



VÄGLEDNING: METOD FÖR KARTLÄGGNING OCH PÅVERKANSBEDÖMNING AV GRUNDEVATTEN

Dnr: 314-1275/2016
SGU-rapport 2017:09
2017-06-29



Omslagsbild: Grundvattenmagasin i isälsavlagring.
Utsnitt ur illustration av Tomas Lif.

Huvudförfattare: Stina Adielsson
Layout: Tone Gellerstedt
Ansvarig enhetschef: Helena Kjellson
Projektets namn: "Konceptuella modeller"
Projektets organisationskod: 874512

Sveriges geologiska undersökning, 2017

FÖRORD

Den här vägledningen är ett resultat av SGUs arbete både inom den nationella vattenförvaltningen och miljömålsarbetet. Projektet startade som en åtgärd i FU15 (Naturvårdsverket 2015) under miljökvalitetsmålet *Grundvatten av god kvalitet* och har finansierats med bidrag från Naturvårdsverket, vattenförvaltningsmedel och SGUs förvaltningsanslag. Arbetet har genomförts av en projektgrupp vid SGU.

SGU har gett ut föreskrifter om kartläggning och analys av grundvatten (SGU-FS 2013:1). Till föreskriften finns en generell vägledning vid namn *Vägledning: Vattenförvaltning av grundvatten* (SGU 2014). Den vägledningen du nu läser är en fördjupning av just kartläggningsdelen i föreskriften och den tidigare vägledningen. Metoden som presenteras är generell och tänkt att fungera även utanför vattenförvaltningsarbetet.

En kartläggning av ett grundvattenmagasin syftar till att ge en principiell förståelse för hur vattnet strömmar till magasinet, inuti magasinet och ut från magasinet. Information om mänskliga aktiviteter som kan påverka grundvattnet i magasinet tas fram och risken för negativa konsekvenser bedöms utifrån kunskap om grundvattnets strömningar. En negativ förändring av mängden eller kvaliteten på grundvattnet kan leda till påverkan på grundvattenberoende ekosystem. Att undersöka detta samband ingår också i kartläggningen. Resultatet av kartläggningen utgör sedan ett viktigt underlag för planering av åtgärder för att skydda grundvattenmagasinet samt all annan planering av verksamheter som kan påverka grundvattenmagasinet.

I vägledningen presenteras en rad frågeställningar som rör olika aspekter på grundvatten. Den problemställning som föranleder kartläggningen av ett grundvattenmagasin styr vilka av frågeställningar som är relevanta att jobba med. Arbetet med att ta fram en metod för kartläggning av grundvatten bidrar till att uppnå flera av Sveriges miljömål: *Grundvatten av god kvalitet*, *Ingen övergödning*, *Levande sjöar och vattendrag* samt *Myllrande våtmarker*.

Helena Kjellson,
enhetschef, Hållbar vattenförsörjning, SGU

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning	3
1 Inledning och syfte	4
1.1 Metod med tre delar	4
1.2 Dokumentation	6
2 Inledande kartläggning	7
2.1 Identifiera och avgränsa	7
2.2 Motiv till val av grundvattenmagasin	7
2.3 Geologi och egenskaper hos grundvattenmagasinet	7
2.4 Tillrinning och flödesriktning	8
2.5 Kontakt med grundvattenberoende ekosystem	8
2.6 Mänsklig påverkan	9
2.7 Övervakning	10
2.8 Riskbedömning	10
2.9 Analysera och summera	11
3 Fördjupad kartläggning	12
3.1 Geologi och egenskaper hos grundvattenmagasinet	12
3.2 Tillrinning och flödesriktning	12
3.3 Kontakt med grundvattenberoende ekosystem	15
3.4 Mänsklig påverkan	15
3.5 Övervakning	16
3.6 Riskbedömning	17
3.7 Analysera och summera	17
4 Hydrogeologiska undersökningar	18
4.1 Planering inför undersökningar	18
4.2 Nivåmätningar och vattenprovtagning	18
4.3 Hydrauliska metoder	19
4.4 Geotekniska metoder	19
4.5 Geofysiska metoder	19
4.6 Spårämnen och temperaturgradienter	20
4.7 Beräkningsmetoder	20
4.8 Analysera och summera	20
Referenser	21
Webbresurser	22
Bilaga 1. Exempel på användning av kartläggningsmetoden – Växjöåsen, Åby	

SAMMANFATTNING

Den här rapporten presenterar en metod för att kartlägga och bedöma påverkan på grundvatten. Metoden är generell och fungerar oavsett syfte med kartläggningen, men en viktig målgrupp för vägledningen är handläggare inom den nationella vattenförvaltningen.

Metoden är uppdelad i tre delar: inledande kartläggning, fördjupad kartläggning och hydrogeologiska undersökningar (se figur 1 i avsnitt 1.1). Varje del innehåller flera steg och för varje steg finns ett antal frågor att besvara. Den inledande och fördjupade kartläggningen innehåller samma steg, men nivån på frågorna är olika. Efter varje del utvärderas om den framtagna informationen är tillräcklig för att besvara frågorna som föranledde kartläggningen. Om informationen är tillräcklig kan kartläggningen dokumenteras och avslutas. Om informationen är otillräcklig går man vidare till nästa del, och så vidare.

Kartläggningen syftar till att få en bild av hur grundvattenmagasinet ser ut under marken: var grundvattnet finns och hur det strömmar in och ut ur magasinet. I kartläggningen ingår också att identifiera mänsklig påverkan på grundvattnet i magasinet och hur grundvattnet i sin tur påverkar andra ekosystem eller vårt dricksvatten.

Om den tillgängliga informationen om grundvattenmagasinet inte är tillräcklig kan det finnas skäl att utföra hydrogeologiska undersökningar. Dessa kan ge värdefull kunskap om exempelvis grundvattnets flöde och djup samt om berggrundens läge och markens genomsläpplighet.

Resultatet av kartläggningen blir en principiell modell över grundvattenmagasinet. Det är av största vikt att dokumentera informationen som kommer fram i kartläggningen. Det görs bäst genom en kombination av kartor och beskrivande text. Om kartläggningen görs inom vattenförvaltningen bör dokumentationen finnas tillgänglig via VISS.

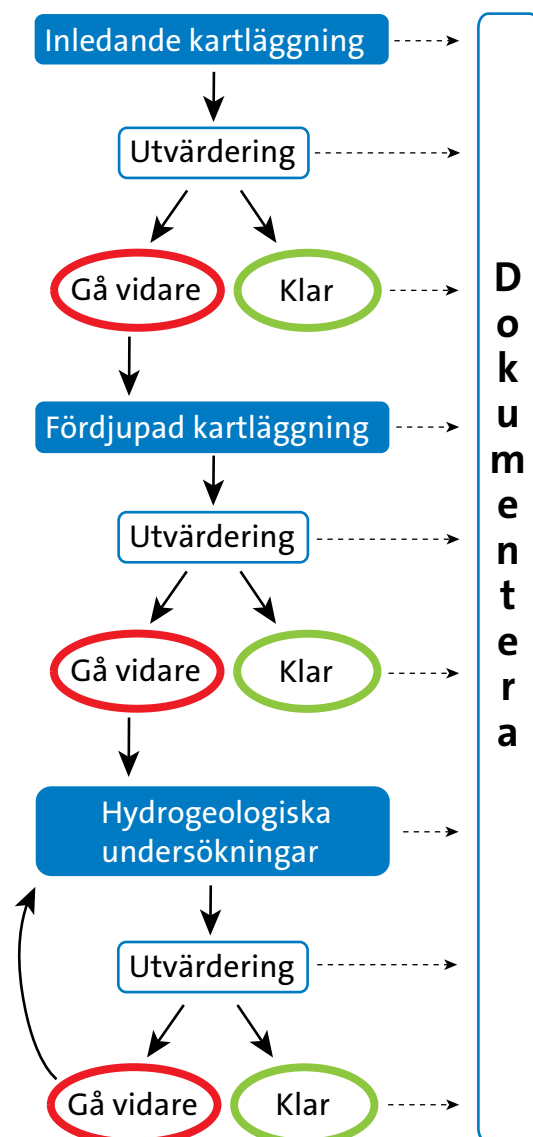
Den här rapporten innehåller även ett exempel på hur modellen kan användas för att studera ett grundvattenmagasin. Det aktuella exemplet är magasinet Åby i Växjöåsen, som är ett grundvattenmagasin i en isälvsavlagring – en vanligt förekommande situation i Sverige.

1 INLEDNING OCH SYFTE

Ett grundvattenmagasin är en avgränsad del av en eller flera akvifärer med en sammanhängande mättad zon. Syftet med den här rapporten är att tillhandahålla en metod för kartläggning och påverkansbedömning av grundvattenmagasin, något som är viktigt i många sammanhang. All planering av verksamhet på och i närheten av grundvattenmagasin behöver underlag som visar hur vattnet i grundvattenmagasinet strömmar, vilken mänsklig påverkan som sker på magasinet och vad den kan få för konsekvenser. Exempel på områden där en kartläggning av grundvatten utgör ett värdefullt underlag är:

- Riskanalys eller riskbedömning
- Planering av åtgärder för att skydda grundvattenmagasinet från negativa följder av mänsklig påverkan
- Planering kring dricksvattenförsörjning
- Utredningar av frågor om vattenverksamhet
- Stöd vid framtagande av vattenskyddsområden
- Utpekande av riksintressen för dricksvattenförsörjning
- Utpekande av väsentligt allmänna intressen för områden som omfattas av åtgärdsprogram (enligt förslag i riksintresseutredningen)
- Tillståndsprövning i områden kopplade till grundvattenmagasin
- Inom grundvattenövervakning, både vad gäller att ta fram lämpliga lokaler och vid utvärdering av analysresultat
- Underlag till statusklassning inom vattenförvaltningen (Sveriges arbete med att följa EUs ramdirektiv för vatten)
- Nationell rapportering enligt till exempel vattendirektivet och miljömålsuppföljning

Metoden som presenteras i den här rapporten är en fördjupning av en del av vägledningen (SGU-rapport 2014:31) till SGUs föreskrifter om kartläggning och analys av grundvatten (SGU-FS 2013:1). Föreskrifterna gäller vattenmyndigheternas arbete med grundvattenförekomster. I föreskriften (och tillhörande vägledning) görs en indelning i inledande kartläggning och fördjupad kartläggning. Därför följer denna rapport också den indelningen. Även den nomenklatur som används inom vattenförvaltningens arbete används i föreliggande rapport. Metoden är dock generell och passar bra för allt arbete med att kartlägga grundvattenmagasin.

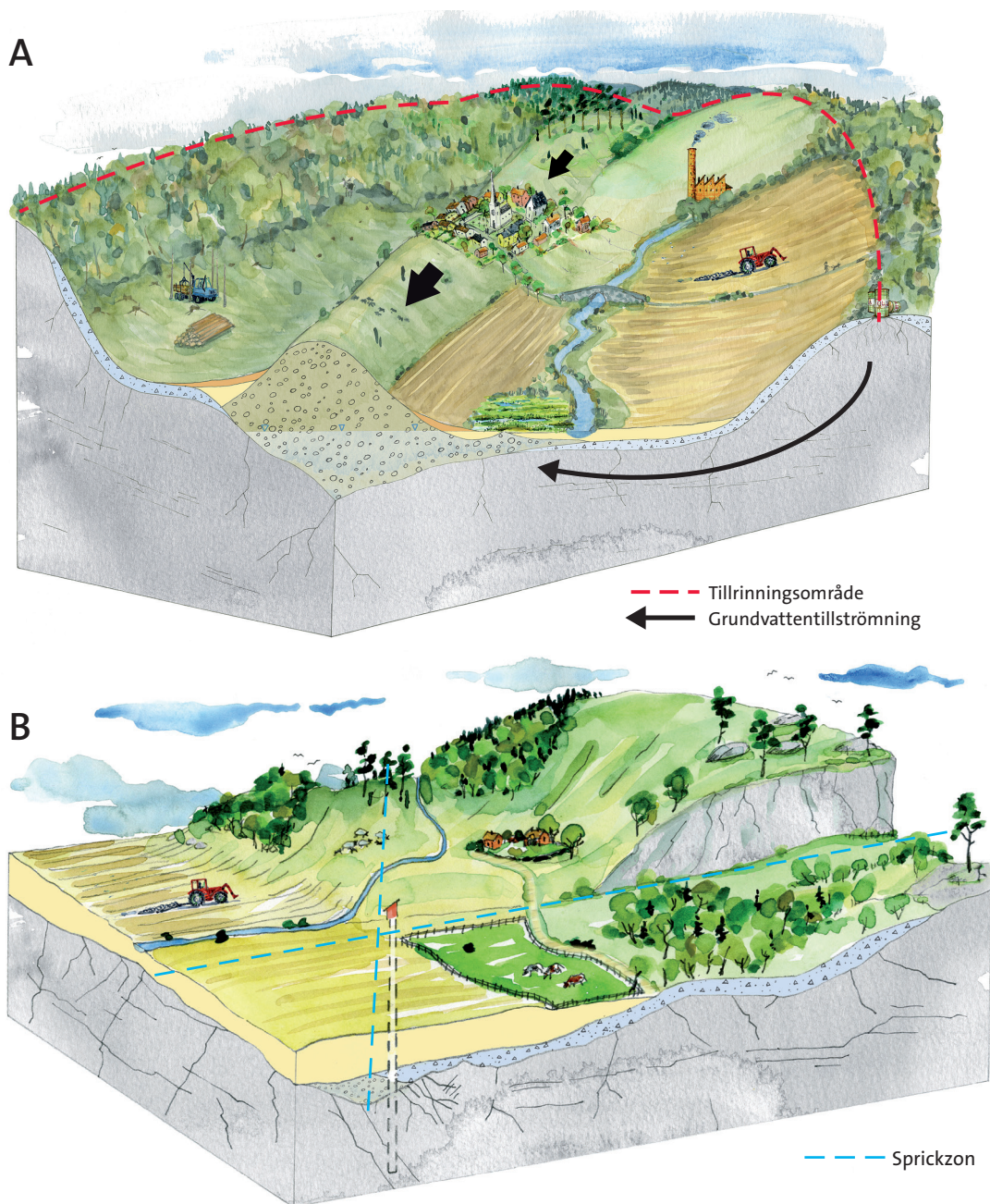


Figur 1. Översikt över kartläggningsmetod för grundvatten.

1.1 Metod med tre delar

Metoden är indelad i tre delar: inledande kartläggning, fördjupad kartläggning och hydrogeologiska undersökningar (figur 1). Varje del innehåller flera steg och varje steg innehåller ett antal frågor. Vilka frågor som behöver besvaras beror på vilken frågeställning som föranleder kartläggningen av grundvattenmagasinet.

Börja med att identifiera vilket grundvattenmagasin som ska undersökas och vad anledningen till kartläggningen är. Finns det till exempel speciel-



Figur 2. Metoden syftar till att ge en principiell förståelse för flöden av vatten i ett grundvattenmagasin. **A** visar en typisk situation med ett grundvattenmagasin i jord och **B** visar ett grundvattenmagasin i berg. Illustration: Anna Jonson, ArtAnna. Hämtad ur SGU (2014).

la frågeställningar som behöver besvaras? Använd sedan den metod som beskrivs i den här rapporten. Figur 1 beskriver principen för metoden. I den inledande kartläggningen görs en genomgång av alla steg, men endast på en översiktlig nivå. Den framtagna informationen utvärderas och dokumenteras. Om informationen är tillräcklig för att besvara de frågeställningar som föranledde kartläggningen är den klar. Om så inte är fallet: fortsatt till den fördju-

pade kartläggningen och gör en genomgång av dessa steg. De belyser samma aspekter som i den inledande kartläggningen, men på en mer ingående nivå. Den framtagna informationen utvärderas och dokumenteras. Om informationen är tillräcklig för att besvara de frågeställningar som föranledde kartläggningen är den klar. Om så inte är fallet: fortsatt till den tredje delen som innebär att göra hydrogeologiska undersökningar av grundvattenmagasinet.

SGUs GRUNDVATTENKARTOR

SGU tillhandahåller ett stort kartmaterial via sin webbplats. Kartor över jordarter, grundvattenmagasin, brunnar, källor samt resultat från grundvattenmätningar av nivåer och kemiska parametrar är exempel på material som finns i SGUs Kartvisare. Där visas informationen direkt på webbsidan och kräver alltså inte tillgång till GIS-program. Kartan över grundvattenmagasin visar information med olika upplösning eftersom metoden och noggrannheten på SGUs karteringar har utvecklats sedan starten 1970-talet. För grundvattenmagasin som är kartlagda av SGU finns information både i form av en karta och i vissa fall en skriftlig beskrivning. Beskrivningarna finns att ladda ner som pdf-filer i GeoLagret.

Varje månad sedan 1970-talet har SGU publicerat en Sverigekarta med information om aktuell situation i stora respektive små grundvattenmagasin. Denna tjänst kallas månadskartan och finns att hämta för samtliga månader. Månadskartan kan med fördel användas som hjälpmedel vid utvärdering av nivå-mätningar i ett grundvattenmagasin.

SGU har en visningstjänst som kallas WMS (*Web Map Service*), med kartor i form av färdiga bilder som kan användas i egna system eller applikationer (till exempel GIS-program). Här finns kartorna från kartvisaren samt till exempel karta över grundvattnets sårbarhet. Det går att beställa kartmaterial från SGU genom att vända sig till kundtjänst.

På webbplatsen Geodata (www.geodata.se) finns en nationell presentation av vilken geografisk information som finns och vilka aktörer som är ansvariga för den. Sidan ger en överblick över tillgänglig information, både från SGU och andra aktörer. På webbplatsen framgår det också vilken information som är tillgänglig via Geodatasamverkan (ett myndighetsövergripande användaravtal för tillgång till geodata).

Till varje steg finns en uppsättning frågor till hjälp. Svaren på frågorna ger en bild av hur vattnet strömmar in i grundvattenmagasinet, hur det rör sig inom magasinet samt var det strömmar ut ur magasinet. Utifrån denna kunskap kan frågor om vad som påverkar grundvattnet och hur grundvattnet i sin tur påverkar ekosystem eller vårt dricksvatten besvaras.

Kartläggningen kräver tillgång till hydrogeologisk information. Mycket av underlagsdata kan erhållas via SGU och Geodatasamverkan (se faktaruta ovan), samt Vatteninformationssystem Sverige (VISS, se faktaruta till höger).

Resultatet av kartläggningen blir en principiell modell över grundvattenmagasinet. Den kallas ibland för en konceptuell modell. I figur 2 syns två principiella modeller över grundvattenmagasin. I bilden finns översiktlig information om avgränsning för magasinet, strömningsriktning, markanvändning, berggrund och jordarter.

1.2 Dokumentation

Det är av största vikt att dokumentera informationen som kommer fram i kartläggningen av grundvattenmagasinet. Både för sin egen skull och för att andra ska kunna ta del av informationen. Dokumentationen ska utgöras av kartor och beskrivande text. Det är lämpligt att spara den samlade dokumentationen som en pdf-fil. Om grundvattenmagasinet är klassat som en grundvattenförekomst inom vattenförvaltningen bör pdf-filen göras tillgänglig via VISS.

VISS

VISS (Vatteninformationssystem Sverige) är en databas som utvecklats av vattenmyndigheterna, länsstyrelserna och Havs- och vattenmyndigheten. I databasen finns information om klassningar och utbredning av de av Sveriges större sjöar, vattendrag och grundvatten som är klassade som vattenförekomst enligt 3 kap. 1 § i förordningen (2004:660) om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön. För dessa vatten finns bakgrundsinformation samt bedömningar av statusklassning, miljöövervakning och eventuella åtgärder som vidtagits för att minska negativa effekter av mänsklig påverkan på vattenförekomsten. VISS nås via <http://viss.lansstyrelsen.se>.

Förutom de uppgifter som framkommer i kartläggningen bör även följande dokumenteras:

- vilket underlag som använts
- vilka antaganden som gjorts
- hur osäkra uppgifterna är
- vilka slutsatser som dragits och
- motiveringar till slutsatserna

Information om krav på datahantering inom vattenförvaltningen finns i 14 § i SGUs föreskrifter om kartläggning och analys av grundvatten (SGU-FS 2013:1).

2 INLEDANDE KARTLÄGGNING

Den inledande kartläggningen ska ge en översiktlig bild av grundvattenmagasinet. Stegen (figur 3) fungerar oavsett om grundvattenmagasinet är en grundvattenförekomst eller ej. Om magasinet är klassat som en grundvattenförekomst inom vattenförvaltningen finns delar av informationen redan framtagna och dokumenterade i VISS (faktaruta sidan 6). Att gå igenom alla steg i den inledande kartläggningen uppfyller samtidigt kraven på kartläggning som ställs inom vattenförvaltningen (SGU-FS 2013:1). För varje steg i den metod som presenteras i föreliggande rapport finns en hänvisning till relevant avsnitt i vägledningen till vattenförvaltningen (SGU 2014:31).

2.1 Identifiera och avgränsa

Hänvisar till unik identitet samt lokalisering och gräns i avsnitt 4.3.3 i SGU-rapport 2014:31.

Det allra första steget är att identifiera och avgränsa grundvattenmagasinet. Det är en förutsättning för att kunna arbeta vidare. Använd gärna följande frågor:

- Var ligger grundvattenmagasinet?
- Är hela grundvattenmagasinet intressant eller finns det anledning att undersöka endast en mindre del?
- Vad har grundvattenmagasinet för gränser? Använd till exempel SGUs kartvisare (figur 4).
- Är det aktuella magasinet klassat som en grundvattenförekomst i vattenförvaltningen?
- Har grundvattenmagasinet en unik identitet? Om det är en grundvattenförekomst: använd det ID som finns i VISS.
- Har grundvattenmagasinet ingått i SGUs grundvattenkartering? – se faktaruta.

2.2 Motiv till val av grundvattenmagasin

I början av arbetet är det viktigt att tydliggöra motiven till varför just detta (eller denna del av ett) grundvattenmagasin studeras. Det ger vägledning om vilken noggrannhet som behövs på materialet som ska samlas in i kommande steg.

Förslag på frågor att besvara:

- Vad är motiven till att granska just detta grundvattenmagasin?
- Finns det speciella problem kopplade till grundvattenmagasinet?
- Är det konstaterade problem eller grundar de sig på misstankar?

STEG I INLEDANDE KARTLÄGGNING

1. Identifiera och avgränsa
2. Motiv till val av grundvattenmagasin
3. Geologi och egenskaper hos grundvattenmagasinet
4. Tillrinning och flödesriktning
5. Kontakt med grundvattenberoende ekosystem
6. Mänsklig påverkan
7. Övervakning
8. Riskbedömning
9. Analysera och summera

Figur 3. Översikt av stegen i den inledande kartläggningen.

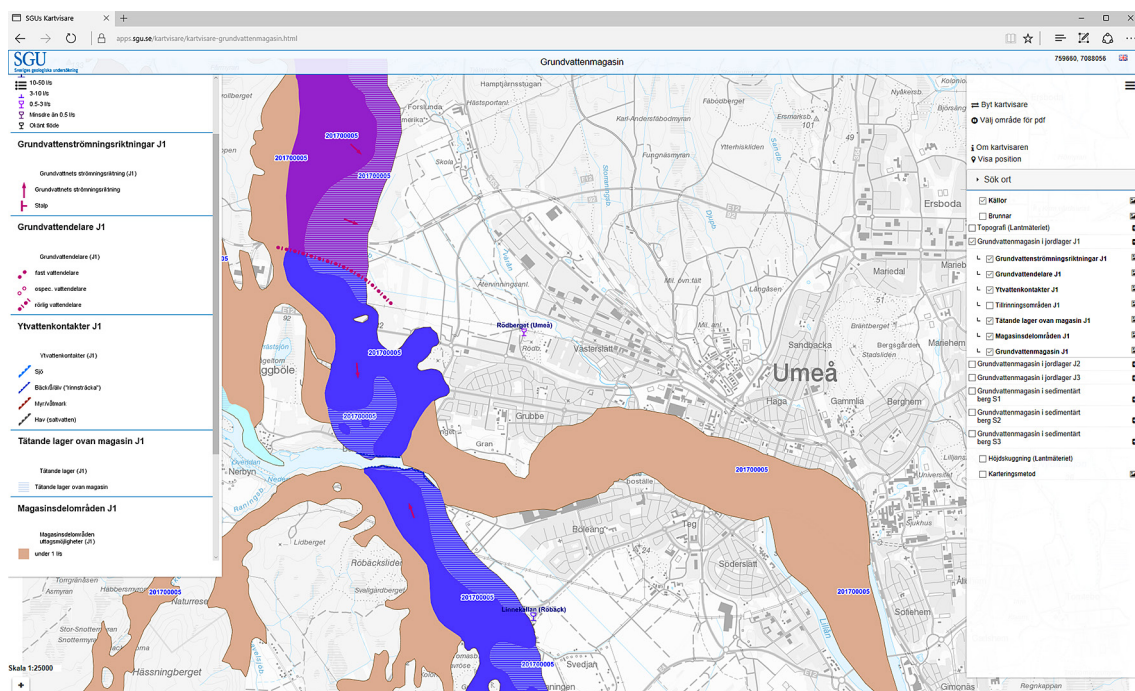
2.3 Geologi och egenskaper hos grundvattenmagasinet

Hänvisar till geografisk region, grundvattenmagasinstyp, geologiskt bildningsätt, överlagrande jord, djup från markytan till grundvattenytan samt sårbarhet i avsnitt 4.3.3 i SGU-rapport 2014:31.

Gör en första kartläggning av geologin och egenskaperna hos grundvattenmagasinet. Det ger värdefull information om hur grundvattnet transporteras i magasinet. Det påverkar i sin tur hur snabbt grundvattnet rör sig och därmed också hur föroreningar i grundvattnet transporteras. Använd gärna följande frågor som stöd:

- Är det ett grundvattenmagasin i berg eller jord?
- Utgörs de vattenförande strukturerna i magasinet av sprickor, porer eller en kombination av dessa?
- Vilken geografisk region tillhör magasinet? Använd information i SGUs bedömningsgrunder för grundvatten.
- Finns det anledning att tro att magasinet är homogent?
- På vilket djup under markytan ligger grundvattenytan?
- Finns det överlagrande jord på magasinet? Vad är det i så fall för jord?
- Vilken sårbarhet har grundvattenmagasinet?

En mer detaljerad genomgång av geologin och grundvattenmagasinets egenskaper görs i den fördjupade kartläggningen, avsnitt 3.1.



Figur 4. Kartvisaren Grundvattenmagasin är ett exempel på information som kan hämtas på SGUs webbplats.

2.4 Tillrinning och flödesriktning

Hänvisar till tillrinningsområde samt flödesriktning i avsnitt 4.3.3 i SGU-rapport 2014:31.

Gör en första beskrivning av grundvattenmagasinets tillrinningsområde och hur vattnet transporteras. Det har stor betydelse för nästkommande steg i kartläggningen, speciellt vid inventering av vilken mänsklig påverkan som finns på grundvattnet i magasinet. Ju noggrannare information om gränserna för tillrinningsområdet som finns desto bättre. Notera vilken noggrannhet du har på uppgifterna för grundvattenmagasinet. Om noggrannheten är låg, ta med den osäkerheten i det avslutande analyssteget i den inledande kartläggningen.

Det kan finnas information om gränser för tillrinningsområdet hos olika myndigheter. Följ frågorna nedan för att hitta den:

- Finns tillrinningsområdet beskrivet i SGUs kartering eller i VISS?
- Gör en grov avgränsning av tillrinningsområdet utifrån uppgifter om topografi och SMHIs delavrinningsområden för ytvatten. Bedöm om grundvatten- och ytvattendelaren sammanfaller.
- Hur ser strömningsriktningen ut i grundvattenmagasinet? Om informationen inte finns: gör en kvalificerad bedömning.

En mer detaljerad genomgång av dessa faktorer görs i den fördjupade kartläggningen, avsnitt 3.2.

2.5 Kontakt med grundvattenberoende ekosystem

Hänvisar till anslutna akvatiska ekosystem samt grundvattenberoende terrestra ekosystem i avsnitt 4.3.3 i SGU-rapport 2014:31.

Där vatten från ett grundvattenmagasin strömmar ut kan det påverka omgivande ekosystem. I vissa fall är det utströmmande vattnet helt avgörande för detta ekosystem, som i så fall kallas för ett grundvattenberoende ekosystem. Det kan gälla både akvatiska eller terrestra ekosystem och de kan vara mer eller mindre känsliga för grundvattnets kvalitet och/eller kvantitet. Kunskapen om grundvattenberoende ekosystem är begränsad, men lyfts fram som en viktig aspekt inom vattenförvaltningen och miljömålet *Grundvatten av god kvalitet*.

Gör en första översiktlig beskrivning av grundvattnets kontakt med grundvattenberoende ekosystem genom att besvara följande frågor:

- Var har grundvattnet kontakt med ytvatten?
- Är något av de ytvatten som grundvattnet har kontakt med en ytvattenförekomst enligt vatten-

förvaltningen? Kontrollera ytvattenförekomstens status och om det finns problem som kan vara relaterade till grundvattentillströmningen.

- Finns det anledning att tro att grundvattnets kvalitet eller kvantitet påverkar ytvattnet negativt?
- Finns det områden där grundvattenytan ligger strax under markytan? Dessa områden kan i så fall utgöra grundvattenberoende terrestra ekosystem.
- Finns det anledning att tro att grundvattnets kvalitet eller kvantitet påverkar de grundvattenberoende terrestra ekosystemen negativt?

En mer detaljerad genomgång av grundvattenberoende ekosystem görs i den fördjupade kartläggningen, avsnitt 3.3.

2.6 Mänsklig påverkan

Hänvisar till punktkällor för föroreningar, diffusa föroreningskällor, vattenuttag, konstgjord infiltration och saltvatteninträngning i avsnitt 4.3.4 i SGU-rapport 2014:31.

I det här steget ska den mänskliga påverkan på grundvattnet i magasinet beskrivas. Det utgör grunden till riskbedömningen som ska göras i avsnitt 2.8. Om grundvattenmagasinet är en vattenförekomst inom vattenförvaltningen finns information om identifierade föroreningskällor och påverkansanalys i VISS. Använd den informationen och gärna frågorna nedan för att komplettera och identifiera eventuella brister i materialet. Om grundvattenmagasinet inte är en vattenförekomst kan vattenförvaltningens underlag till påverkansanalysen ändå användas eftersom det omfattar hela Sveriges yta.

Identifiera mänsklig påverkan genom att besvara följande frågor:

- Vilken information ger underlaget till påverkansanalysen för det aktuella grundvattenmagasinet? Materialet finns hos länsstyrelsen.
 - Finns det kända punktkällor eller utsläppspunkter? Använd exempelvis länsstyrelsens databas EBH-stödet för att hitta förorenade områden.
 - Var finns vägar och järnvägar (så kallade linjekällor)?
 - Vad är det för markanvändning i tillrinningsområdet?
 - Vilka diffusa föroreningar kan markanvändningen medföra? Välj vilken detaljeringsnivå som är relevant för den inledande kartläggningen.

TRAFIKVERKET

Trafikverket har flera databaser med information som kan vara relevant vid en kartläggning av ett grundvattenmagasin. I *Stigfinnaren* och *Miljöwebb vatten* finns en riskbedömning för alla sträckor där vägar sammanfaller med vattenförvaltningens grundvattenförekomster. Det finns även en databas, kallad *LEB*, med förorenade områden som ligger på Trafikverkets mark. Det kan vara uppgifter om exempelvis bangårdar och tankställen.

Det enklaste sättet att få ta del av informationen är att begära ett utdrag för det aktuella grundvattenmagasinet.

- Om magasinet är en grundvattenförekomst inom vattenförvaltningen: vad har den för status?
- Vilka föroreningar eller ämnen riskerar att spridas till grundvattnet i magasinet?
- Finns det kända problem kopplade till grundvattenmagasinet? Exempelvis grävda brunnar eller källor som sinar till följd av ett överuttag av grundvatten.
- Hur ser vattenuttaget från magasinet ut idag? Ta med allmänna dricksvattentäkter, enskild dricksvattenförsörjning, uttag för industri, bevattning och djurhållning.
- Finns det information om hur vattenuttaget kan förväntas se ut i framtiden? Undersök om grundvattnet i magasinet utgör reservvattentäkt eller om det planeras för ett ökat uttag till exempel till följd av ökad befolkning eller etablering av annan vattenberoende verksamhet. När det finns regionala och lokala vattenförsörjningsplaner utgör dessa bra underlag.
- Tillförs extra vatten till magasinet genom konstgjord infiltration?
- Är grundvattnet i magasinet påverkat av saltvatteninträngning?

En mer detaljerad genomgång av mänsklig påverkan på grundvattnet i magasinet görs i den fördjupade kartläggningen, avsnitt 3.4.

Läs mer-tips

Naturvårdsverkets metodik för inventering av förorenade ämnen (Naturvårdsverket 1999), SGFs fälthandbok *Miljötekniska undersökningar* (SGF 2:2013), *Kemikalieinspektionens produktregister* (www.kemi.se). *Trafikverkets databaser* (www.trafikverket.se).

2.7 Övervakning

I den inledande kartläggningen ligger fokus på att hitta uppgifter om övervakning och jämföra dessa mot riktvärden. Resultat från nivåmätningar och analyser av grundvatten i det aktuella magasinet ger ett värdefullt underlag till riskbedömningen. I den fördjupade kartläggningen (avsnitt 3.5) görs en mer grundlig utvärdering av mätningarna.

Frågor att besvara:

- Finns det uppgifter om grundvattennivåer från nationell eller regional miljöövervakning? Hämta information på SGUs webbplats.
- Finns det analysresultat från grundvattenprover från nationell eller regional miljöövervakning? Hämta information på SGUs webbplats.
- Finns det annan information om grundvattenkvaliteten? Exempelvis från provtagning av kommunala dricksvattentäkter eller mindre enskilda täkter.
- Var har proverna tagits?
- När togs proverna?
- Överstiger något av analysresultaten gällande miljökvalitetsnormer eller nationella riktvärden? Information om miljökvalitetsnormer finns i bilaga till länsstyrelsens föreskrift om kvalitetskrav för vattenförekomster i respektive vattendistrikt. Information om nationella riktvärden finns i SGUs föreskrifter om miljökvalitetsnormer och statusklassificering för grundvatten (SGU-FS 2013:2).
- Är grundvattenkvaliteten normal för området? Jämför med bedömningsgrunderna för grundvatten (SGU-rapport 2013:01).
- Finns det tidsserier med nivåmätningar eller analysresultat som visar på någon trend?

2.8 Riskbedömning

Hänvisar till avsnitt 4.4 i SGU-rapport 2014:31

En riskbedömning innebär att väga ihop informationen om mänsklig påverkan och grundvattenmagasinets och tillrinningsområdets egenskaper. Slutsatsen används sedan för att besluta om det behövs åtgärder för att förbättra eller undvika försämring av grundvattnets tillstånd. Inom vattenförvaltningen inleds riskbedömningen med en påverkansanalys. Läs gärna mer om detta i SGUs vägledning (rapport 2014:31). För grundvattenmagasin som är en grundvattenförekomst finns en påverkansanalys och riskbedömning gjord (informationen hittas i VISS).

Förslag på frågor att besvara om grundvattenmagasinet är en grundvattenförekomst:

- Hur ser riskbedömningen i VISS ut?
- Är analysen upprättad utifrån vattenförvaltningens påverkansanalys?
- Har det tillkommit påverkanskällor som inte finns med i den senaste påverkansanalysen?
- Har några möjliga påverkanskällor kunnat avfärdas? Ange motiv.
- Är riskbedömningen verifierad med stöd från övervakningen?
- Stödjer den information som framkommit i detta arbete den riskbedömning som finns i VISS?

Förslag på frågor att besvara vid riskbedömningen för alla grundvattenmagasin:

- Vilken känslighet har grundvattenmagasinet till följd av geologin, magasinets egenskaper och tillrinningsområdet? Använd informationen från avsnitt 2.3 och 2.4
 - Vilka faktorer ger hög känslighet?
 - Vilka faktorer ger låg känslighet?
 - Hur blir den sammanlagda känsligheten?
- Finns det information som tyder på att grundvattenmagasinet är påverkat av mänskliga aktiviteter? Väg samman resultaten mänsklig påverkan (avsnitt 2.6) och övervakning (avsnitt 2.7). Beakta både kvalitativa och kvantitativa aspekter.
- Hur stor risk utgör mänskliga aktiviteter för grundvattnet i magasinet? Använd informationen om mänsklig påverkan (avsnitt 2.6) och väg ihop med magasinets känslighet på platsen för den aktuella aktiviteten. Beakta både kvalitativa och kvantitativa aspekter.
- Vad är det största hotet mot vattenbalansen i grundvattenmagasinet?
- Hur stor är risken att grundvattenmagasinets vattenbalans försämras?
- Vad är det största hotet mot vattenkvaliteten?
- Hur stor är risken att vattenkvaliteten i försämras?
- Hur stora är de sammanvägda riskerna för grundvattenmagasinet i framtiden?
- Hur påverkas de identifierade riskerna av en framtida klimatförändring? Exempelvis kraftigt förhöjda grundvattennivåer eller kraftigt sänkta grundvattennivåer.
- Vad får eventuella försämringar av grundvattnets kvalitet eller kvantitet för konsekvenser?

- Hur påverkas grundvattenberoende ekosystem?
- Hur påverkas möjligheterna till vattenuttag?
- Hur stor är osäkerheten i riskbedömningen?
- Vilka brister har underlaget till riskbedömningen?
- Vilket material skulle behövas för att göra en säkrare bedömning?

2.9 Analysera och summera

Läs igenom det material som samlats in under den inledande kartläggningen. Försök sammanfatta. Fokusera på riskbedömningen, den styr i stor utsträckning behovet av att fortsätta med en fördjupad kartläggning. Om det finns för lite material för att göra en bra riskbedömning finns anledning att gå vidare med en fördjupad kartläggning. Om riskbedömningen visar på en risk för negativ påverkan på grundvattnet i magasinet kan det finnas anledning att gå vidare med en fördjupad kartläggning för att få en bättre bild av vilka åtgärder som behövs. Frågor att besvara:

- Finns det information från alla steg i den inledande kartläggningen?
- Vilken information saknas eller är bristfällig?
- Räcker det att titta på grundvattenmagasinet som helhet eller finns det anledning att beskriva delområden eller problemområden?
- Vad visar den inledande kartläggningen? Sammanfatta de viktigaste punkterna.
 - Hur stor är den mänskliga påverkan på grundvattenmagasinet idag?
 - Hur stor är risken för negativ påverkan på grundvattenmagasinet i framtiden?
 - Har kartläggningen lett fram till svar på de frågor som ställdes inför kartläggningen (avsnitt 2.2)?
 - Hur stor är osäkerheten i riskbedömningen?
- Finns det behov av att vidta åtgärder för att skydda grundvattenmagasinet?
- Finns det behov av mer underlag inför planering av eventuella åtgärder?
- Behövs en fördjupad beskrivning? Skriv ner motiven till beslutet.
- Är all information ordentligt dokumenterad?

3 FÖRDJUPAD KARTLÄGGNING

Om den inledande analysen visar att det saknas tillräckligt underlag för riskanalysen finns anledning att utöka informationsunderlaget. Samtliga steg i den fördjupade kartläggningen (figur 5) finns även i den inledande kartläggningen. Det bör alltså finnas grundläggande information på alla områden. Syftet med den fördjupade kartläggningen är att få en djupare kunskap om grundvattenmagasinet och ett bättre underlag för riskbedömning och beslut om till exempel åtgärder. Fokusera fördjupningen till de steg som är viktigast för att besvara de specifika frågor som föranledde kartläggningen.

De grundvattenförekomster som bedöms vara utan risk för negativ påverkan av mänskliga aktiviteter i den inledande kartläggningen får automatiskt god status. Därmed behöver dessa förekomster inte analyseras vidare i ett fördjupat steg.

3.1 Geologi och egenskaper hos grundvattenmagasinet

Hänvisar till sårbarhet i avsnitt 4.5 i SGU-rapport 2014:31.

Utgå från den inledande kartläggningen, avsnitt 2.3. Använd frågelistan nedan för att fördjupa kunskapen om förhållandena vid grundvattenmagasinet.

- Vilken bergart dominerar i området runt magasinet? Här krävs expertkunskaper för att väga in lokala förhållanden på ett korrekt sätt. Exempel på bergarters betydelse för grundvattenbildningen:
 - Kristallint berg domineras av sprickor.
 - Sedimentärt berg innehåller en kombination av sprickor och porer.
 - Vissa bergarter innehåller stora sprickor, så kallad karst, som i stor utsträckning påverkar vattnets rörelser i magasinet.
- Hur mäktiga jordlager finns ovan grundvattenytan?
 - Tunna jordlager (< 2 m)
 - Måttliga jordlager (2–15 m)
 - Mäktiga jordlager (> 15 m)
- Hur ser lagerföljden ovan grundvattenytan ut?
 - Enhetliga lager
 - Tätare mot djupet
 - Genomsläppligare mot djupet
- Hur mäktiga jordlager finns under grundvattenytan?
- Hur ser lagerföljden ut under grundvattenytan?

STEG I FÖRDJUPAD KARTLÄGGNING

1. Geologi och egenskaper hos grundvattenmagasinet
2. Tillrinning och flödesriktning
3. Kontakt med grundvattenberoende ekosystem
4. Mänsklig påverkan
5. Övervakning
6. Riskbedömning
7. Analysera och summera

Figur 5. Översikt av stegen i den fördjupade kartläggningen.

- Finns det lågpermeabla lager i och/eller ovan grundvattenytan? Beskriv i så fall dessa.
- Påverkas grundvattenmagasinet av alluviala processer? Det vill säga om det finns områden som regelbundet översvämmas, vilket i sin tur har stor påverkan på grundvattenbildningen.
- Är det ett öppet eller slutet grundvattenmagasin?
- Råder artesiska förhållanden inom grundvattenmagasinet? Det vill säga om det finns ett tryck i (delar av) magasinet som gör att grundvatten strömmar ut på andra platsen än i terrängens lågpunkter.
- Är det ett stort eller litet magasin?
 - Magasin > 5 km² klassas som stora och < 5 km² som små.
- Är det ett långsam- eller snabbreagerande magasin?
 - Magasin i sand och grus är ofta långsamt reagerande medan magasin i morän och urberg ofta är snabbreagerande.
- Hur stor är magasinets hydrauliska konduktivitet?
- Hur ser bergytan ut i eller under magasinet? Studera nivåer, trösklar och stalp (en brant sluttning i bergytan som orsakar ett grundvattenflöde som liknar ett vattenfall).
- Finns det skäl att avgränsa delområden?

3.2 Tillrinning och flödesriktning

Hänvisar till vattenomsättning i avsnitt 4.5 i SGU-rapport 2014:31

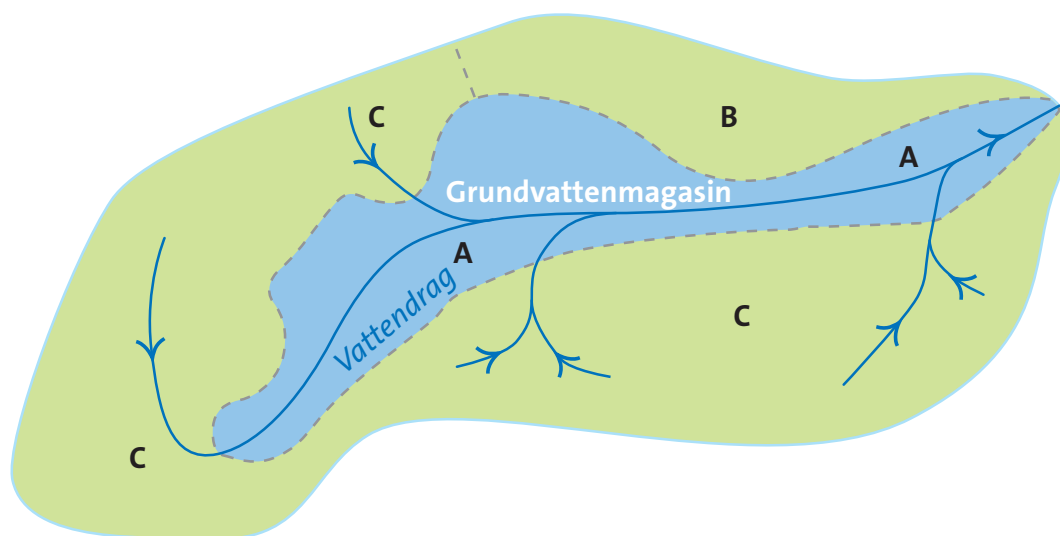
Från den inledande kartläggningen (avsnitt 2.4) finns redan information om gränser för grundvatten-

INDELNING AV TILLRINNINGSOMRÅDE

Primärt tillrinningsområde (A i figur 6) – den del av tillrinningsområdet där grundvattenmagasinet går i dagen och hela eller den helt dominerande delen av den effektiva nederbörden tillförs magasinet. Med den helt dominerade delen av den effektiva nederbörden avses minst 80 procent.

Sekundärt tillrinningsområde (B i figur 6) – de delar av tillrinningsområdet utanför grundvattenmagasinet varifrån hela eller den helt dominerande delen av den effektiva nederbörden tillförs magasinet.

Tertiärt tillrinningsområde (C i figur 6) – del eller de delar av tillrinningsområdet till ett grundvattenmagasin varifrån kontinuerlig ytvattendränning sker och där vanligen endast en mindre del av den effektiva nederbörden tillförs magasinet. Till det tertiära tillrinningsområdet räknas till exempel markområden ovan eller vid sidan av grundvattenmagasinet, varifrån läckage av vatten till magasinet sker eller bedöms kunna ske under särskilda betingelser (till exempel avsänkning av grundvattennivån eller punktering av tätande lager genom markarbeten). Med mindre del avses mindre än 80 procent, vanligen 5–20 procent.

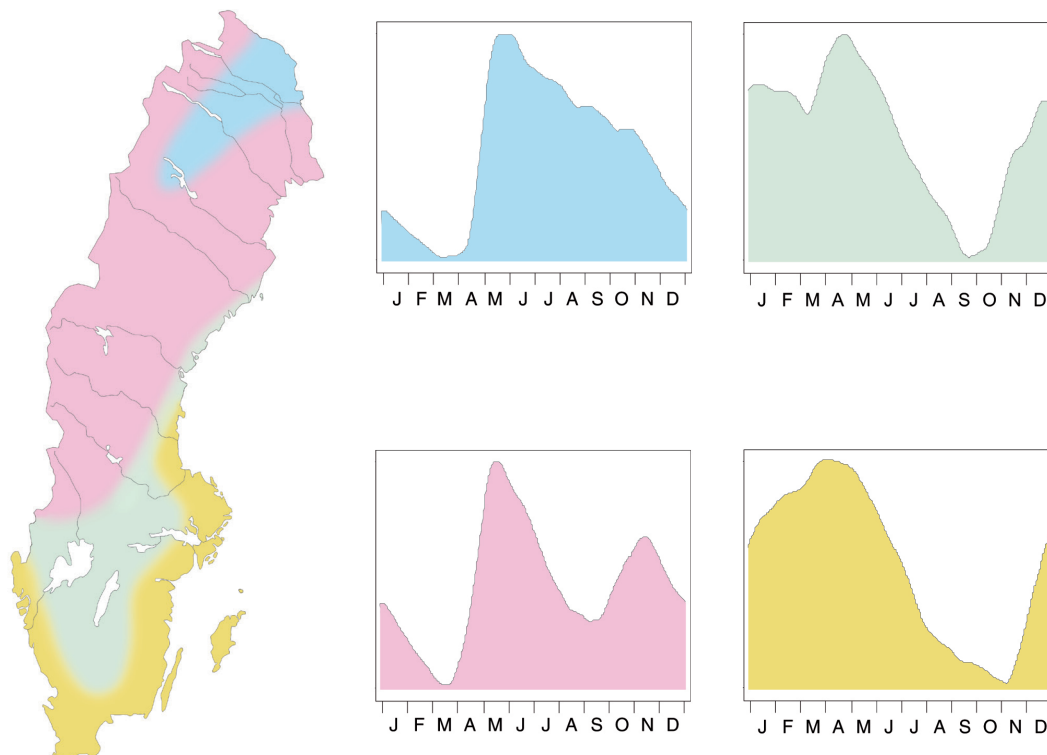


Figur 6. Principskiss över tillrinningsområde till grundvattenmagasin, indelat i primärt (A), sekundärt (B) och tertiärt (C) tillrinningsområde. Observera att även den grundvattenförande geologiska formationen som inrymmer själva grundvattenmagasinet ingår i tillrinningsområdet. (Lång m.fl. 2003).

magasinets tillrinningsområde och information om flödesritning. Genom att fördjupa informationen om tillrinningen erhålls värdefullt underlag till riskbedömningen. Tillrinningen till grundvattenmagasinet påverkas även direkt av mänskliga aktiviteter. Exempelvis genom hårdgjorda ytor, omledning av regnvatten, markanvändning och uttag till dricksvatten. Detta beskrivs ingående i avsnitt 2.6.

En fördjupad beskrivning kan göras genom att besvara följande frågor:

- Vilka jordarter dominerar inom tillrinningsområdet?
 - sand eller grus
 - silt eller morän
 - lera
 - berg i dagen
- Hur mäktiga jordlager finns inom tillrinningsområdet?
- Är det ett stort eller litet tillrinningsområde?
 - Tillrinningsområden som är < 2 gånger magasinets storlek räknas som små, tillrinningsområde > 2 gånger storleken som stora.
- Hur ser topografin ut i tillrinningsområdet?
 - Branta sluttningar ger snabb ytvavrinning.
 - Plana områden eller svackor ger långsam avrinning och eventuellt större grundvattenbildning.
- Ligger tillrinningsområdet över eller under högsta kustlinjen? Det påverkar i första hand hur brant en rullstensås är och jordmaterialets placering genom den svallning som skett när åsen legat under havsytan.



Figur 7. Grundvattennivåns genomsnittliga variationsmönster under året i olika delar av landet. Redovisningen avser snabbreagerande ("små") grundvattenmagasin som vanligtvis finns i jordarten morän och i berggrunden. Kurvorna bygger på data från perioden 1981–2010.

- Hur ser utbytet mellan grundvatten och ytvatten ut? Kontaktplatser finns identifierade i avsnitt 2.3.
- Var ligger grundvattenmagasinets utströmningsområden?
- Finns det platser där inducerad infiltration kan förekomma? Det vill säga kan mänsklig påverkan i form av sänkt grundvattennivå (exempelvis genom dricksvattenuttag), lokalt leda till att strömningsriktningen förändras så att ytvatten infiltrerar i marken och tillförs grundvattenmagasinet på platser där grundvattnet tidigare trängde ut och blev ytvatten.
- Finns indelning i primärt, sekundärt och tertiärt tillrinningsområde? Se faktaruta och figur 6.
- Hur påverkar geologin grundvattenbildningen? Till exempel förekomst av genomsläppliga eller täta ytlager.
- Hur stor är nederbörden över tillrinningsområdet?
 - Stor nederbörd (> 600 mm/år eller liten nederbörd (< 600 mm/år).
- Hur stor är den effektiva nederbörden? Använd uppgifter om nederbörd och avdunstning från SMHI.
- Kan man anta att grundvattenytan i stort sett följer marktopografin? Detta är ofta relevant. Undantag kan finnas, till exempel vid täta markstrukturer, stora flacka sandfält eller karstförande berggrund.
- Finns det platser med känd grundvattennivå? Använd informationen som framkom i avsnitt 2.7.
- Är uppgifter om grundvattennivå hämtade från mätningar i grundvattenrör? Är grundvattenrören avvägda? Detta ger information om huruvida grundvattennivåerna är direkt jämförbara med varandra.
- Finns det kända eller förmodade säsongsvariationer? Grundvattennivåerna har typiska säsongsvariationer beroende på var i landet de finns. Se faktaruta och figur 7.
- Hur ser grundvattnets strömning ut? Fördjupa bilden från den inledande klartläggningen. Illustrera med pilar eller isolinjer eller i plan.
- Finns det någon koppling till andra grundvattenmagasin? Hur ser utbytet av vatten ut i så fall?

3.3 Kontakt med grundvattenberoende ekosystem

Hänvisar till vattenomsättning i avsnitt 4.5 i SGU-rapport 2014:31

Ta fram informationen om grundvattenberoende ekosystem från den inledande kartläggningen, avsnitt 2.5. Använd den fördjupade informationen om utströmningsområden som togs fram i avsnitt 3.2. Mer fakta om grundvattenberoende ekosystem finns i rapporten *Geologins betydelse för grundvattenberoende ekosystem* (SGU-rapport 2016:11).

Besvara följande frågor om grundvattenberoende akvatiska ekosystem:

- Har det framkommit information som föranleder en ny genomgång av var grundvattenmagasinet har kontakt med ytvatten?
- Vilken typ av ytvatten har grundvattenmagasinet kontakt med? Exempelvis hav, sjö, vattendrag eller våtmark.
- Hur stort utbyte av vatten sker mellan de akvatiska ekosystemen och grundvattenmagasinet?
- Hur stort är flödet från grundvattenmagasinet?
- Hur beroende är de akvatiska ekosystemen av grundvattentillförsel? Beakta både kvantitativa och kvalitativa aspekter.
- Finns det kända problem i något av de akvatiska ekosystemen?
- Finns det anledning att tro att grundvattnets kvalitet eller kvantitet har påverkat eller påverkar de akvatiska ekosystemen negativt?
- Hur stora förändringar i grundvattnets kvalitet och kvantitet kan tolereras utan en negativ påverkan på de akvatiska ekosystemen?
- Är något av ekosystemen skyddade? Exempelvis genom Natura 2000-skydd? Läs mer om betydelsen av det i *Geologins betydelse för grundvattenberoende ekosystem* (SGU-rapport 2016:11).

Besvara följande frågor om grundvattenberoende terrestra ekosystem:

- Har det framkommit information som föranleder en ny genomgång av var det finns grundvattenberoende terrestra ekosystem?
- Vilken typ av anslutna terrestra ekosystem finns det? Exempelvis översilningskärr, svämskog, alkärr eller källor. Hur är grundvattennivån i relation till de terrestra ekosystemen?
- Finns det kända problem i något av de terrestra ekosystemen?

- Hur beroende är de terrestra ekosystemen av grundvattentillförsel? Beakta både kvalitativa och kvantitativa aspekter.
- Finns det anledning att tro att grundvattnets kvalitet eller kvantitet har påverkat eller påverkar de terrestra ekosystemen negativt?
- Hur stora förändringar i grundvattnets kvalitet eller kvantitet kan tolereras utan en negativ påverkan på de akvatiska ekosystemen?
- Är något av ekosystemen skyddade? Exempelvis genom Natura 2000-skydd? Läs mer om betydelsen av det i SGU-rapport 2016:11 (*Geologins betydelse för grundvattenberoende ekosystem*).

Läs mer-tips

Geologins betydelse för grundvattenberoende ekosystem, SGU-rapport 2016:11. Naturvårdsverkets webbplats *Skyddad natur*, med samlad information om olika typer av områdesskydd.

3.4 Mänsklig påverkan

Hänvisar till mänsklig påverkan samt information om vattentäkter i avsnitt 4.5 i SGU-rapport 2014:31

I den inledande kartläggningen av mänsklig påverkan (avsnitt 2.6) togs mycket information fram, fördjupa den i det här steget. Det kan ha framkommit ny information i den fördjupade kartläggningen om exempelvis tillströmningsområdet som gör att nya områden räknas som inströmningsområden. Stegen från den inledande kartläggningen behöver i så fall upprepas för dessa områden. Det kan också vara motiverat att göra stegen från den inledande kartläggningen på en mer detaljerad nivå.

Beskriv mänsklig påverkan på grundvattnets kvalitet genom att besvara följande frågor:

- Har det framkommit information i tidigare steg som föranleder en ny genomgång av frågorna i den inledande kartläggningen (avsnitt 2.6)? Exempelvis om punktkällor, markanvändning och diffusa föroreningar som riskerar att påverka grundvattnet i magasinet.
- Finns det behov av en fördjupad genomgång av förorenade ämnen orsakade av markanvändningen?
- Har det tillkommit förorenande ämnen som inte fanns med i vattenförvaltningens påverkansanalys. Exempelvis PFAS.

Beskriv mänsklig påverkan på grundvattenbalansen eller grundvattnets kvantitet genom att besvara följande frågor:

- Har det framkommit information i tidigare steg som föranleder en ny genomgång av frågorna i den inledande kartläggningen, avsnitt 2.6. Exempelvis om vattenuttag, konstgjord infiltration eller saltvatteninträngning?
- Finns det stora områden där markytan har gjorts tät? Gäller i stor utsträckning i städer.
- Finns det system för avledning av regnvatten, till exempel kopplat till hårdgjorda ytor? Information finns i kartor som visar kommunernas verksamhetsområde för dagvatten.
- Finns det områden som påverkas av uppdämning?
- Finns det områden som påverkas av dikning eller dränering?
 - I hur stor omfattning är jordbruksområden dränerade?
 - I hur stor omfattning är skogsmark dikad?
 - Finns det markavvattningsföretag? Informationen finns hos länsstyrelsen.
 - Finns det stor påverkan från dränering av vägportar? Information finns i Trafikverkets databas Akvavia.
 - Finns det tunnlar eller berggrum som läcker?
- Finns det vattendomar som reglerar uttag av vatten för ändamål som bevattning av grödor och industriell användning? Informationen finns hos mark- och miljödomstolen alternativt länsstyrelsen.
- Finns det djurgårdar som genom egen brunn gör stora uttag från grundvattenmagasinet? Aktuell lagstiftning kan tolkas som att dessa omfattas av ett undantag från tillståndsplikten. Risken finns därmed att de inte återfinns hos tillsynsmyndigheten (länsstyrelsen).
- Har kommunala vattentäkter ett beslutat vattenskyddsområde?
- Finns det tillståndsgivna vattentäkter som ännu inte är tagna i bruk?
- Hur stort dricksvattenuttag görs för enskild vattenförsörjning? Använd befolkningsstatistik, brunnsinventering och ta även hänsyn till om det är permanentboende eller fritidshus.
- Vilket dricksvattenuttag för enskilt bruk kan förväntas ske i framtiden? Kolla i kommunens översiktsplan:
 - Är det ett område som ska byggas ut?
 - Finns det information i en kommunal VA-plan om tänkt VA-utbyggnad?

- Hur ser planeringen för markanvändningen ut för tillrinningsområdet? Kolla kommunens översiktsplan.

Om grundvattenmagasinet är en vattentäkt, utöka din beskrivning genom att besvara följande frågor:

- Var är vattentäkten lokaliserad?
- Stratigrafisk position, det vill säga från vilket jord- eller berglager och vilket djup görs uttaget?
- Hur stort är vattenuttaget?
- Hur stor del av grundvattenmagasinet påverkas av uttaget?
- Hur ser planeringen ut för uttaget i vattentäkten i framtiden?

3.5 Övervakning

Det finns information om övervakning framtiden i den inledande kartläggningen, avsnitt 2.7. Gör en noggrannare utvärdering av tillgängliga miljöövervakningsdata genom att besvara följande frågor:

- Finns det anledning att lägga mer tid på att leta ytterligare miljöövervakningsdata?
- Har det tillkommit data i den fördjupade kartläggningen? Utvärdera i så fall dessa enligt frågorna i avsnitt 2.7
- Vilka bakgrundsvärden är relevanta för grundvattenmagasinet? Läs mer i SGUs bedömningsgrunder för grundvatten.
- Hur ser de uppmätta halterna ut jämfört med bakgrundsvärdena?
- Vad kan antas vara naturlig påverkan och vad är mänsklig påverkan? Använd informationen från avsnitt 3.4.
- Hur ser grundvattnets tillstånd ut? Lagg tonvikt på tillskott av föroreningar genom mänsklig verksamhet. Använd SGUs bedömningsgrunder för grundvatten.
- Skiljer sig analysresultaten för ämnen mellan olika provplatser?
- Finns det ämnen som förekommer i förhöjda halter även om de underskrider sitt respektive riktvärde eller ligger under värdet som är utgångspunkt för att vända trenden?
- Hur stor del av grundvattnet i magasinet representerar proverna?
- Finns det delar av grundvattenmagasinet som inte alls är undersökt?
- Kan variationer hos nivådata antas vara naturliga säsongvariationer eller bero på mänsklig påverkan? Jämför med uppgifter från avsnitt 3.2.

Läs mer-tips

SGUs bedömningsgrunder innehåller hjälp för tolkning av analysresultat utifrån en indelning i tio geografiska regioner och ett antal olika typer av provtagningsplatser. Information om geografisk region togs fram i avsnitt 2.3.

3.6. Riskbedömning

Hänvisar till avsnitt 4.4 i SGU-rapport 2014:31

Syftet med riskbedömningen är att göra en sammanvägning av riskerna för försämrad kvalitet eller kvantitet hos grundvattenmagasinet och att bedöma vad en eventuell försämring får för konsekvenser.

Använd all information som tagits fram i de tidigare stegen i den fördjupade kartläggningen. De stödfrågor som finns nedan är desamma som i den inledande kartläggningen (avsnitt 2.8). Skillnaden är att underlagsmaterialet till bedömningen nu är mer omfattande. Om grundvattenmagasinet är en vattenförekomst enligt vattenförvaltningen – använd de fyra frågor som finns i den inledande kartläggningen (avsnitt 2.8).

Förslag på frågor att besvara vid riskbedömningen för grundvattenmagasin:

- Vilken känslighet har grundvattenmagasinet till följd av geologin, magasinets egenskaper och tillrinningsområdet? Använd informationen från avsnitt 3.1 och 3.2
 - Vilka faktorer ger hög känslighet?
 - Vilka faktorer ger låg känslighet?
 - Hur blir den sammanlagda känsligheten?
- Hur stor risk utgör mänskliga aktiviteter för grundvattnet i magasinet? Använd informationen om mänsklig påverkan (avsnitt 3.4) och väg ihop med magasinets känslighet på platsen för den aktuella aktiviteten. Beakta både kvalitativa och kvantitativa aspekter.
- Vad är det största hotet mot vattenbalansen i grundvattenmagasinet?
- Hur stor är risken att grundvattenmagasinets vattenbalans försämras?
- Vad är det största hotet mot vattenkvaliteten i grundvattenmagasinet?
- Hur stor är risken att vattenkvaliteten försämras?
- Hur stora är de sammanvägda riskerna i framtiden?
- Finns det information som tyder på att grundvattenmagasinet är påverkat av mänskliga akti-

viteter? Väg samman resultaten av mänsklig påverkan (avsnitt 3.4) och övervakning (avsnitt 3.5). Beakta både kvalitativa och kvantitativa aspekter.

- Hur påverkas de identifierade riskerna av en framtida klimatförändring? Exempelvis kraftigt förhöjda grundvattennivåer eller kraftigt sänkta grundvattennivåer.
- Vad får eventuella försämringar av grundvattnets kvalitet eller kvantitet för konsekvenser?
 - Hur påverkas grundvattenberoende ekosystem?
 - Hur påverkas möjligheterna till vattenuttag?
- Hur stor är osäkerheten i riskbedömningen?
- Vilka brister har underlaget till riskbedömningen?
- Vilket material skulle behövas för att göra en säkrare bedömning?

3.7 Analysera och summera

Läs igenom det material som samlats in under den fördjupade kartläggningen. Försök sammanfatta. Fokusera på riskbedömningen, den styr i stor utsträckning behovet av fortsatt arbete. Använd gärna följande frågor som stöd:

- Finns det information från alla steg i kartläggningen?
- Vilken information saknas eller är bristfällig?
- Räcker det att titta på grundvattenmagasinet som helhet eller finns det anledning att beskriva delområden eller problemområden?
- Vad visar kartläggningen av grundvattenmagasinet? Sammanfatta de viktigaste punkterna.
 - Hur stor är den mänskliga påverkan på grundvattnet i magasinet idag?
 - Hur stor är risken för negativ påverkan på grundvattenmagasinet i framtiden?
 - Har kartläggningen lett fram till svar på de frågor som ställdes inför kartläggningen (avsnitt 2.2)?
 - Hur stor är osäkerheten i riskbedömningen?
- Har den fördjupade kartläggningen lett till andra slutsatser än den inledande kartläggningen?
- Finns det behov av att vidta åtgärder?
- Finns det behov av mer underlag inför planering av eventuella åtgärder?
- Finns det behov av att utföra undersökande provtagning (det vill säga gå vidare till nästa steg)? Ange motiven till beslutet.
- Är all information ordentligt dokumenterad?

4 HYDROGEOLOGISKA UNDERSÖKNINGAR

Den fördjupade kartläggningen kan leda fram till slutsatsen att det behövs mer information om grundvattenmagasinet eller tillrinningsområdet. Det kan då vara relevant att genomföra en hydrogeologisk undersökning av grundvattenmagasinet (figur 8). Här nedan följer en kortfattad beskrivning av olika undersökningsmetoder som kan ingå i en hydrogeologisk undersökning.

4.1 Planering inför undersökningar

Börja alltid med planering. Tydliggör vilken information undersökningarna ska ge. Valet av undersökningsmetod och plats är helt beroende av detta. Exempel på frågor att ställa sig vid planering av undersökningarna är:

- Finns det undersökningar som utförts tidigare?
 - Vad var syftet med dessa?
- Vad är syftet med nya undersökningar?
- Vilken information ska tas fram om grundvattenmagasinet genom undersökningarna?
- Vilka undersökningsmetoder ger relevant information?
- Hur stor budget finns för undersökningar?
- Vilka undersökningar kan utföras på egen hand och för vilka bör en expert eller konsult anlitas?

4.2 Nivåmätningar och vattenprovtagning

Nivåmätningar är en metod för att undersöka grundvattenytans läge och dess variationer över tid. Provtagning av grundvattnet kan ge information om vilken påverkan grundvattenmagasinet är utsatt för. Vattenprover kan analyseras för en mängd kemiska parametrar, mikroorganismer och radon. En negativ påverkan på ett grundvattenmagasin kan utgöras av förändrade grundvattennivåer eller förändrad vattensammansättning. Nivåmätningar och vattenprovtagningar kan göras i olika typer av provpunkter, se faktaruta. Frågor att ställa sig inför nivåmätning och vattenprovtagning är exempelvis:

- Finns det relevanta provtagningspunkter?
- Finns det befintliga övervakningsstationer eller provtagningspunkter för vattenprover eller nivåmätningar?
 - Är dessa placerade på relevanta platser?
 - Finns det lämpliga platser att starta ny provtagning på?
- Behövs nya grundvattenrör för att täcka in rätt områden?

HYDROGEOLOGISKA UNDERSÖKNINGAR

1. Planering inför undersökningar
2. Nivåmätning och grundvattenprovtagning
3. Hydrauliska metoder
4. Geotekniska metoder
5. Geofysiska metoder
6. Spårämnen och temperaturgradienter
7. Beräkningsmetoder
8. Analysera och summera

Figur 8. Översikt över olika metoder för hydrogeologiska undersökningar.

OLIKA TYPER AV PROVTAGNINGSPUNKTER

Källa – en bra representativ källa har stort upptagningsområde, flödar ständigt och är ofta bättre som provtagningspunkt än en brunn. En liten källa placerad i utkanten av ett grundvattenmagasin kan dock ge missvisande resultat eftersom det finns risk att den har ett mycket begränsat upptagningsområde.

Brunn – en allmän vattentäkt med stort upptagningsområde är en bättre provtagningspunkt än en enskild brunn.

Grundvattenrör – ett grundvattenrör har ett relativt litet upptagningsområde och ett prov representerar oftast området närmast röret.

Ytvatten – Punkter med lokalt utläckage från grundvattenmagasinet kan vara lämpliga provtagningspunkter.

- Finns det tidigare undersökningar att jämföra med?
 - Är det lämpligt att analysera samma parametrar?
 - Kontrollera att analysnoggrannheten (detektionsgränsen) är minst lika bra som i tidigare undersökningar.
- Vilka parametrar är relevanta att analysera? Om det finns misstankar om förorenande ämnen bör dessa naturligtvis analyseras.
- Vilken noggrannhet på analyserna behövs för att ge relevant information?
- Kan provsvaren rapporteras in till exempelvis en datavärd så att fler kan ha nytta av dem?

Läs mer-tips

Regional miljöövervakning av grundvattennivåer (Dahlqvist 2012). *Övervakning av grundvattnets*

kvalitet (Thunemar 2016). Checklista inför provtagning, tips på analysparametrar samt inventerings- och provtagningsprotokoll finns på SGUs webbplats.

4.3 Hydrauliska metoder

Information om hur mycket grundvatten som finns och vilken kapacitet ett magasin har kan fås genom slugtest, provpumpning och vattenförlustmätningar.

Slugtest är den enklaste metoden. Principen är att släppa ner ett föremål med känd volym i ett grundvattenrör. Det ger en snabb höjning av grundvattennivån i röret. Mätningar görs för att registrera tiden det tar för grundvattenytan att återgå till normal nivå. Metoden ger information om markens genomsläpplighet i nära anslutning till grundvattenröret.

Provpumpning innebär att grundvattenytan sänks genom att grundvatten pumpas ur en brunn eller ett rör. Både sänkningen av grundvattenytan och efterföljande återhämtning mäts. Denna metod kräver att det finns flera brunnar eller grundvattenrör i nära anslutning till varandra. Resultatet från provpumpningen visar hur stort område som påverkas av pumpningen och hur snabbt grundvattnet transporteras i marken. Pumpvolymen justeras med målsättning att hitta en jämviktssituation där pumpningen och tillrinningen är lika stor. Provpumpning kan göras antingen som kort- eller långtidsmätning. Korttidsmätning omfattar mätningar från några veckor upp till en månad, medan långtidspumpning kan pågå ett år. Långtidspumpning används till exempel inför etablering av dricksvattentäkter.

Vattenförlustmätningar används för att undersöka transporten av grundvatten i sprickor i berget. I ett bergborrhål sätts så kallade muffar för att täta hålet på olika nivåer. Sedan pumpas en specifik mängd vatten ner i bergborrhålet varefter nivån i röret mäts tills dess att grundvattenytan har återgått till sin normala nivå. Försöket upprepas med muffar på olika djup för att hitta vattenförande sprickor i berget.

Läs mer-tips

Undersökning av slugtestmetodik i jord (examensarbete av Andersson, 2015). *Examensarbete om slugtester i berg* (Doverfeldt, 2015). *Rapport om analys av provpumpning i berg* (Ludvigson & Hjerne, 2014). *Rapport om vattenförlustmätningar i berg* (Ludvigson m.fl., 2007).

4.4 Geotekniska metoder

Geotekniska undersökningar kan göras med olika syften. Det vanligaste är att undersöka markens hållfasthet inför byggnationer av olika slag. Geotekniska undersökningar utförs av konsulter. När metoden används för hydrogeologiska syften fås information om djup till berggrunden, lagerföljder och grundvattennivå. SGU använder trycksondering och skruvborrning för undersökningar av grundvattenmagasin. Trycksondering innebär att pressa ner en metallspets i marken och utifrån den kraft som går åt tolkas vilket material som finns i marken. Skruvborrning innebär att borra i jorden med hjälp av en skruv samtidigt som jordprover tas, till exempel varje meter. Utrustningen för både sondering och skruvborrning är monterad på en bandvagn.

Läs mer-tips

SGFs Fälthandbok Geoteknik (SGF, 2013a).

4.5 Geofysiska metoder

Geofysiska metoder används för att få information om djup till berggrunden, lagerföljder och grundvattenytans läge. Det är alltså liknande information som från den geotekniska undersökningen, skillnaden är att med de geofysiska metoderna sker mätningar kontinuerligt längs en linje. Resultatet blir ett tolkat tvärsnitt av förhållandena från markytan till berggrunden längs den undersökta linjen. Se exempel i figur 9. Det finns tre huvudsakliga metoder för geofysiska mätningar: resistivitet, georadar och seismik. Val av metod beror i första hand på förutsättningarna på platsen, men metoderna ger också lite olika detaljeringsgrad.

Den finns även en metod för att utföra flygburna TEM-mätningar. TEM är en förkortning för *Time-domain Electromagnetic* och metoden innebär mätning av markens resistivitet med hjälp av elektromagnetiska vågor från utrustning placerad på en helikopter. Resultatet är en 3D-modell ner till cirka 200 meters djup under markytan. Metoden är mycket kostsam, men lämpar sig för att täcka stora ytor.

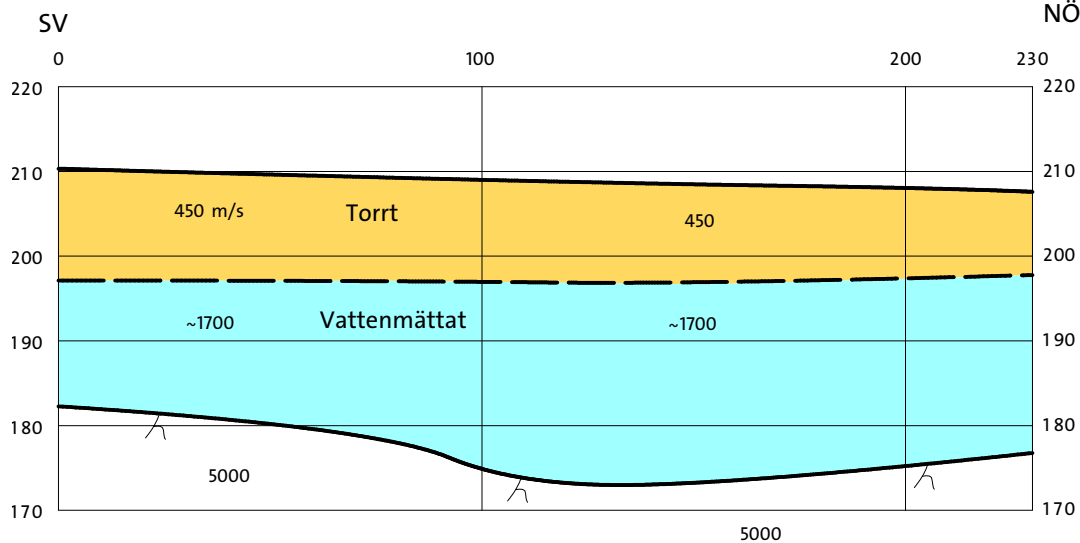
Läs mer-tips

SGF Metodblad – Geofysiska metoder: georadar, resistivitetsmätningar, seismik och ytvägsseismik (SGF 2008). *Geofysik för geotekniker* (Triumf, 1992).

Refraktionsseismik S3-03, Källheden, Skellefteå kommun

7180776
1715266

7180936
1715436



Figur 9. Resultat från seismikmätning i Skellefteå kommun.

4.6 Spårämnen och temperaturgradienter

Mätningar av spårämnen och temperaturgradienter kan användas för att få information om transporttider och åt vilket håll grundvattnet rinner. Ett spårämneshörsök innebär att ett ämne (vanligen ett färgämne eller salt) tillsätts och därefter utförs mätningar nedströms. Metoden kräver att det finns bra platser nedströms att mäta på.

Mätningar av temperaturgradienter i till exempel ett vattendrag kan ge information om var grundvatten flödar ut i vattendraget. Det är en förhållandevis billig och enkel metod. Det går också att mäta temperaturgradienter i grundvattenrör för att undersöka förekomst av inducerad infiltration.

Läs mer-tips

Spårämneshörsök som undersökningsmetodik vid konstgjord grundvattenbildning (Tilly m.fl., 1999).
Rapport med samlade erfarenheter från spårämneshörsök i berg (Löfgren m.fl., 2007).

4.7 Beräkningsmetoder

Olika typer av beräkningar kan användas för att få bättre kännedom om grundvattenmagasinet. Grundvattenbildningens storlek och uttagsmöjligheter är exempel på faktorer som kan uppskattas genom vattenbalansberäkningar. Dessa kan göras genom analytisk beräkning, numerisk modellering eller känslighetsanalys.

Läs mer-tips

Vattenbalansberäkningar (Rodhe m.fl., 2006).

4.8 Analysera och summera

Väg samman informationen som framkommit i de utförda undersökningarna med informationen från de två kartläggningsstegen. Sammanfatta till exempel med hjälp av frågorna nedan. Fokusera speciellt på de frågeställningar som var anledningen till kartläggningen av magasinet.

- Vilken ny information har framkommit i undersökningarna?
- Vilken information saknas eller är bristfällig?
- Vad visar den totala kartläggningen av grundvattenmagasinet? Sammanfatta de viktigaste punkterna.
 - Hur stor är den mänskliga påverkan på grundvattnet i magasinet idag?
 - Hur stor är risken för negativ påverkan i framtiden?
 - Har arbetet lett fram till svar på de frågor som ställdes inför kartläggningen (avsnitt 2.2)?
 - Hur stor är osäkerheten?
- Har undersökningarna lett till andra slutsatser än dem från de två kartläggningsstegen?
- Finns det behov av att vidta åtgärder?
- Är all information ordentligt dokumenterad?

REFERENSER

- Doverfeldt, S., 2015: En jämförelse av hydrauliska enhålstester i grundvatten. *Examensarbete vid Institutionen för geovetenskaper, ISSN 1650-6553 Nr 338*. Uppsala universitet.
- Ludvigson, J.-E., Hansson, K. & Hjerne, C., 2007: Method evaluation of single-hole hydraulic injection tests at site investigations in Forsmark. Forsmark site investigation. *SKB P-07-08*.
- Ludvigson, J.-E. & Hjerne, C., 2014: Detailed analysis of selected hydraulic interference test and review of new test analysis methods. *SKB R-10-73*.
- Lång, L.-O., Stejmar Eklund, H. & Graffner, O., 2003: Utgångspunkter för avgränsning av tillrinningsområden till grundvattenmagasin. *SGU-rapport 2003:22*. 16 s.
- Löfgren, M., Crawford, J. & Elert, M., 2007: Tracer tests – possibilities and limitations. Experiences from SKB fieldwork: 1977–2007. *SKB R-07-39*.
- Dahlqvist, P., 2012: *Regional miljöövervakning av grundvattennivåer*. Länsstyrelserna och vattenmyndigheterna. ISBN 978-91-86533-97-7.
- Miljö- och energidepartementet, 2004: Förordning om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön. *SFS 2004:660*. Miljö- och energidepartementet, Stockholm.
- Naturvårdsverket, 2015: Mål i sikte. Analys och bedömning av de 16 miljökvalitetsmålen i fördjupad utvärdering 2015. Volym 1. *Rapport 6662*.
- Rodhe, A., Lindström, G., Rosberg, J. & Pers, C., 2006: Grundvattenbildning i svenska typjordar – översiktlig beräkning med en vattenbalansmodell. *Report Series A No. 66*. Uppsala universitet, Institutionen för geovetenskaper. 20 s.
- SGU, 2013a: Sveriges geologiska undersöknings föreskrifter om kartläggning och analys av grundvatten (SGU-FS 2013:1).
- SGU, 2013b: Sveriges geologiska undersöknings föreskrifter om miljökvalitetsnormer och statusklassificering för grundvatten (SGU-FS 2013:2).
- SGU, 2013c: Bedömningsgrunder för grundvatten. *SGU-rapport 2013:01*.
- SGU, 2014: Vägledning: Vattenförvaltning av grundvatten. *SGU-rapport 2014:31*.
- Thorsbrink, M., Dahlqvist, P., Holgersson, B. & McCarthy, J., 2016: Geologins betydelse för grundvattenberoende ekosystem. *SGU-rapport 2016:11*.
- Tunemar, L., 2016. Övervakning av grundvattnets kvalitet, nationell och regional samverkan. SGU, länsstyrelsen Hallands län, länsstyrelsen Västerbottens län. *SGU-rapport 2016:3*. 23 s.
- Naturvårdsverket, 1999: Metodik för inventering av förorenade ämnen. Bedömningsgrunder för miljö-kvalitet samt Vägledning för insamling av underlagsdata. ISBN 91-620-4918-6.
- SGF, 2013a: Fälthandbok Geoteknik. *SGF Rapport 1:2013*. Svenska geotekniska föreningen.
- SGF, 2013b: Fälthandbok Miljötekniska undersökningar av förorenade områden. *SGF Rapport 2:2013*. Svenska geotekniska föreningen.
- Tilly, L., Maxe, L. & Johansson, P.-O., 1999: Spårämnesförsök som undersökningsmetod vid konstgjord grundvattenbildning. VA-FORSK rapport. 88 s.
- Triumf, C.-A., 1992: Geofysik för geotekniker, Metoder och tillämpningar. *T-skrift 31:92*. Byggforskningsrådet, Stockholm. ISBN 978-91-540-5493-1. 86 s.

WEBBRESURSER

- < www.geodata.se > Geodata är webbplats med samlad presentation av vilken geografisk information som finns och vilka aktörer som är ansvarig för den.
- < www.kemi.se > Kemikalieinspektionens webbplats innehåller produktregister med information om godkända preparat, doser och användningsområden för bekämpningsmedel. På webbplatsen finns även uppgifter om försålda mängder bekämpningsmedel.
- < www.sgf.net > Svenska Geotekniska Föreningen, SGF, har en webbplats med rapporter och metodblad som bland annat beskriver olika fältundersökningsmetoder: geofysiska metoder, georadarundersökningar, resistivitetsmätningar, seismik och ytvågsseismik.
- < www.sgu.se > SGUs webbplats innehåller mycket information och underlagsmaterial: Kartvisaren, GeoLagret, WMS visningstjänst för kartor, checklista inför provtagning, inventerings- och provtagningsprotokoll samt förslag på analysparametrar. Dessutom finns här SGUs föreskrifter och vägledningar.
- < <http://skyddadnatur.naturvardsverket.se> > ”Skyddad natur” är ett kartverktyg som Naturvårdsverket ansvarar för. Där finns samlad information om många olika skyddsformer som exempelvis naturresurser, vattenskyddsområden, biotopskydd och Natura 2000-områden.
- < www.trafikverket.se > Trafikverket har flera databaser med relevant information. Det enklaste sättet att få ta del av informationen är att begära ett utdrag för det aktuella grundvattenmagasinet.
- < <https://vattenwebb.smhi.se> > SMHIs vattenwebb tillgängliggör information om sötvatten och kustvatten i Sverige. Här finns mätresultat att ladda ner, resultat av olika modellkörningar samt analysverktyg för ytvatten.
- < <http://viss.lansstyrelsen.se> > VISS är en databas med information om Sveriges vattenförekomster, både ytvatten och grundvatten.

BILAGA 1. EXEMPEL PÅ ANVÄNDNING AV KARTLÄGGNINGSMETODEN – VÄXJÖÅSEN, ÅBY

Här presenteras ett exempel på tillämpning av kartläggningsmetoden. I rubrikerna anges, inom parentes, vilket avsnitt i rapporten som exemplifieras. Ett grundvattenmagasin i Växjötrakten har valts ut. Det utgör exempel på en vanlig situation med ett grundvattenmagasin i en isälvsavlagring. Den information och de slutsatser som redovisas här utgör endast exempel på underlag som kan behövas inom till exempel vattenförvaltningsarbetet. Det är vattenmyndigheterna som fattar beslut om status och åtgärdsprogram för vattenförekomster.

Inledande kartläggning

Identifiera och avgränsa (2.1)

Grundvattenmagasinet är en grundvattenförekomst inom vattenförvaltningen benämnd Växjöåsen, Åby, norr om Växjö (VISS, 2017a). Det har unik identitet EU_CD: SE632262-143758. Hela magasinet bedöms som intressant att kartlägga. Gränserna för förekomsten finns angivna i VISS (figur 1). Grundvattenmagasinet är karterat av SGU på regional nivå (skala 1:250 000), förekomstens utbredning har senare justerats mot lokal jordartskarta.

Motiv till val av grundvattenmagasin (2.2)

Uppgifter från den regionala miljöövervakningen visar att riktvärdet för bekämpningsmedel (0,1 µg/l för ett enskilt ämne och 0,5 µg/l för summan av ämnen) överskrids i grundvattenförekomsten. Det är anledningen till att förekomsten får otillfredställande kemisk status. Det behövs samlad information om förekomsten för en bättre riskbedömning kopplat till de förhöjda halterna av bekämpningsmedel. Det handlar alltså om ett konstaterat problem.

Geologi och egenskaper hos grundvattenmagasinet (2.3)

Grundvattenmagasinet i Åby inryms i en rullstensås, alltså ett magasin i jord. Den vattenförande strukturen utgörs därmed av porer. Åby ligger i den geografiska region som kallas sydsvenska höglandet. Typiskt för denna region är att berg- och jordarterna är relativt svårvittrade och området har därför låg motståndskraft mot försurning (SGU, 2013, sidan 26). Magasinet antas inledningsvis vara homogent. Uppgifter om vilket djup under markytan grundvattennivån ligger på saknas i VISS. Magasinets sårbarhet är klassat som hög. Vissa delar är täckta av mindre genomsläppliga jordlager och vissa delar har beskrivningen ”genomsläppligheten är måttlig till hög” (SGUs karta över grundvattenmagasinets sårbarhet). Karta med grundvattenförekomstens gränser finns i figur 1.

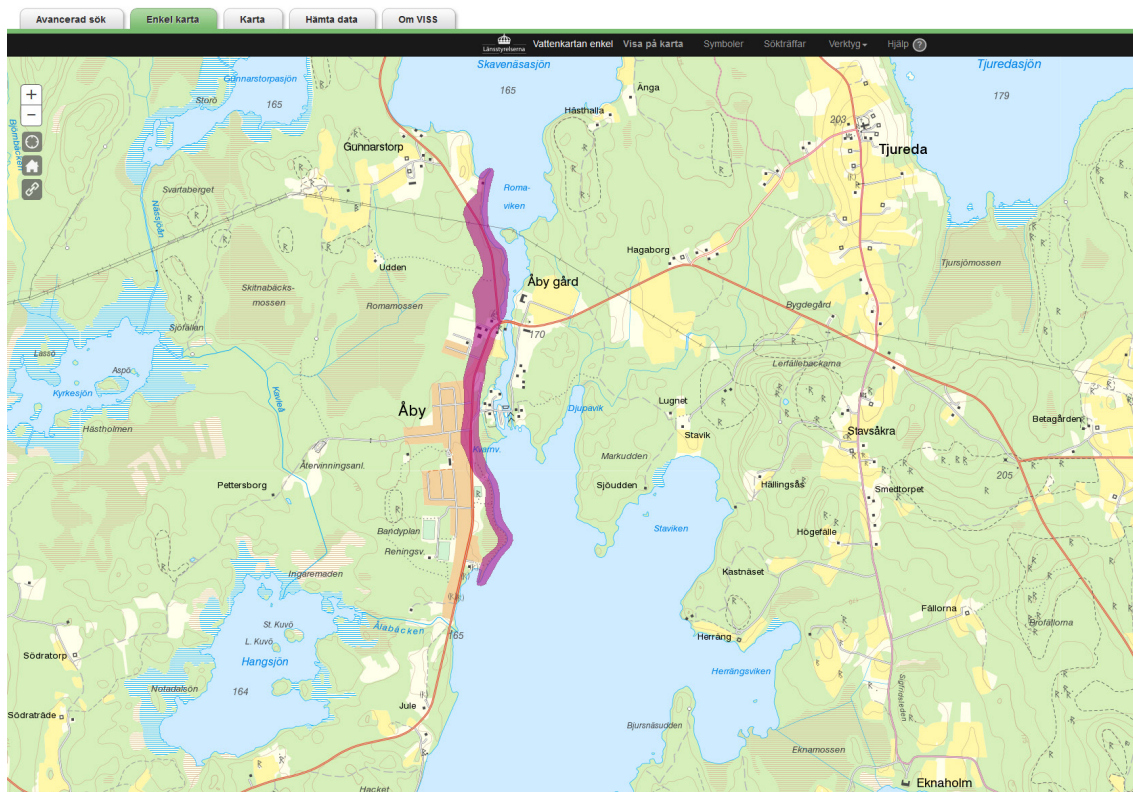
Tillrinning och flödesriktning (2.4)

Tillrinningsområdet finns inte markerat i VISS, men det finns ett automatgenererat tillrinningsområde. Modelleringen är gjord av SGU (figur 2).

Grundvattenmagasinets tillrinningsområde är begränsat av höjder i väst och sjöar i öst. Strömningsriktningen uppskattas vara från nordväst mot sydöst, vilket följer markytans höjdkurvor samt ytvattnets strömningsriktning. I SGUs karta över grundvattenmagasinet finns pilar som indikerar att strömningsriktningen i magasinet är riktad rakt åt söder.

Kontakt med grundvattenberoende ekosystem (2.5)

Den sydöstra delen av grundvattenmagasinet gränsar till Helgasjön och den nordöstra delen till Skavenäsasjön (figur 1). Sjöarna förbinds genom Åbyån (en del av Mörrumsån), men ån avskärmas delvis från grundvattenmagasinet av ett håll- och moränområde, enligt SGUs jordartskarta.



Figur 1. Åby med grundvattenförekomstens gränser markerade, skärmdump som visar hur sådan karta ser ut i VISS (VISS 2017a).

Helgasjön, Skavenäsasjön (en del av Tolgasjön) och Mörrumsån är alla klassade som ytvattenförekomster. Ytvattnets strömningsriktning är mot söder. Magasinet har sannolikt ett utflöde av grundvatten till båda sjöarna. Möjligen kan strömningsriktningen ändras beroende på hur stort dricksvattenuttag som görs från grundvattenmagasinet.

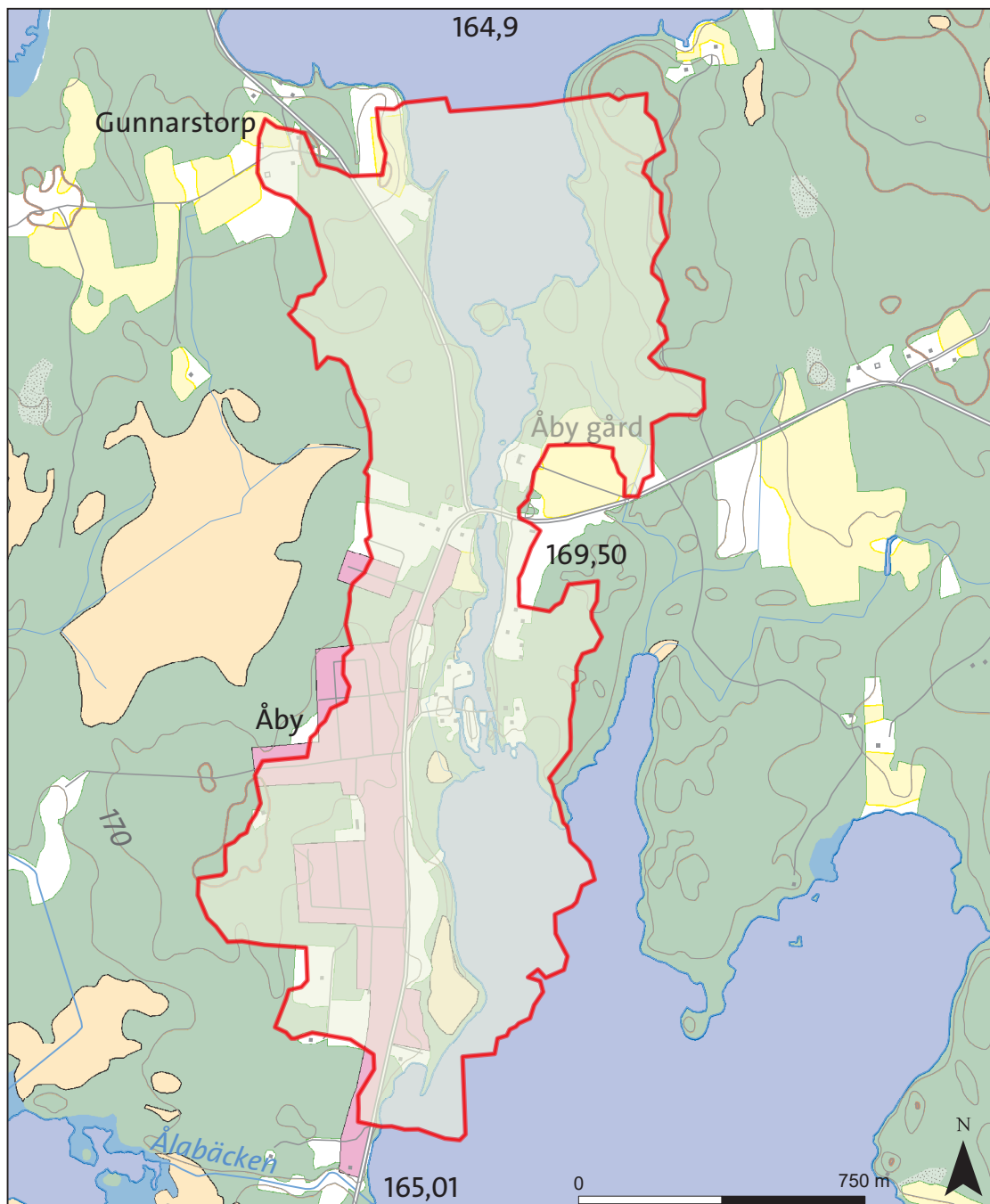
Ytvattenförekomsten Tolgasjön har god ekologisk status, men uppnår ej god kemisk status (VISS 2017b). De faktorer som gör att vattenförekomsten inte uppnår god kemisk status är försurning och miljögifter, i det här fallet kvicksilver och bromerad difenyleter.

Utdrag om Tolgasjön från VISS (2017b) om kvicksilver: "Expertbedömning tyder på att gränsvärdet för kvicksilver överskrids. Tillförlitlighetsklassning B (god)."

Utdrag om Tolgasjön från VISS (2017b) om bromerad difenyleter: "Underlagsdata för parametern saknas eller är bristfälliga. Men bedömningen; 'uppnår ej god kemisk status', baseras på en nationell extrapolering som tyder på att gränsvärdet för PBDE överskrids i fisk. I EGs ramdirektiv för vatten (2008/105/EG samt 2013/39/EU) anges gränsvärdet för PBDE i biota till 0,0085 mikrogram per kilogram våtvikt ($\mu\text{g/kg vv}$). I Sverige idag överstiger PBDE gränsvärdet i alla ytvatten. Med tanke på det låga gränsvärdet sätts tillförlitligheten till B."

Ytvattenförekomst Helgasjön har måttlig ekologisk status och uppnår ej god kemisk status (VISS 2017c). Övergödning, syrefattiga förhållanden och miljögifter bedöms som miljöproblem.

Utdrag om Helgasjön ur VISS (2017c) om ekologisk status: "Den sammanvägda ekologiska statusen för Helgasjön är klassad till Måttlig med avseende på växtplankton. Tillförlitligheten i klassningen bedöms vara god (B). Sammanställningen av växtplankton baseras på status för näringspåverkan och artantal."



Figur 2. Grundvattenmagasinets tillrinningsområde, markerat med röd linje.

Att Helgasjön inte uppnår god kemisk status beror på kvicksilver och bromerad difenyleter, precis som för Tolgasjön.

Problem med kvicksilver och bromerad difenyleter i ytvatten är inte orsakade av utläckande grundvatten, som i detta fall har konstaterats innehålla rester av bekämpningsmedel. Ytvattenförekomsterna är stora och tillskottet av vatten från grundvattenmagasinet bedöms inte ha så stor inverkan på dem, varken kvalitativt eller kvantitativt.

Områden med grundvattennivå nära markytan är svåra att identifiera. Det finns ett område längs Helgasjöns västra strand (det vill säga i östra delen av grundvattenmagasinet) som sannolikt

har en grundvattenyta som är strax under markytan. Detta område skulle kunna utgöra ett grundvattenberoende terrest ekosystem. Väster om magasinet ligger Romamossen, men den bedöms inte vara ett anslutet grundvattenberoende ekosystem eftersom den ligger högre än magasinet.

Mänsklig påverkan (2.6)

I VISS är diffus urban markanvändning en identifierad påverkanskälla (VISS 2017a). Den urbana markanvändningen bedöms utgöra en betydande påverkan. Följande står i bedömningen i VISS (2017a): "Påverkansanalysen från maj 2013 visar att risken för påverkan från mänskliga aktiviteter är stor varför vattenkvaliteten bedöms riskera att ej uppnå god status 2021. En övervägande del av förekomsten ligger inom område med gles stadsstruktur. Förhöjda halter av bekämpningsmedel och nitrat har uppmätts." Vidare bedöms grundvattenförekomsten ha god kvantitativ status, men otillfredställande kemisk status.

Markanvändningen i tillrinningsområdet uppskattas till ca 60 procent villabebyggelse (utifrån satellitfoto i figur 3). Resterande del utgörs av skog. I området dominerar bostäder med permanentboende. Väg 880 och 882 passerar genom magasinsområdet. Uppgifter om förorenad mark eller miljöfarlig verksamhet har inte inhämtats.

Magasinet belastas av ett kommunalt dricksvattenuttag, detta bedöms som relativt litet. Inga andra uttag, förutom möjligen något mindre hushållsuttag, bedöms förekomma. Ingen utökning av vattenuttaget förutspås. Ingen konstgjord infiltration sker till magasinet och det är inte heller påverkat av saltvatteninträngning.

Övervakning (2.7)

Inom förekomsten finns regional miljöövervakning (RMÖ). Samordnad regional råvattenkontroll av grundvattnet görs två gånger per år.

Om provtagning av bekämpningsmedel står följande i VISS (2017a): "Data från vattentäcksarkivet och regional miljöövervakning visar att SGUs riktvärde för bekämpningsmedel på 0,1 µg/l per enskilt ämne och 0,5 µg/l totalt överskrids. Bedömningen baseras på 5 analyser av DEA, Atrazindesetyl (2011–2012) och 14 analyser av BAM (2008–2012). 3 analysresultat av DEA är under kvantifieringsgränsen < 0,01 µg/l. Högsta uppmätta halt DEA är 0,017 µg/l (2012) och BAM är 0,15 (2008). Övriga bekämpningsmedel är under kvantifieringsgränsen. Tillförlitligheten är bra (B) då bedömningen baseras på flera analyser från en station som representerar en stor del av grundvattenförekomsten."

Analysresultaten återges inte i sin helhet här. Bedömning av tidstrend har inte gjorts. Det har inte heller gjorts någon provtagning av grundvattnet i magasinet inom nationell miljöövervakning. Inga uppgifter om enskild provtagning har hittats. Ingen allmän bedömning av grundvattenkvaliteten har gjorts i detta fall.

Riskbedömning (2.8)

Riskbedömningen i VISS anger att det inte är någon risk att god kvantitativ status inte ska uppnås till år 2021. Däremot finns det risk att god kemisk status inte uppnås till 2021. Huvudskälet till detta är de förhöjda halterna av bekämpningsmedel samt att SGUs satta värde för att vända trenden överskrids för nitrat. Påverkansanalys gjordes i maj 2013. I den här kartläggningen valdes att helt fokusera på bekämpningsmedel.

Utöver vad som anges i VISS finns ingen information om påverkanskällor. Inga påverkanskällor har strukits. Riskbedömningen är verifierad med övervakningsdata. I denna kartläggning har hittills ingen information framkommit som ger skäl att ändra den riskbedömning som gjorts inom vattenförvaltningsarbetet.



Figur 3. Satellitfoto över markytan ovanför grundvattenmagasinet (Google maps 2017).

Analysera och summera (2.9)

Det finns information från alla steg i den inledande analysen. Mycket av informationen fanns redan tillgänglig i VISS eftersom magasinet även är en vattenförekomst. Den tillgängliga information är inte tillräcklig som underlag för beslut om eventuella åtgärder kopplade till bekämpningsmedel. Det är oklart hur de uppmätta halterna påverkar dricksvattenuttaget och potentiella grundvattenberoende ekosystem. Därför finns behov att gå vidare till en fördjupad kartläggning. Den bör fokusera på en bättre förståelse för grundvattenmagasinets uppbyggnad och tillrinningsområde, samt på mer specifik information om de påträffade bekämpningsmedlen.

Det har inte framkommit information som tyder på att endast en del av magasinet bör studeras, därför försätter arbetet med hela magasinet som utgångspunkt.

Den mänskliga påverkan på grundvattenmagasinet bedöms som måttlig. Men det är ändå så att stora delar av magasinet är bebyggt och sårbarheten bedöms som hög. Vilken påverkan uppmätta halter av BAM och DEA har idag går inte att dra några slutsatser om utifrån den inledande kartläggningen.

En av de åtgärder som föreslås inom vattenförvaltningen är att pumpa upp och rena vattnet från bekämpningsmedel. Med tillgänglig information är det svårt att avgöra om det är en lämplig åtgärd i detta fall.

All information som hittills framkommit är dokumenterad.

Fördjupad kartläggning

Geologi och egenskaper hos grundvattenmagasinet (3.1)

Grundvattenmagasinet utgörs av sand och grus. Jorddjupen bedöms som måttliga (2–15 m) enligt SGUs jorddjupskarta (figur 4) och tillgänglig information från brunnborrningar, utredningar etc. både inom magasinet och tillrinningsområdet. Jordlagren bedöms vara enhetliga. Berggrunden utgörs av kristallina bergarter (granit).

Magasinet är öppet så att vatten kan transporteras vertikalt genom de vattengenomsläppliga jordlagren ned till grundvattnet (figur 5). Artesiska förhållanden (när grundvattnets nivå eller tryckyta står över marknivån) bedöms inte föreligga, det vill säga att det saknas tätande finkorniga jordlager. Magasinet är litet (0,28 km²) och bedöms vara långsamreagerande avseende nivåvariation. Det kan finnas skäl att avgränsa delområden genom att mer noggrant utreda vattendelarens läge.

En bergtröskel kan finnas mitt på magasinet.

Tillrinning och flödesriktning (3.2)

Tillrinningsområdet domineras av morän och ligger ovanför högsta kustlinjen. Terrängen inom grundvattenmagasinet och tillrinningsområdet utgörs av ett område svagt sluttande åt öster. Grundvattenströmningen bedöms i stora drag följa topografin. Den bergtröskel som kan finnas mitt på magasinet kan inverka på strömningsförhållandena. Tillrinningsområdena bedöms vara i väster. Närmast sjön i öster kan utströmningsområden återfinnas, vilket våtmarker nära sjön indikerar.

Tillrinningen till magasinet är inte väl beskriven, endast modellerade tillrinningsområden finns. Modelleringen är gjord i GIS utifrån antagandet att grundvattenströmningen följer matkylans topografi. Indelning i primära, sekundära och tertiära tillrinningsområden saknas. Utifrån den automatgenererade bedömning är tillrinningsområdet stort (> 2 gånger magasinet storlek): 1,9 km².

Nederbörden bedöms till ca 600–675 mm/år och grundvattenbildningen är bedömd till 336 mm/år eller 2,7 l/s (Rodhe m.fl. 2006).

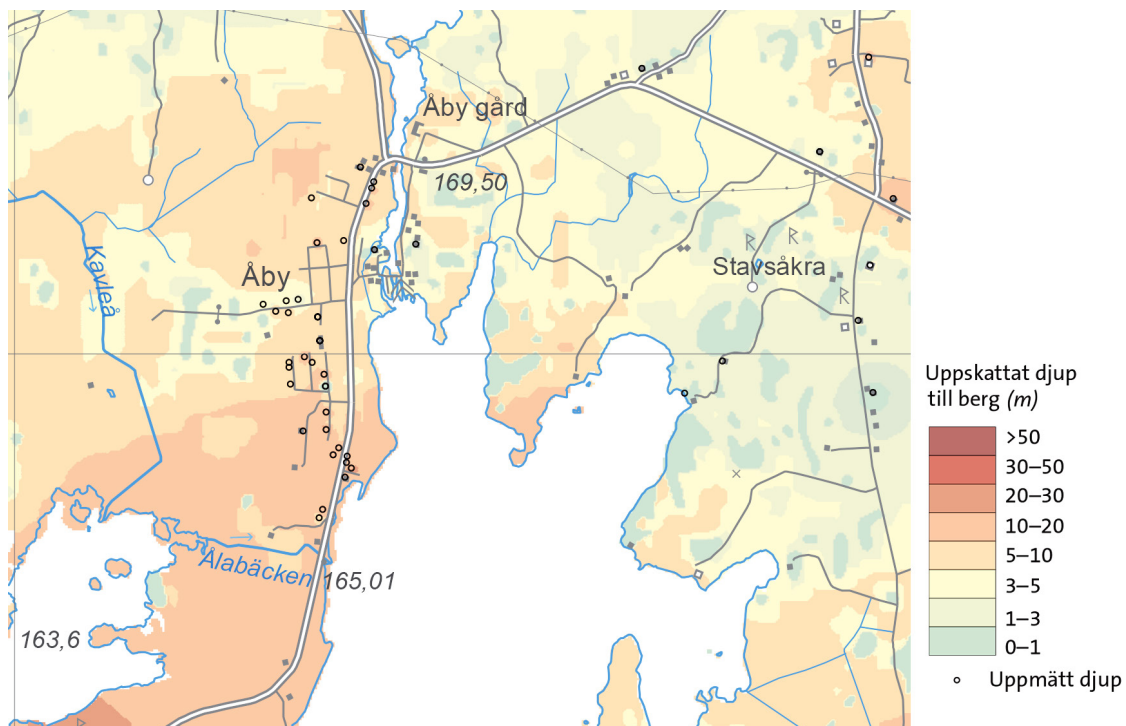
Grundvattenytan bedöms följa marktopografin. Grundvattenströmning bedöms ske mot öster och Helgasjön. Underlag för bedömning kan även finnas i de rapporter som tagits fram inom arbetet med vattenskyddsområde för den kommunala vattentäkten i Åby: Backö kommunaltekniska byrå (1981), Mark & Vatten Ingenjörerna AB (2004) samt Mark & Vatten Ingenjörerna AB (2008). Bergtröskel enligt jorddjupsmodellen kan inverka som grundvattendelare, men delaren kan även vara rörlig. Det krävs mer underlag för att verifiera vattendelare.

Uppgifter om det geologiska materialets genomsläpplighet (hydraulisk konduktivitet, m/s) finns från äldre propumpningar redovisade i de i detta stycke refererade rapporterna om vattenskyddsområde. Den hydrauliska konduktiviteten är uppskattad till $1,03 \times 10^{-3}$ m/s, gradient 10 promille och flödes hastighet ca 4,4 m/dygn.

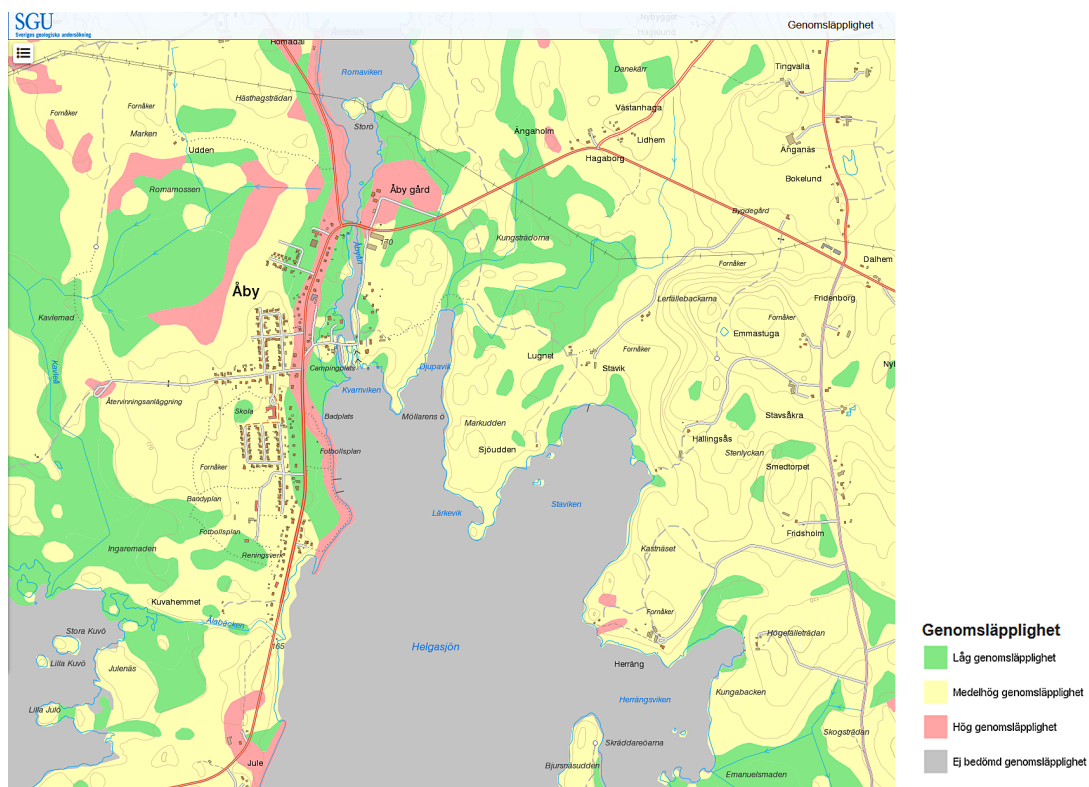
Vid större grundvattenuttag skulle inducerad infiltration kunna förkomma i strandkanten mot Helgasjön i magasinets östra del. Dessa lågt liggande områden skulle också kunna påverkas av översvämningar i samband med högvatten.

Kontakt med grundvattenberoende ekosystem (3.3)

Akvatiska ekosystem. Bedömningen att vattnet i grundvattenmagasinet har liten påverkan på de ytvattenförekomster som det står i kontakt med kvarstår. Den högsta halten av BAM som påträffats i magasinets grundvatten är 0,15 µg/l. Det är långt under effektnivåer för akvatiska organismer. BAM har ett riktvärde på 400 µg/l (Andersson m.fl. 2011). Den högsta påträffade halten av atrazindesetyl (DEA) är 0,017 µg/l. DEA har ett riktvärde på 0,6 µg/l (HaV 2015).



Figur 4. Utsnitt ur SGUs karta över jorddjup. Kartan är framtagen med hjälp av SGUs kartgenerator som finns på www.sgu.se.



Figur 5. Utsnitt ur SGUs karta över genomsläpplighet. Kartan är framtagen med hjälp av SGUs kartvisare som finns på www.sgu.se.

Även detta fynd är alltså på en nivå som inte påverkar akvatiska organismer negativt. Dessutom sker en stor utspädning när grundvattnet når ytvattnet.

Utfloppet av grundvatten till sjöarna kan vara i samma storleksordning som grundvattenbildningen. Men eftersom magasinet ansluter till stora sjösystem bedöms den kvalitativa och kvantitativa statusen på grundvattnet inte ha någon negativ påverkan på ytvattnet. De problem som pekats ut för ytvattenförekomsterna är inte knutna till grundvattnets kvalitet.

Terrestra ekosystem. Det har framkommit ny information i den fördjupade kartläggningen (avsnitt Tillrinning och flödesriktning) om att det finns våtmarker i grundvattenmagasinets östra del, i strandkanten mot sjön. Dessa utgör i så fall troligen grundvattenberoende terrestra ekosystem. De kan framför allt påverkas negativt om grundvattennivån sjunker. Våtmarkerna förväntas inte påverkas negativt av de förhöjda halter av BAM och DEA som påträffats i grundvattenmagasinet. Hur stor förändring i grundvattennivån som våtmarkerna tål är svårt att säga. Om grundvattennivån sjunker kommer troligen ytvatten från sjöarna att infiltrera och på så sätt nå magasinet (så kallad inducerad infiltration). Om våtmarkerna ligger på ungefär samma nivå som sjöytan kan man anta att våtmarkerna kommer att finnas kvar även vid en sänkning av grundvattenytan, men att de då påverkas mer av ytvattnet. En förändring i artsammansättning kan då tänkas ske i och med att ytvattnet troligen är mer näringsrikt än grundvattnet. Detta går att utreda ytterligare, men för denna kartläggningen bedöms det som onödigt.

I magasinets tillrinningsområde finns inga terrestra eller akvatiska ekosystem som är skyddade, varken som naturreservat, Natura 2000-område eller med annan typ av naturskydd.

Mänsklig påverkan (3.4)

Inga ytterligare påverkanskällor, förutom de som tidigare framkommit, är kända. Däremot kan de bekämpningsmedelsrester som återfunnits tyda på en större påverkan på grundvattnets kvalitet, åtminstone lokalt, av markanvändningen än vad modellen visat. De ämnen som påträffats har varit förbjudna att sälja i Sverige sedan början av 1990-talet. Därför bedöms det som osannolikt att någon ytterligare tillförsel sker. Däremot kan det finnas en källa av förorening i marken som fortsätter läcka till grundvattnet.

Mänsklig påverkan på vattenbalansen och grundvattennivåerna utgörs i första hand av det dricksvattenuttag som sker från magasinet. Inom tillrinningsområdet finns inga stora områden med hårdgjorda ytor. Spillvattenledningar finns i området, men det sker ingen omfattande avledning av dagvatten. Dikningsföretag kan förekomma, men troligen endast i mindre utsträckning. Tunnlar och bergrum saknas, likaså områden som är uppdämda. Större uttag av grundvatten till bevattning bedöms inte förekomma i området.

Den kommunala dricksvattentäkten har ett beslutat vattenskyddsområde, som är indelat i skyddszoner. Uttaget av grundvatten är 60 m³/dygn, i medeltal. Det finns två uttagsbrunnar (5–7 meter djupa) placerade nära Helgasjöns strand. Det förväntas ingen expansion av bebyggelse i området och därmed inte heller något ökat dricksvattenuttag.

Övervakning (3.5)

De har inte framkommit ytterligare övervakningsdata i den fördjupade kartläggningen. Enligt SGUs bedömningsgrunder för grundvatten (SGU 2013) klassas de påträffade halterna av bekämpningsmedel som mycket höga. Grundvattnet bedöms dessutom som otjänligt som dricksvatten. Detta beror dock inte på att de påträffade ämnena är humantoxiska, utan bygger på det politiska ställningstagandet att vi inte ska ha bekämpningsmedel i vårt dricksvatten. De prover som tagits anses representera stora delar av grundvattenmagasinet eftersom de är tagna på råvattnet (det vatten som ska bli dricksvatten) på den plats där dricksvattenuttaget sker. Eftersom alla prover är tagna på samma plats får man däremot inte någon uppfattning om var källan till föroreningen finns.

De nivåer av BAM och DEA som påträffats är inte unika för just detta grundvattenmagasin. Dessa ämnen är välkänt rörliga och på grund av tidigare oförsiktig användning har de i många fall transporterats till grundvattenmagasin (HaV 2014).

Riskbedömning (3.6)

Grundvattenmagasinet bedöms som relativt känsligt för mänsklig påverkan eftersom det finns en stor andel bebyggelse i området samtidigt som jorden ovanpå magasinet till stora delar är genomsläpplig. Eftersom bebyggelsen utgörs av villor och inte industriområden är mängden farliga ämnen som hanteras begränsad. En olycka eller brand skulle kunna påverka grundvattenmagasinet negativt till följd av den höga genomsläppligheten i jorden ovanpå magasinet.

Magasinets vattenbalans bedöms inte vara utsatt för så stor risk. Dricksvattenuttaget förväntas inte öka och inga aktiviteter som minskar grundvattenbildningen är kända i området.

Den förorening av bekämpningsmedel som finns i magasinet förväntas inte få så stora negativa konsekvenser för de grundvattenberoende ekosystemen. För dricksvattenproduktionen däremot innebär föroreningen att grundvattnet måste renas innan det kan levereras till konsumenten. Investeringar i kolfilter har gjorts för att säkra dricksvattenförsörjningen. Om halterna av bekämpningsmedel skulle stiga (inom rimliga gränser) så innebär det därmed inget ytterligare problem för dricksvattenförsörjningen. En måttlig ökning av halten bekämpningsmedel innebär troligen inte heller något problem för de grundvattenberoende ekosystemen, eftersom de ämnen som påträffats inte är så giftiga.

Det vore intressant att veta mer om utbredningen av bekämpningsmedel i magasinet. Det behövs i så fall provtagning på flera olika platser i magasinet för att avgöra var källan (eller källorna) till föroreningen finns.

Analysera och summera (3.7)

Det finns information från alla steg i den fördjupade kartläggningen. Utifrån frågeställningen görs bedömningen att det fungerar bra att se på magasinet som helhet. Den mänskliga påverkan på grundvattenmagasinet idag utgörs i första hand av dricksvattenuttaget. Det finns inga fynd av idag godkända bekämpningsmedel. De bekämpningsmedel som påträffats har inte varit tillåtna i svensk handel sedan början av 1990-talet. De förhöjda halter av bekämpningsmedel som finns i grundvattenmagasinet bedöms inte ha negativ påverkan på grundvattenberoende ekosystem. Dricksvattenförsörjningen påverkas negativt, men tack vare ett reningssteg går det ändå bra att producera dricksvatten av magasinets grundvatten. Säkerheten i riskbedömningen är relativt hög.

Ytterligare information om varifrån föroreningen av bekämpningsmedel kommer och om det finns delar av magasinet som har högre halter vore intressant att undersöka. Det skulle i så fall kräva provtagning på flera platser i och omkring magasinet. Eftersom:

- det rör sig om föroreningar som kommer från aktiviteter troligen utförda för ca 25 år sedan
- det handlar om ämnen och halter av dessa ämnen, som inte bedöms som toxiska för de grundvattenberoende ekosystemen
- dricksvattenproducenten redan infört åtgärder för att ta bort föroreningen så att dricksvattenförsörjningen är tryggad

görs den sammanlagda bedömningen att det inte är befogat att fortsätta med ytterligare provtagning. Att vidta åtgärder för att sanera grundvattenmagasinet bedöms inte heller som nödvändigt.

Slutsatser och ställningstaganden är dokumenterade så långt som möjligt.

Referenser

- Andersson, M. & Kreuger, J., 2011: Preliminära riktvärden för växtskyddsmedel i ytvatten, beräkning av riktvärden för 64 växtskyddsmedel som saknar svenskt riktvärde. *Teknisk rapport 144*, Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Backö kommunaltekniska byrå, 1981: Utlåtande över fastställande av skyddsområde och skyddsföreför skrifter för grundvattentäkt i Åby. Referensnummer i SGUs register för grundvattenutredningar 5126.
- Google maps, 2017: Satellitfoto över markytan över Åby grundvattenförekomst. < <https://www.google.se/maps/@57.0242315,14.781194,1744m/data=!3m1!1e3> > Hämtad 26 juni 2017.
- HaV, 2014: Kemiska bekämpningsmedel i grundvatten 1998–2014. Sammanställning av resultat och trender i Sverige under tre decenier, samt internationella utblickar. *Havs- och vattenmyndighetens rapport 2014:15. CKB rapport 2014:1*.
- HaV, 2015: HVMFS 2015:4, Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om ändringar i Havs- och vattenmyndighetens föreskrift (HVMFS 2013:19) om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten.
- Mark & Vatten Ingenjörerna AB, 2004: Förslag till skyddsområde för Åby kommunala vattentäkt, Växjö kommun. Referensnummer i SGUs register för grundvattenutredningar 8894.
- Mark & Vatten Ingenjörerna AB, 2008: Förslag till vattenskyddsområde för Åbys vattentäkt. Referensnummer i SGUs register för grundvattenutredningar 8965.
- Rodhe, A., Lindström, G., Rosberg, J. & Pers, C., 2006: Grundvattenbildning i svenska typjordar – översiktlig beräkning med en vattenbalansmodell. Uppsala universitet, Institutionen för geovetenskaper, *Report Series A No. 66*, 20 s.
- SGU, 2013: Bedömningsgrunder för grundvatten. *SGU-rapport 2013:01*.
- Söderholm H., Fogdestam B. & Engqvist P., 1987: Beskrivning över grundvattnet i Kronobergs län. *SGU A/h 10*. 88 s.
- VISS, 2017a: Information om Åby grundvattenförekomst. < <http://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterEUID=SE632262-143758> > Citerad 2017-06-12
- VISS, 2017b: Information om Tolgasjöns ytvattenförekomst. < <http://viss.lansstyrelsen.se/waters.aspx?waterEUID=SE632319-143784> > Citerad 2017-06-12
- VISS, 2017c: Information om Helgasjöns ytvattenförekomst. < <http://viss.lansstyrelsen.se/waters.aspx?waterEUID=SE630764-143570> > Citerad 2017-06-12
- VISS, 2017d: Karta med gränserna för Åbys grundvattenförekomst markerade. < <http://viss.lansstyrelsen.se/SimpleMapPage.aspx> > Hämtad 2017-06-26.

