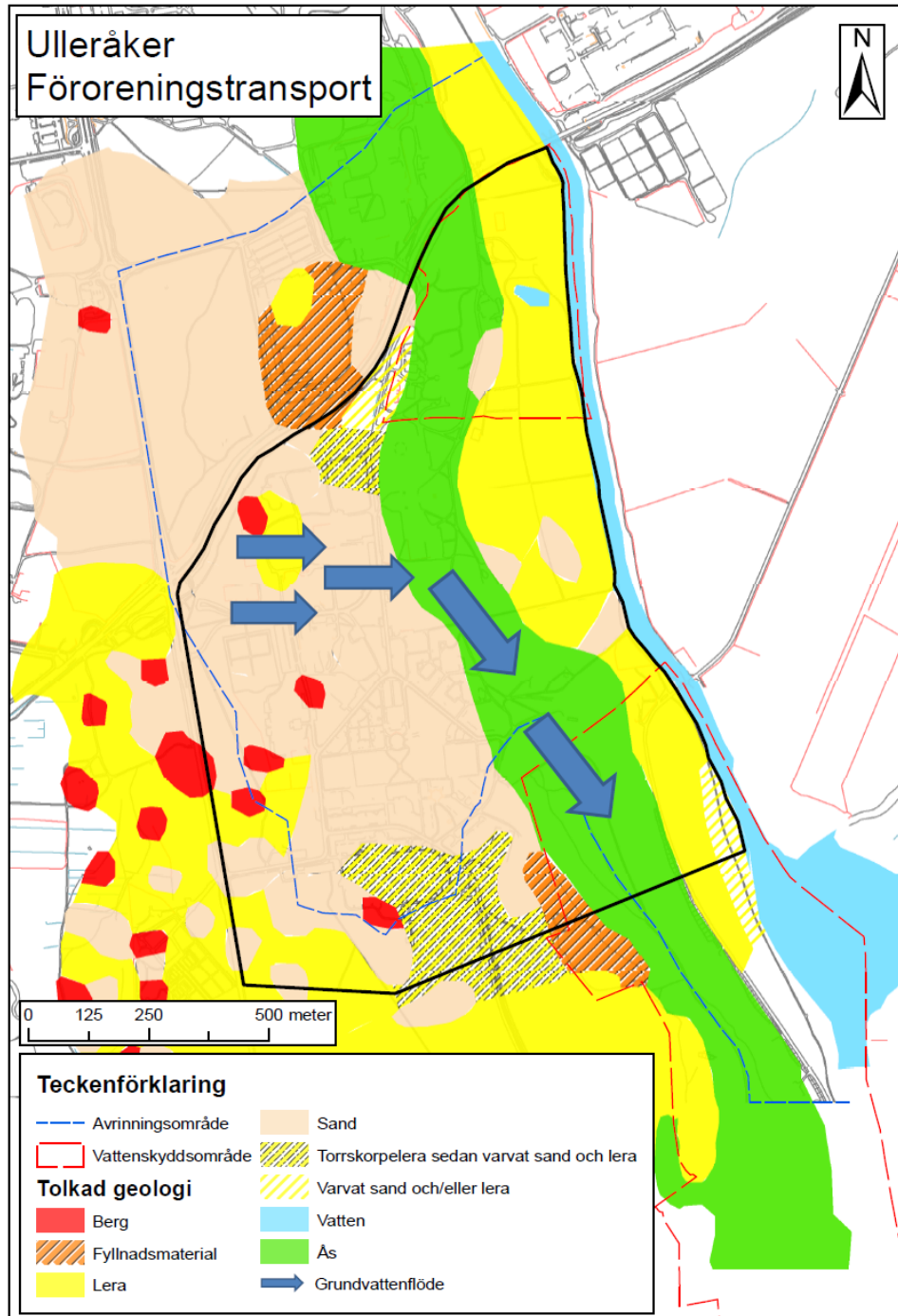
Grundvattenrörelsen i området är i riktning mot öster mot Uppsalaåsen (Figur 1 och Figur 2). Den dominerande jordarten i det aktuella området är främst sand vilket är ett material med hög hydraulisk konduktivitet som främjar ämnestransport. I modellen antas att C_0 (koncentrationen i källtermen) är koncentrationen i grundvattenzonen och koncentrationen den omåttade zonen har ej beaktats. Åsens östra del är till stor del överlagrad av mäktiga lerlager och här är infiltrationen obetydlig.



Figur 1. Tvärsektion från väster till öster, detta är en principskiss för området. Figuren är ej skaleenlig. Gul: lera, Grön: Ås, Röd: berggrund, orange: sand och morän, Blå: Fyrisån, svarta streck: förkastning.

Denna konceptuella modell har satts upp som ett "Worst case"-scenario för transportväg av förorening till Uppsalaåsens grundvattenmagasin. Resultatet från modellen kommenteras under rubriken *Slutsats* med avseende på resultatet från geologiska och hydrogeologiska undersökningar.

I denna konceptuella transportmodell där "worst case"-scenario simuleras har antagits att transporten sker homogent horisontellt genom det aktuella området fram till och ut till åsen. Grundvattengradienten i randområdet har antagits vara samma som gradienten på markytan (mätdata saknas för grundvattengradienten). I modellen beräknas koncentrationen av föroreningen då den har transporterats 250 m från källområdet. Totala avståndet från västra gränsen i området till åsen är ca 500 m.



Figur 2. Konceptuell modell över grundvattenflödet

4 (11)

ULLERÅKER

2015-05-28

Den avgörande faktorn för utfallet av modellen är K_{oc} (fördelningen mellan vatten och organiskt kol). K_{oc} skiljer sig kraftigt mellan olika ämnen (Tabell 1) och den slutgiltiga koncentrationen i åsen kommer att vara beroende av denna. K_d -värdets (halt i fast fas mg/kg TS / halt i löst fas mg/l) relation till K_{oc} är beroende av halten organiskt kol i marken (f_{oc} , dimensionslös) (US-EPA):

$$K_d = K_{oc} * f_{oc}$$

Viktfraktionen av organiskt kol i jorden antogs vara liten (0.1 %) då marken främst består av sand. Detta påverkar markens tendens till att adsorbera, fastlägga, föroreningar med hög affinitet till kol. Detta antagande optimerar transporten av föroreningar genom marken och resulterar i att porositeten blev av liten betydelse för transportprocessen.

Tabell 1. K_{oc} , K_d och Naturvårdsverkets haltkriterier för skydd av grundvatten.

	K_{oc}	K_{oc}	K_d	Haltkriterier för skydd av gv	MKM*
Enhet	l/kg	m ³ /kg	l/kg	mg/l	(mg/kg TS)
PAH-L	1800	1,8	180	0,01	15
PAH-M	29000	29	2900	0,002	20
PAH-H	500000,00	500	50000	5,00E-05	10
Alifat C5-C6	370	0,37	37	0,1	80
Alifat C6-C8	3400	3,4	340	0,1	80
Alifat C8-C10	28000	28	2800	0,1	120
Alifat C10-C12	410000	410	41000	0,1	500
Alifat C12-C16	1600000	1600	160000	0,1	500
Alifat C16-C35	160000000	160000	16000000	0,1	30
Arsenik	3000	3	300	5,00E-03	25
Bly	18000	18	1800	5,00E-03	400
Kvicksilver	3000	3	300	5,00E-04	2,5
Koppar	6000	6	600	5,00E-02	200

Källa: Naturvårdsverket, 2009.

*MKM, Mindre Känslig Markanvändning

3. Modell och modellverktyget

Modellverktyget beräknar transport av föroreningar i sluten akvifär eller öppen akvifär med konstant hydrauliskt tryck, grundvattennivå. Modellen är ett 1D verktyg som utifrån indata beräknar koncentrationen vid en tidpunkt vid en viss distans från källtermen utifrån ansatta värden på initiala koncentrationen, hydraulisk konduktivitet och karakteristiska värden för K_{oc} för specifika ämnen (www.LMNOeng.com). Se

Tabell 2 för input till modellen.

Tabell 2. Inputdata till transportmodellen.

Faktor	Värde som användes om denna faktor inte testas	Faktor varierades mellan följande värden
C, Koncentration i kanten av randområdet / åsen (mg/l)	Beräknas för varje simulering	
t, tid (dagar) för C	3650	3 650 - 73 000
Avstånd (m), för C	250	
Koncentration i källterm (mg/l)	10	10 - 10 000
Antal dagar för injektion, T (dagar)	1	1 – 10 000
Dispersivitet, a (m)	10	
Diffusionskoefficient, D* (m ² /s)	1*10 ⁻⁹	
Hydraulisk konduktivitet, K (m/s)	1*10 ⁻⁵	
Hydraulisk gradient, -dh/dx (m/m)	0,02	
Total porositet, n (%)	35	
Effektiv porositet, n (%)	25	
Densitet på Jorden, d (g/cm ³)	1,6	
Org. kol i jord, foc (m ³ /kg)	0,1	0,1 - 10
Org. Kol-koefficient, Koc (m ³ /kg)	0,1	
Retardation inkluderat	Ja	

4. Resultat

I modellen beräknas koncentrationen av ett ämne i kanten av randområdet mot åsen tio år efter att föroreningen nådde den mättade zonen i källtermen. Modellen antar att föroreningens transporthastighet påverkas av den hydrauliska konduktiviteten, dispersion, diffusion and retardation. De tre senare parametrarna är individuella för föroreningstypens egenskaper i förhållande till marktypen och bidrar till fastläggning och utspädning av föroreningen.

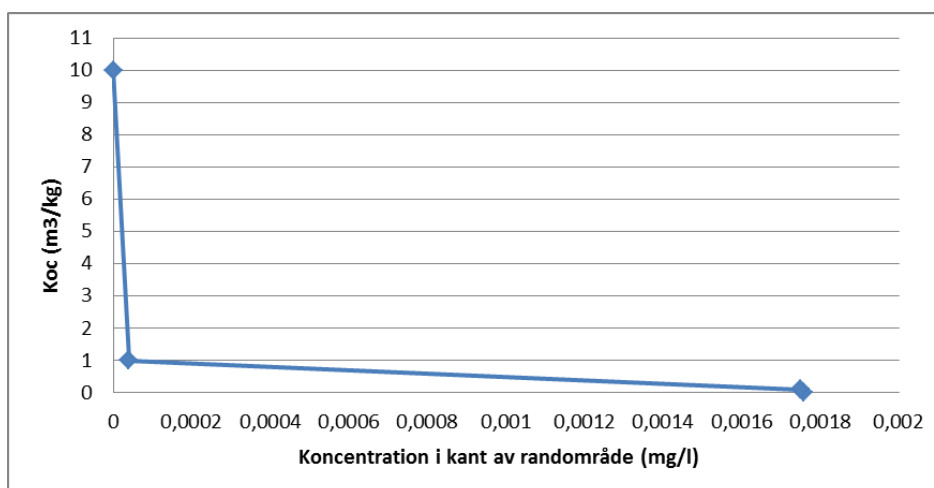
Mängden förorening som når kanten av randområdet beror främst av K_{oc} –värdet. Grafen nedan (Figur 3) visar på att föroreningar med högt K_{oc} –värde (> 10) kommer att fastläggas och koncentrationen i kanten på randområdet kommer att vara obefintligt. K_{oc} värdet är individuellt för vardera förorening och kommer att vara den avgörande faktorn vid beräkning av risken för en förorening att spridas till Uppsala åsen. För vidare

6 (11)

ULLERÅKER

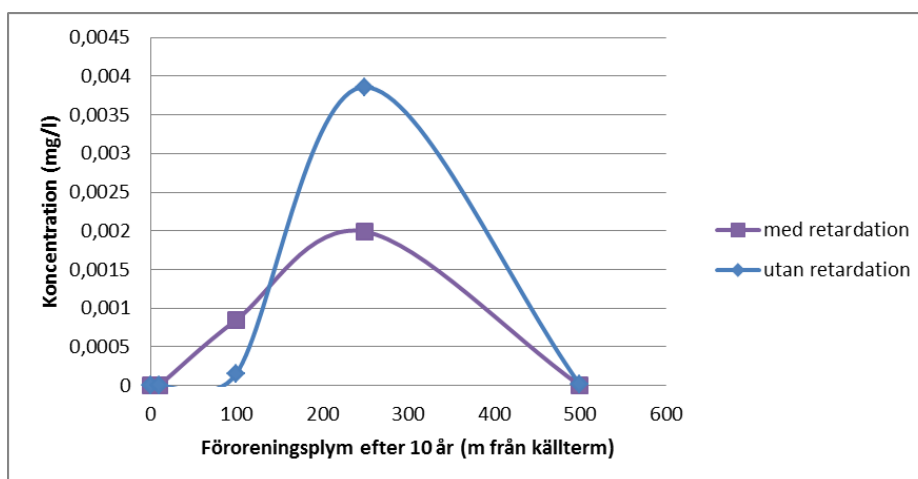
2015-05-28

beräkningar vid utvärdering av inverkan av andra parametrar som påverkar transportmekanismerna har K_{oc} -värdet ansatts till 0,1.



Figur 3. Effekten av K_{oc} värdet i förhållande till koncentrationen i kanten av randområdet mot åsen.

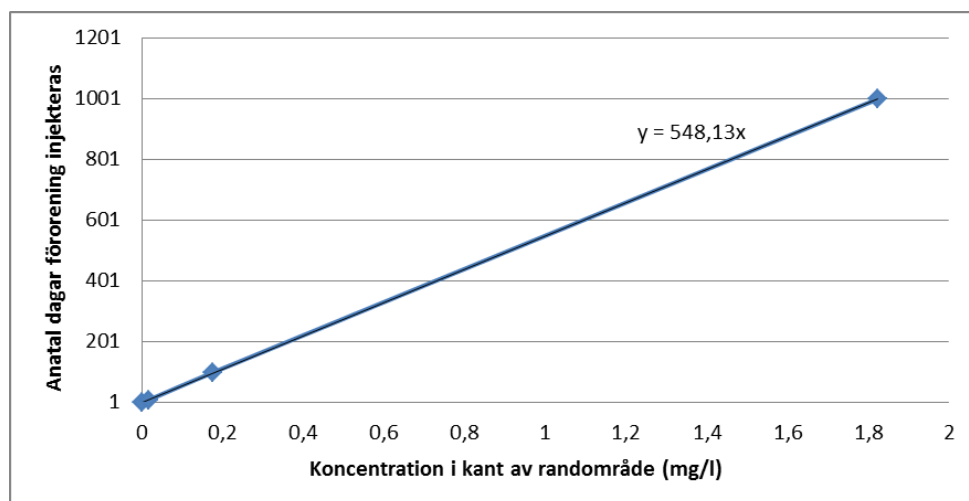
I grafen nedan visas effekten på utfallet då hänsyn tas tillretardation eller ej. Samma värden är antagna för vardera modell, enligt Figur 4. Koncentrationen som anges är koncentrationen efter 10 år vid en viss punkt på transportsträckan.



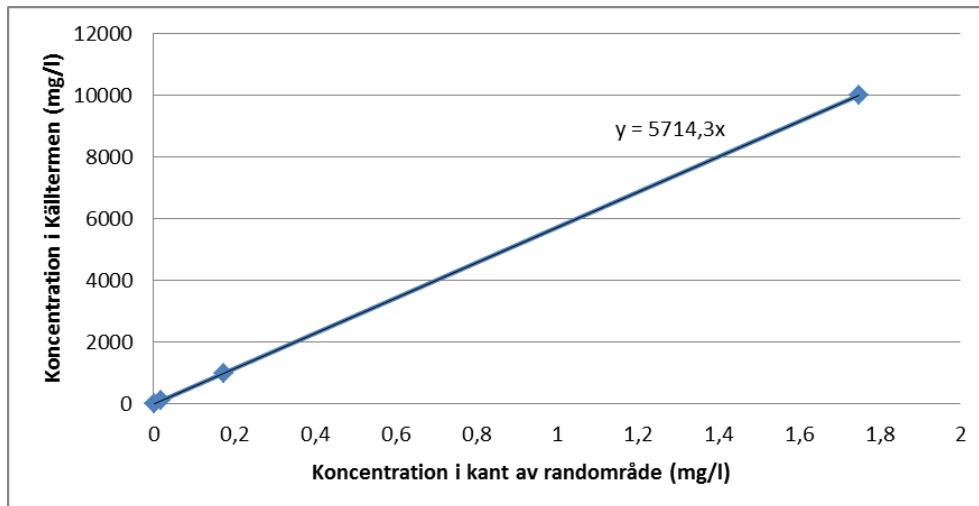
Figur 4. Jämförelse mellan utfall då retardation tas hänsyn till eller ej.

Koncentrationen förorening i kanten på randområdet är proportionell till under hur lång tid föroreningen tillförs till källtermen, se Figur 5. Förhållandet mellan tiden en förorening av en viss koncentration lakar och koncentrationen i kanten av randområdet är 1 till 548 (Figur 5). Dock efter ca 3 år beräknar modellen att koncentrationen åsen inte påverkas av

tiden utan halten närmar sig "steady state" (visas ej i figur). Detta kan liknas vid att marken som bebyggs är förorenad och kontinuerligt lakar. Det innebär att om misstanke finns för att marken som bebyggs är förorenad kan halterna som mäts upp idag antagas vara konstanta över tid.



Figur 5. Effekten av ökad tid av lakning i källtermen i förhållande till koncentrationen i kanten av randområdet.



Figur 6. Effekten av ökad koncentration i källtermen i förhållande till koncentrationen i kanten av randområdet.

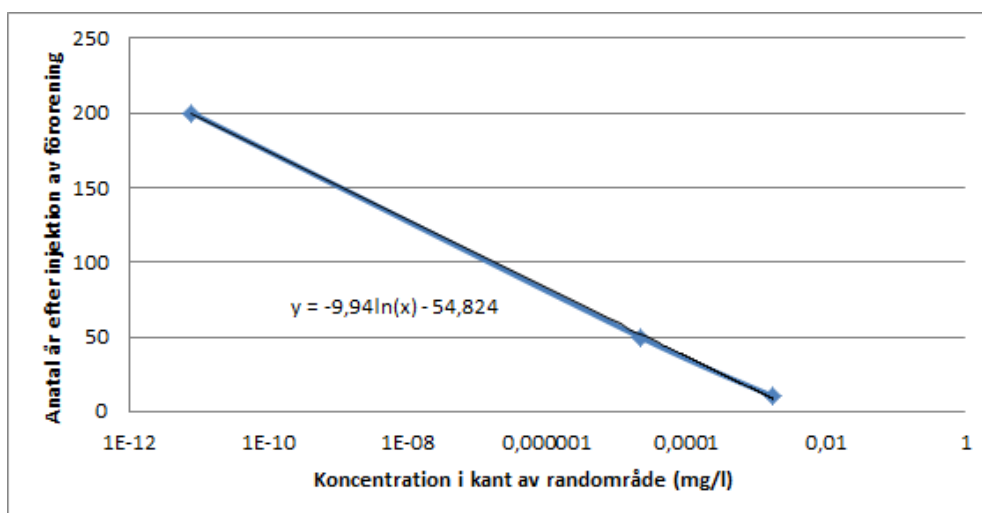
Koncentrationen i källtermen är av liten betydelse då utspädningen på detta system är stor. I grafen ovan (Figur 6) kan utläsas att om koncentrationen i källtermen är 5714 mg/l resulterar detta i att koncentrationen i kanten av randområdet 1 mg/l och att detta förhållande är linjärt.

8 (11)

ULLERÅKER

2015-05-28

Om retardation bortses från är transporten oberoende av K_{oc} och beror endast av den initiala koncentrationen från källtermen samt hur länge föroreningen lskar. Förorening som ej fastläggs är t.ex. klorid. Modellen visar att faktorn för både C_o och antal dagar föroreningen lskar i förhållande till koncentrationen i kanten på randområdet mot åsen blir ungefär hälften så stor. Detta innebär att om ingen retardation sker blir spädningen hälften så stor i båda fallen. Dock är detta fortfarande en kraftig spädning.



Figur 7. Effekten av ökad tid efter punktutsläpp i förhållande till koncentrationen i kanten av randområdet.

Vid beräkning av koncentrationen i kanten av randområdet i förhållande till antal år sedan punktutsläppet ägde rum kan slutsatsen dras att koncentrationen minskar tydligt desto mer tid som har passerat sedan punktutsläppet (Figur 7).

4.1. Utspädning

Med de optimala transportförutsättningarna som antagits i den konceptuella modellen kan även en utspädningsfaktor beräknas. I denna förenklade beräkning i jämförelse med modellverktyget bortses tendensen för olika ämnen att fastläggas m.a.p. K_{oc} och retardations faktorn. Nedan beräknas utspädningen vid transport genom randområdet som en jämförelse med utfallet från modellverktyget.

Från källtermen kommer föroreningen att röra sig som en plym och detta medför att föroreningshalten kommer att minska p.g.a utspädning. Vid en förenklad beräkning av utspädningsfaktorn där källtermens diameter (W) antas vara 100 m och att diametern på plymen då den når åsen (y (mix-brunn) har fördubblats till 200 m, samt att mäktigheten på den förorenade jorden i mättad zon (Z_f) är 2 m och att mäktigheten på blandningszonen där föroreningen späds med infiltrerad nederbörd (d (mix-brunn) är 2 m blir utspädningsfaktorn 0.2, e beräkning nedan.

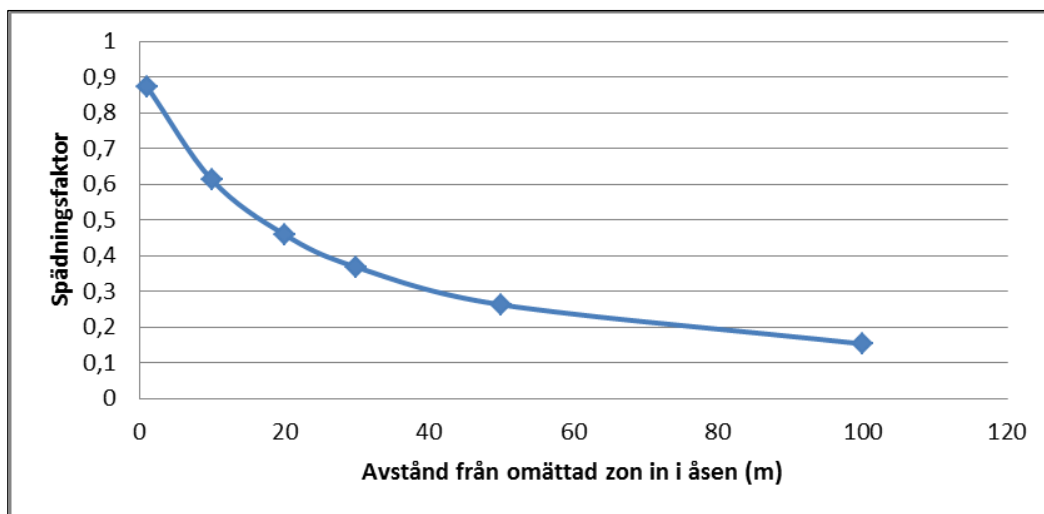
$$DF(gw - brunn) = \frac{W * Zf}{(2 * y(mix - brunn) + W) * d(mix - brunn)}$$

Koncentrationen i åsen C(gw-brunn) kan sedan beräknas med DF(gw-brunn) och koncentrationen av mobila föroreningar i grundvatten (mg/l) C(w-mob) enligt:

$$C(gw - brunn) = DF(gw - brunn) * C(w - mob)$$

4.2. Transport i åskärnan

Den omättade zonen ovan grundvattenzonen är mycket viktig för fastläggning av föroreningar. Hur stor del som fastläggs är dock beroende av de kemiska egenskaperna som föroreningen, kornstorlek och sammansättning på jordarten, mängden nederbörd och porositeten på jorden. För att beräkna hur stor spädning faktorn är har i beräkningarna nedan antagits att föroreningen har fastlagts i den omättade zonen i Uppsalaåsen och att denna som en funktion av grundvattenbildning, volym på förorening, hydraulisk konduktivitet och transportsträcka i åsen transporteras ned till den mättade zonen. Volymen på föroreningen antas vara 50 m bred och 20 m lång i transport riktningen (mäktigheten på den omrättade zonen). I grafen nedan syns hur spädning faktorn minskar (dvs. ökad spädning) med ökat avstånd från föroreningen som här antas uppta hela den omättade zonen i åsen.



Figur 8. Desto längre föroreningen transporteras i åsen ju mer späds föroreningen ut.

5. Slutsats

Föroreningar med högt K_{oc} (>10) kommer inte att spridas till åsen i koncentrationer som är betydande för åsens vattenkvalitet. Föroreningar som ej fastläggs späds ej fullt så kraftigt under transporten genom randområdet och koncentrationerna kommer att vara högre då föroreningen når kanten på randområdet. Dock bör nämnas att dessa ändå späds kraftigt. Dock kommer dessa först att fastläggas in den omättade zonen och sedan

spädas kraftigt då de når grundvattenmagasinet i åsen. Åsen har en kontinuerlig grundvattenströmning och utspädning i samband med att föroreningen når åsen bör även beaktas vid koncentrationsberäkning i Uppsalaåsen. Vid beräkning av utspädningsfaktorn med konservativa antaganden som motsvarar "worst case"-scenario blir utspädningsfaktorn liten, vilket resulterar i en kraftig utspädning.

Denna modell är uppsatt efter "worst case"-scenario där antagandet har gjorts att det finns en mättad zon i randområdet som är sammankopplat med åskärnan och grundvattenmagasinet i denna. Enligt geologiska och hydrogeologiska undersökningar (se Bilaga 2. PM Hydrogeologisk beskrivning, daterad 2015-05-28) är detta ej troligt. Detta medför att transporten av potentiell förorening begränsas av bergklacken som åsen vilar på samt den omättade zonen mellan åsen och randområdet. Föroreningen kommer med stor sannolikhet att fastläggas i denna omättade zon och transporten kommer då att styras enligt resonemanget i under rubriken "Transport i åskärnan". Figur 8 visualiserar hur spädningen ökar med transportsträcka i mättad zon. Detta i samband övriga spädningsfaktorer resulterar i att risken för att åsen skall förorenas till den grad att vattenkvaliteten riskeras på grund av spillolycka och liknande i randområdet är liten.

6. Referenser

Naturvårdsverket, 2009. Riktvärden för förorenad mark – Modellbeskrivning och vägledning. Rapport 5976.

US-EPA. United states environmental protection agency. Information hämtat från hemsidan 2015-05-07.

<http://www.LMNOeng.com> © 2000 LMNO Engineering, Research, and Software