

Rapportering av regeringsuppdrag

Grundvatten i framtida klimat

– effekter för vattenförsörjningen



Carl-Erik Hjerne, Anders Retzner, Eva Hellstrand, Bo Thunholm,
Michelle Nygren, Jakob Forsgren & Jonas Gierup

RR 2025:01

www.sgu.se

Författare: Carl-Erik Hjerne, Anders Retzner, Eva Hellstrand,
Bo Thunholm, Michelle Nygren, Jakob Forsgren och Jonas Gierup

Granskad av: Björn Holgersson, Josef Källgården

Ansvarig enhetschef: Kiriina Skeppström

Redaktör: Lina Rönnåsen

Regeringsuppdragets fullständiga namn: Analys av grundvatten-
magasinens robusthet och utsatthet för klimatförändringar

Omslagsbild: Flicka med ett glas vatten.

Fotograf: Envato

Januari 2025

Sveriges geologiska undersökning

Box 670, 751 28 Uppsala

tel: 018-17 90 00

e-post: sgu@sgu.se

www.sgu.se

Förord

Sveriges geologiska undersökning (SGU) fick i regleringsbrevet för 2024 i uppdrag av regeringen att analysera de svenska grundvattenmagasinens robusthet och utsatthet för klimatförändringar. Syftet var att få ökad kunskap kring dagens grundvattenuttag och grundvattentillgång för att möta framtida förändringar i tillgång och behov. Förutom analys av grundvattenmagasinens robusthet och utsatthet för klimatförändringar skulle uppdraget även inkludera analys av uttag av grundvatten och uttagens effekt i grundvattenmagasinen.

Eftersom uppdraget var begränsat till ett år valde SGU att prioritera vissa delar av detta omfattande ämnesområde i syfte att kunna leverera konkreta resultat som kan utgöra planeringsunderlag, till exempel för regional vattenförsörjningsplanering. Den viktigaste prioriteringen var att fokusera på analyser av mängden grundvatten samt befintligt nyttjande av grundvatten inom dricksvattenförsörjning. Dels för att dricksvatten ofta utgör det mest primära behovet, dels för att förändringar av mängden grundvatten kan medföra andra effekter i marken. Det finns andra aspekter och egenskaper som också är mycket viktiga att beakta för en klimatanpassning av samhället med avseende på grundvatten, men som inte har analyserats inom ramen för detta uppdrag. Till exempel annan vattenförsörjning, grundvattenkvalitet och markstabilitet.

Med anledning av de begränsningar som funnits inom uppdraget vill SGU särskilt poängtera att resultaten inte utgör ett fullständigt underlag för klimatanpassning av samhället med avseende på grundvatten. För det krävs ytterligare analyser av andra faktorer samt mer specifika och detaljerade konsekvensanalyser.

Regeringsuppdraget har resulterat i tre produkter:

- Denna rapport vars huvuddelar består av en utökad analys av klimatförändringarnas påverkan på mängden grundvatten samt en översiktlig analys av beroendet av grundvatten för både allmän och enskild vattenförsörjning i Sverige.
- SGU-rapport 2024:04 (Hjerne m.fl. 2024) publicerad i april 2024 som omfattar en grundläggande analys av klimatförändringarnas påverkan på mängden grundvatten.
- Ett digitalt tillhandahållande av samtliga resultat från analyserna av klimatförändringarnas påverkan på mängden grundvatten, vilket möjliggör vidare användning och fortsatt analys för alla intressenter.

SGU vill rikta ett stort tack till SMHI för ett mycket bra stöd och samarbete vad det gäller klimatmodellering.

Läsanvisning

Den primära målgruppen för denna rapport är de som arbetar med frågeställningar som direkt eller indirekt berörs av grundvatten, företrädesvis dricksvattenförsörjning. Det kan till exempel vara handläggare hos vattenproducenter, kommuner och länsstyrelser, eller konsulter som arbetar med vattenförsörjningsfrågor, markanvändningsplanering eller infrastrukturprojekt.

På ett övergripande plan är rapporten också lämplig för beslutsfattare och andra myndigheter eller organisationer, som till exempel Svenskt Vatten och Lantbrukarnas Riksförbund. Detta eftersom grundvatten och dess förändring i ett framtida klimat spelar en mycket viktig roll för vårt samhälle.

För att fullt ut kunna ta del av rapporten krävs en viss grundläggande kunskap om grundvatten. Oavsett om läsaren har kunskap om grundvatten eller ej, är det mycket viktigt att vara medveten om de osäkerheter och begränsningar som beskrivs i denna rapport för att resultaten inte ska användas på ett felaktigt sätt.

Innehåll

Förord.....	2
Läsanvisning.....	3
Sammanfattning.....	6
Bakgrund.....	8
Analys av klimatförändringarnas påverkan på grundvatten.....	9
Metod.....	9
Klimatmodellering och beräkningsmodell för grundvatten.....	9
Klimatindikatorer.....	11
Resultat.....	13
Potentiell grundvattenbildning – små magasin.....	14
Grundvattentorka – små magasin.....	16
Fyllnadsgrad – små magasin.....	17
Fyllnadsgrad – stora magasin.....	19
Allmän vattenförsörjning med grundvatten.....	21
Effekter av grundvattenuttag för allmän vattenförsörjning.....	21
Översikt av grundvattenuttag för allmän vattenförsörjning.....	22
Metod.....	22
Resultat.....	24
Enskild dricksvattenförsörjning med grundvatten.....	26
Effekter av grundvattenuttag för enskild dricksvattenförsörjning.....	26
Metod.....	26
Resultat.....	28
Diskussion.....	31
Översikt av grundvattenuttag för enskild dricksvattenförsörjning.....	32
Metod.....	32
Resultat.....	36
Diskussion.....	38
Samanalys.....	39
Allmän vattenförsörjning och klimatförändringarnas påverkan på stora grundvattenmagasin.....	39
Enskild dricksvattenförsörjning och klimatförändringarnas påverkan på små magasin.....	39

Diskussion och slutsatser	40
Möjliga konsekvenser för samhället	41
Förslag till fortsatta studier	43
Referenser	44
Bilaga 1. Beräkning av klimatindikatorer	46
Bilaga 2. Beräknad grundvattentillgång per bostad	49
Stockholms län	50
Västra Götalands län	52
Östergötlands län	55
Södermanlands län	57
Kalmar län	58
Västernorrlands län	60
Uppsala län	61
Blekinge län	63
Hallands län	64
Västerbottens län	66
Norrbottnens län	68
Gävleborgs län	70
Värmlands län	72
Örebro län	74
Gotlands län	76
Jönköpings län	77
Västmanlands län	79
Jämtlands län	80
Dalarnas län	82
Kronobergs län	84
Skåne län	85

Sammanfattning

Sveriges geologiska undersökning (SGU) fick i regleringsbrevet för 2024 i uppdrag av regeringen att analysera de svenska grundvattenmagasinens robusthet och utsatthet för klimatförändringar. Syftet var att få ökad kunskap kring dagens grundvattenuttag och grundvattentillgång för att möta framtida förändringar i tillgång och behov.

I denna slutrapport presenterar SGU analyser av hur klimatförändringarna påverkar grundvatten, analyser av hur allmän och enskild vattenförsörjning i Sverige beror av grundvatten samt metoder för hur analyserna har utförts. Inom regeringsuppdraget har SGU även tagit fram en digital tjänst som tillhandahåller resultaten från analyserna av klimatförändringarnas påverkan på grundvatten som presenteras i denna rapport. Tidigare har också rapporten ”Klimatmodellering av grundvatten – grundläggande analys” (Hjerne m.fl. 2024) publicerats inom ramen för uppdraget.

Grundvatten spelar en stor roll för flera funktioner i det svenska samhället. Den kanske mest uppenbara är dess betydelse för vattenförsörjning, men grundvatten kan till exempel också vara avgörande för vissa ekosystem. Det är inte bara för lite grundvatten som kan vara problematiskt utan även för mycket grundvatten kan medföra negativa konsekvenser. Till exempel kan höga grundvattennivåer öka risken för översvämning och försämrad bärighet i mark.

Denna studie är avgränsad till mängden grundvatten, både för analyserna av klimatförändringarna och av vattenförsörjningen, och berör inte grundvattenkvalitet. Detta beror framför allt på att det inte varit möjligt att inkludera grundvattenkvalitet i den beräkningsmodell som använts för analysen av klimatförändringarna.

Klimatförändringarnas påverkan på grundvatten

Studiens analyser av klimatförändringarnas påverkan omfattar tre klimatindikatorer. Dessa är *potentiell grundvattenbildning* och *grundvattentorka* för små grundvattenmagasin, samt *fyllnadsgrad* för både små och stora grundvattenmagasin. Grundvattentorka är ett mått på antalet dygn i följd då den potentiella grundvattenbildningen varit noll eller mycket begränsad under de senaste 30 dyggen. Fyllnadsgrad är en normering av grundvattennivå för en specifik plats.

I ett översiktligt, nationellt perspektiv visar de beräknade klimatindikatorerna för perioden 2011–2100 jämfört med referensperioden 1971–2000 bland annat att:

- Förändringarna är större för kraftigare klimatscenarier och senare tidsperioder.
- Förändringarna för årstider är generellt mer betydande än den totala förändringen sett över ett helt år.
- Den potentiella grundvattenbildningen ökar under vintern medan den minskar under våren.
- Fyllnadsgraden, och därmed grundvattennivån, minskar mest under sommaren och hösten.
- Längden på grundvattentorkan under sommarhalvåret ökar.

Förändringarna av klimatindikatorerna kan grovt delas in i två olika geografiska områden. I området som omfattar Norrlands inland, fjällkedjan och delar av Dalarna tyder resultaten på att det generellt blir en ökad fyllnadsgrad och potentiell grundvattenbildning samt en kortare grundvattentorka under vintern. Detta skulle då kunna innebära en ökad grundvattentillgång i området sett i ett längre perspektiv.

Däremot tyder resultaten på att området som omfattar Götaland samt stora delar av Svealand och Norrlandskusten kan få en minskad grundvattentillgång i ett framtida klimat. Punktlistan visar några mer specifika resultat för dessa områden:

- Perioderna med grundvattentorka förväntas bli längre samtidigt som årsmedelvärden för potentiell grundvattenbildning och fyllnadsgrad minskar eller förblir oförändrad.
- Förändringen blir större för de torrare åren och de perioder då det är en låg fyllnadsgrad. Det innebär att det förväntas bli större skillnad mellan torra år/årstider och blöta år/årstider i framtiden för detta område.

När man använder analysresultaten för klimatförändringarnas påverkan är det viktigt att ta hänsyn till den osäkerhet som finns i analysen, vilket beskrivs i form av standardavvikelse och robusthet för klimatindikatorerna.

Beroende av grundvatten för dricksvattenförsörjning

Studiens analyser av dricksvattenförsörjningen visar att en stor del av de svenska kommunerna är beroende av grundvatten för den allmänna vattenförsörjningen. Beroendet varierar dock stort. Vissa kommuner är helt beroende av grundvatten medan andra har inget eller mycket litet beroende av grundvatten. I vissa län är det en relativt stor andel av kommunerna som är helt eller nästan helt beroende av ytvatten, men även i dessa län kan grundvatten lokalt vara mycket betydelsefullt.

Förutsättningarna för den enskilda vattenförsörjningen varierar mycket i Sverige. I vissa områden är det mycket god grundvattentillgång och glest mellan bostäder som använder grundvatten från egen brunn. I andra områden kan de hydrogeologiska förutsättningarna vara dåliga samtidigt som bostäder med enskild vattenförsörjning kan ligga förhållandevis tätt så att de kan konkurrera om grundvattnet. De sistnämnda områdena återfinns framför allt längs Sveriges kuster och sammanfaller tyvärr väl med de områden där grundvattentillgången förväntas minska kraftigast i framtida klimat. Eftersom en stor del av bostäderna troligtvis är fritidsboenden är det dessutom rimligt att uttagen i dessa områden är som störst under sommaren då försämringarna av den framtida grundvattentillgången också förväntas vara som störst.

Denna rapport inkluderar inte någon utredning av hur grundvattenkvaliteten skulle påverkas i framtida klimat. Kvaliteten på grundvattnet kan i många fall vara en minst lika betydelsefull faktor att ta hänsyn till för dricksvattenförsörjningen som förändringen av grundvattentillgången.

Behov av fortsatta studier

Beroendet av grundvatten och de förväntade förändringarna av grundvattenförhållandena varierar stort inom Sverige. Samhällskonsekvenserna kommer därför rimligtvis skiljas sig betydligt mellan olika platser och tidpunkter. Denna rapport omfattar dock inga specifika konsekvensanalyser av förändrade grundvattenförhållanden för till exempel vattenförsörjning, livsmedelsförsörjning, näringslivsutveckling och infrastruktur.

Eftersom Sverige har ett stort beroende av grundvatten är det nödvändigt att klimatanpassa samhället med avseende på förändrade grundvattenförhållanden. Dessa anpassningar kan medföra stora kostnader och därför är det mycket viktigt att genomföra ytterligare studier som även omfattar förändringar av grundvattenkvalitet och konsekvensanalyser för olika samhällssektorer. Genom att förbättra underlagen avseende förändrade grundvattenförhållanden blir det lättare för samhället att avgöra vad som är lämpliga klimatanpassningsåtgärder för rätt tid och rätt plats.

Bakgrund

Grundvatten spelar en viktig roll för vårt samhälle. Drygt 40 procent av Sveriges allmänna vattenförsörjning baseras på uttag av naturligt eller konstgjort grundvatten (SCB 2022). Utöver detta används grundvatten av cirka 1,2 miljoner permanentboende som får sitt dricksvatten från egen brunn i jord eller berg. Ungefär lika många försörjs av grundvatten vid fritidsboende (Maxe 2007). Sammantaget står alltså grundvatten för ungefär hälften av Sveriges dricksvattenförsörjning, och troligtvis mer än så sommartid.

Grundvatten används inte bara som dricksvatten utan kan också användas för djurhållning, bevattning, livsmedelsproduktion och andra vattenkrävande industrier. Grundvatten kan även vara en resurs genom att vara kvar i marken, till exempel genom att upprätthålla vattentryck så att det inte uppstår sättningar i mark. Det finns också många ekosystem i Sverige som är mer eller mindre direkt beroende av grundvatten. Grundvatten är dock inte bara en resurs utan kan dessutom påverka samhället i en mer negativ betydelse, till exempel kan ovanligt höga grundvattennivåer öka risken för översvämning och försämrade bärighet i mark. Grundvatten kan också påverka undermarksanläggningar, som tunnlar eller VA-ledningar, genom inläckage som måste hanteras.

När grundvatten används som en resurs är det viktigt att både mängden och kvaliteten uppfyller behoven. Det finns ett samspel mellan dessa aspekter. Om det till exempel görs stora grundvattenuttag på en plats kan kvaliteten försämrats.

Nybildningen av grundvatten, vilket också kallas grundvattenbildning, sker framför allt genom att nederbörd i form av regn eller smältvatten infiltrerar markytan och rinner ner genom marken och bildar grundvatten. Förutom nederbörd är också avdunstning från mark och växter en viktig faktor för hur stor grundvattenbildningen är. Avdunstningen är beroende av temperaturen.

Grundvattnet påverkas, både avseende mängd och kvalitet, av de lokala markförhållandena på platsen. Det kan handla om jordart, jordlagerföljd, jorddjup, mineralsammansättning, topografi, berggrund, kontakt med ytvatten och inte minst mänsklig lokal påverkan genom till exempel pumpning eller läckande vattentrör. Sverige har en varierande geologi och därmed skiljer sig grundvattenresurserna åt stort inom landet, med allt från mycket stora uttagsmöjligheter som kan försörja hela städer till små som kanske inte ens är tillräckliga för ett hushåll.

Den förändring av klimatet som pågår påverkar inte bara temperaturen utan även nederbörden. Enligt de klimatmodelleringar som SMHI publicerar på sin hemsida (SMHI 2024a) är det förväntat att både temperaturen och nederbörden ökar i Sverige i framtiden. Dessa två förväntade förändringar skulle ha motsatta effekter. Den ökande temperaturen innebär ökad avdunstning, vilket skulle leda till minskad grundvattenbildning och lägre grundvattennivåer. Den ökande nederbörden skulle däremot medföra en ökad grundvattenbildning och högre grundvattennivåer.

En enkel tolkning av detta skulle kunna vara att de förväntade förändringar tar ut varandra med avseende på grundvatten och att förändringarna därmed inte skulle få någon större effekt för samhället. Detta är dock en alltför förenklad och felaktig tolkning vilket delvis beror på att förändringen i temperatur och nederbörd inte förväntas vara jämnt fördelad över landet och årstiderna. Det beror också på de varierande geologiska förhållandena i Sverige och att behovet av grundvatten varierar stort inom Sverige och är olika under året.

Ett antal studier av grundvatten i ett framtida klimat har tidigare utförts baserat på SGU:s och SMHI:s data. Förutom den rapport (Hjerne m.fl. 2024) som redan publicerats inom ramen för det regeringsuppdrag som genomförts under 2024 har grundvattennivåns förändrade årstidsvariation i ett framtida klimat beräknats tidigare med olika scenarier (Rodhe m.fl. 2009,

Sundén m.fl. 2010, Vikberg m.fl. 2015). Resultaten visar bland annat att snösmältningen under våren kommer att avta i södra och mellersta Sverige, vilket innebär lägre grundvattennivåer och därmed ett försämrat utgångsläge för vattenförsörjningen inför sommaren. Liknande förändringar i årstidsvariation har även noterats i mätningar av grundvattennivåer som påbörjades i slutet av 1960-talet (Lagergren 2015). Förändrade variationsmönster i grundvattennivå kan även medföra förändringar i grundvattenkemin (Aastrup m.fl. 2012). Exempelvis kan perioder med grundvattennivåer nära markytan ge ökade halter av organiskt material och metaller.

Inom SGU:s arbete med vattenförvaltning och miljömålet *Grundvatten av god kvalitet* har både grundvattnets kvalitet och kvantitet central betydelse. Vattenförvaltningen har dock främst fokus på de stora grundvattenmagasinen, vilka inte har primärt fokus i denna rapport. Inom miljömålsarbetet finns preciseringen: ”*Grundvattennivåerna är sådana att negativa konsekvenser för vattenförsörjning, markstabilitet eller djur- och växtliv i angränsande ekosystem inte uppkommer*”. Detta innebär att klimatets förändring får stor betydelse för både vattenförvaltnings- och miljömålsarbetet i framtiden.

Sammantaget finns det ett stort behov av att utreda hur grundvattentillgång, grundvattennivå och grundvattenkvalitet kan komma att förändras i framtiden. Dessutom måste de förändringarna ställas i relation till den varierande användningen och beroendet av grundvatten för till exempel enskild och allmän vattenförsörjning.

Analys av klimatförändringarnas påverkan på grundvatten

Metod

Klimatmodellering och beräkningsmodell för grundvatten

Arbetet med en utökad analys är en fortsättning av det arbete som beskrivs i SGU:s rapport ”Klimatmodellering av grundvatten – grundläggande analys” (Hjerne m.fl. 2024) och använder samma metod men beräknar ytterligare så kallade klimatindikatorer. Precis som i SGU:s tidigare rapport beräknas klimatindikatorer utifrån klimatmodeller och klimatscenarioer. För en närmare beskrivning hänvisas till den rapporten (Hjerne m.fl. 2024, kapitel *Klimatscenarioer och klimatmodeller*) samt till SMHI:s information (SMHI 2024a). Sammanfattningsvis används 17 klimatmodeller som drivs enligt tre klimatscenarioer:

- **RCP 2,6:** Koldioxidutsläppen är som störst omkring 2020 och minskar därefter till att bli negativa innan 2100. Det är sannolikt att den globala medeltemperaturen ökar med 0,3–0,7 °C från perioden 1985–2005 till perioden 2081–2100.
- **RCP 4,5:** Koldioxidutsläppen är som störst omkring 2040 för att därefter minska. Det är sannolikt att den globala medeltemperaturen ökar med 1,1–2,6 °C från perioden 1985–2005 till perioden 2081–2100.
- **RCP 8,5:** Fortsatt höga och ökande koldioxidutsläpp. Det är sannolikt att den globala medeltemperaturen ökar med 2,6–4,8 °C från perioden 1985–2005 till perioden 2081–2100.

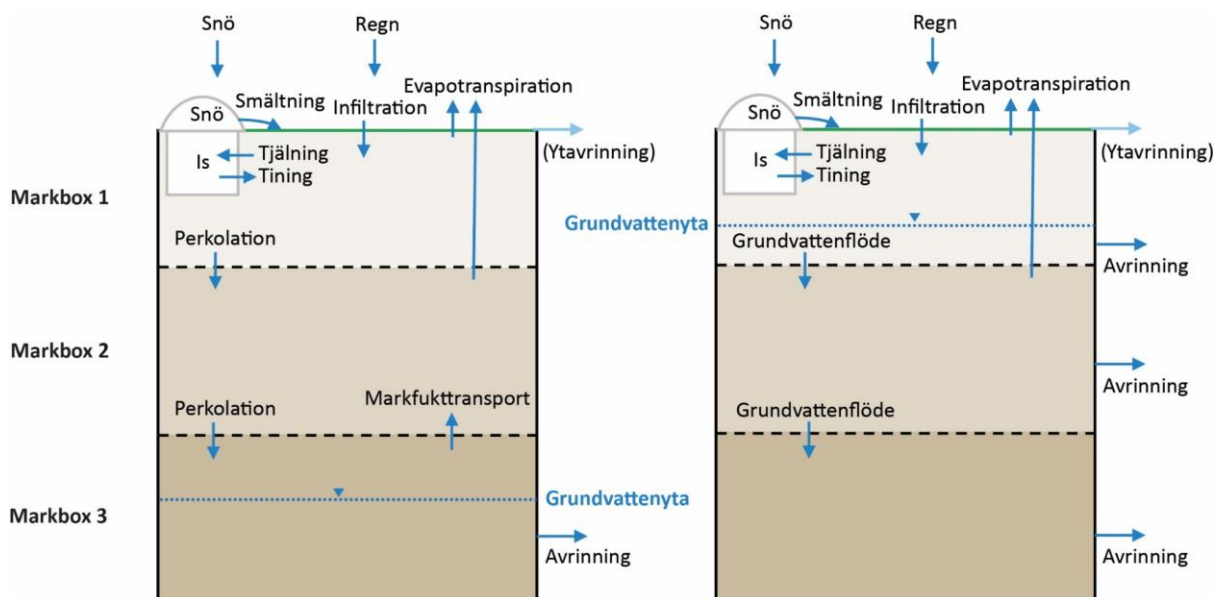
Alla klimatmodeller bidrar med en uppsättning av drivdata per klimatscenario i form av temperatur och nederbörd. Varje uppsättning används för en simulering av beräknade grundvattennivåer. Uppsättningen av simuleringarna, i detta fall 17 stycken, kallas också för en modellensemble. En klimatindikator representeras av medelvärdet av simuleringarna. För att få

en uppfattning om hur resultaten varierar inom ensemblen beräknas även standardavvikelse och robusthet för respektive klimatindikator. Standardavvikelse visar hur stor spridningen är mellan olika resultat. Robusthet visar hur stor andel av resultaten som uppvisar ett ökande värde för förändring. Klimatindikatorer beräknas också för historiska normalperioder, 1961–1990 och 1991–2020, samt för referensperioden 1971–2000 med drivdata som gäller för dessa perioder. Vidare information och exempel återfinns i Hjerne m.fl. 2024 i avsnitt *Klimatscenarier och klimatmodeller*.

För modellering av grundvatten har SGU:s beräkningsmodell för grundvattennivå, *SGU-HYPE*, använts. Modellen är en modifierad version av SMHI:s vattenbalansmodell HYPE och beskrivs mer utförligt i Hjerne m.fl. 2024 under kapitel *Beräkningsmodell för grundvatten*. I denna rapport redovisas en sammanfattning, men också förtydligande kring modellen för att bättre förstå och tolka klimatindikatorer.

Beräkningsmodellen är en vattenbalansmodell som består av tre markboxar där vattenflöde sker vertikalt både uppåt och neråt mellan markboxar samt ut ur modellen som avrinning. Drivdata består av temperatur samt nederbörd och modellen simulerar vattenbalansen med dygnsupplösning. Beräkningarna görs för områden i ett 4 × 4 km rutnät som täcker all landmassa i Sverige. I beräkningsmodellen tillförs inget vatten från intilliggande områden utan varje område är i den mån isolerat. Figur 1 visar en principiell skiss för vattenflöde i modellen.

SGU använder beräkningsmodellen för att beräkna grundvattennivåer för två typer av grundvattenmagasin: små och stora. Typexemplet för små magasin i modellen är morän i permanent inströmningsområde medan typexemplet för stora magasin är en större sand- och grusavlagring (rullstensås) eller sedimentär berggrund med hög genomsläpplighet och porositet.



Figur 1. Principiella skisser för SGU-HYPE med grundvattenytan i markbox 3 (till vänster) respektive markbox 1 (till höger).

I beräkningsmodellen skiljer sig dessa magasinstyper främst genom att stora magasin har hög porositet medan små magasin har låg porositet. I modellen för små magasin sker perkolationen på det sätt som figur 1 illustrerar medan det i modellen för stora magasin finns med en särskild funktion som fördröjer förloppet från infiltration till grundvattenbildning. Denna fördröjningsfunktion finns med för att bättre återskapa den långsamma förändringen av grundvattennivån som ofta återfinns i stora magasin beroende på långsam perkolation och tillrinning från omgivande områden.

Modellen har kalibrerats mot uppmätta grundvattennivåer från grundvattenrör i både små och stora magasin. I modellen görs också en skillnad beroende på om området är över eller under högsta kustlinjen. För stora magasin spelar det också roll hur stort jorddjupet är. Den modelluppsättning där grundvattennivån reagerar långsammast är för stora magasin med stort jorddjup under högsta kustlinjen. Den snabbaste responsen har små magasin över högsta kustlinjen.

Utifrån beräknad grundvattennivå kan potentiell grundvattenbildning beräknas i modellen. Begreppet potentiell grundvattenbildning används för att understryka att modellen bedöms beskriva en idealiserad geologisk enhet så till vida att den är homogen, öppen och ett permanent inströmningsområde. I tidigare arbete med klimatindikatorer beskrivs mer ingående hur potentiell grundvattenbildning kan skilja sig från *verklig* grundvattenbildning, se kapitel *Potentiell grundvattenbildning* i Hjerne m.fl. (2024). I SGU:s beräkningar för potentiell grundvattenbildning tillåts en negativ grundvattenbildning vilket motsvarar en förlust av grundvatten till markvatten som till slut evapotranspirerar till atmosfären, se flöden för markvattentransport och evapotranspiration i figur 1. Förlusten av grundvatten, alltså negativ grundvattenbildning, kan under vissa perioder bli stor eftersom SGU:s beräkningsmodell för små magasin representerar en relativt ytlig grundvattenyta och en jordtyp (morän) med hög kapacitet för växtupptag av vatten. Till exempel kan detta vara särskilt tydligt under våren eller försommaren om grundvattenytan är ytlig på grund av tidigare snösmältning och regn under vintern. I många verkliga fall kan förlusten av grundvatten vara betydligt mindre omfattande. Exempelvis om grundvattenytan är långt ifrån markytan och det bara finns ytliga rötter, eller om de geologiska förutsättningarna är sådana att kapillärlig stigning i princip är försumbar.

Likt tidigare arbete beräknas potentiell grundvattenbildning endast för små magasin. Som tidigare nämnts beräknas grundvattennivå i stora magasin delvis med hjälp av en fördröjningsfunktion. Konceptuellt innebär det att grundvattennivåns förändring beror både på en fördröjd grundvattenbildning till magasinet samt grundvattenflöde från annat område eller magasin. Därmed blir den grundvattenbildning som kan erhållas från SGU-HYPE för stora magasin, till följd av grundvattennivåns förändring, inte representativ för verklig potentiell grundvattenbildning på samma sätt som är fallet för små magasin. På många platser i Sverige saknas geologiska förutsättningar för att det ska finnas ett stort grundvattenmagasin. Därför beräknas grundvattennivån i stora magasin endast för de områden där SGU bedömer att sådana kan finnas.

Klimatindikatorer

En klimatindikator används för att beskriva förändringar i klimatet som kan påverka samhället, som till exempel lufttemperatur, nederbörd eller snötäcke. Precis som i tidigare arbete (Hjerne m.fl. 2024) beräknas klimatindikatorer för att besvara tre generella frågeställningar som har stor betydelse för grundvattnets påverkan för samhället:

- Hur stor är grundvattenbildningen?
- Hur långa är perioderna med ingen eller mycket begränsad grundvattenbildning?
- Hur varierar grundvattennivån?

För att beskriva klimatets påverkan på grundvattenbildning beräknas klimatindikatorer för *potentiell grundvattenbildning* som också ligger till grund för klimatindikatorer för *grundvattentorka*.

Grundvattentorka beräknas i det här sammanhanget som en sammanhängande period av 30 dygn då summan av potentiell grundvattenbildning är mindre än 10 mm. Längden på grundvattentorkan ökar med en dag för varje ytterligare dag som summan av den potentiella grundvattenbildningen förblir mindre än 10 mm under de senaste 30 dyggen.

Grundvattennivån uttryckt i meter under markytan kan skilja sig stort inom ett litet område på grund av lokala geologiska, topografiska och meteorologiska förhållanden. För att förenkla jämförelsen avseende förändring av grundvattennivåer omsätts nivåerna först till så kallad fyllnadsgrad. Fyllnadsgrad är enhetslös och noll indikerar att nivån är lika låg som den lägsta grundvattennivån och 100 att den är lika med den högsta grundvattennivån för den specifika platsen och perioden som analyseras. Mer information om fyllnadsgrad finns på SGU:s webbplats (SGU 2024a). Klimatindikatorer för *fyllnadsgrad* används därför för att beskriva grundvattennivåns variation.

Samtliga tre klimatindikatorer beskrivs utförligt i Hjerne m.fl. 2024 i avsnitt *Klimatindikatorer för grundvatten*. I tidigare rapport beräknades bara klimatindikatorer för kalenderår, till exempel förändring av årets medelfyllnadsgrad, samtidigt som det konstaterades att den för samhället kanske viktigare förändringen snarare rör låga och höga värden eller hur förändringen mellan årstider kan komma att bli. Den studie som presenteras här omfattar därför klimatindikatorer också uppdelade per årstid och för låga (25:e percentilen, P25) respektive höga (75:e percentilen, P75) värden. Detta besvarar bättre de tre generella frågeställningar som har stor betydelse för grundvattnets påverkan för samhället.

Beräkningarna skiljer sig mellan de olika klimatindikatorerna vilket är viktigt att ta hänsyn till vid tolkning och användning av resultaten. I tabell 1 finns en översikt över hur klimatindikatorer beräknats för tre framtida 30-årsperioder. Med årstider avses här vinter (december–februari), vår (mars–maj), sommar (juni–augusti) och höst (september–november). Beräkningarna beskrivs kortfattat nedan. I bilaga 1 finns en mer utförlig, stegvis beskrivning av beräkningar för de olika klimatindikatorerna.

För potentiell grundvattenbildning summeras den först inom år och årstid och sedan beräknas medelvärde inom varje 30-årsperiod. Därefter subtraheras referensperiodens medelvärde (för år eller årstid) från varje 30-årsperiods motsvarande medelvärde. Förändringen uttrycks sedan i procent genom division med referensperiodens motsvarande helårsvärde. Beräkningarna utförs på motsvarande sätt för P25 och P75. För potentiell grundvattenbildning sker årsskiftet mellan 31 augusti och 1 september, eftersom det är en period med lite grundvattenbildning. Det innebär att årsskiftets placering påverkar resultaten så lite som möjligt. Dessutom överensstämmer denna brytning med skiftet från sommarmånader till höstmånader. Det innebär i sin tur att varje 30-årsperiod innehåller 29 säsongsvärden för beräkning inom säsong. Förändringen av P25 kan tolkas som hur år eller årstider med låg grundvattenbildning kan komma att förändras.

För grundvattentorka bestäms den längsta grundvattentorkan inom varje kalenderår. Inom 30-årsperioden studeras sedan förändring av P25, medelvärde och P75 inom varje period. Förändringen av P75 visar således hur de längre perioderna med grundvattentorka förändras.

För fyllnadsgrad sker beräkning av P25, medelvärde och P75 först inom respektive år och årstid för att sedan medelvärdesbildas inom 30-årsperioder. Precis som för potentiell grundvattenbildning sker årsskiftet mellan 31 augusti och 1 september vilket ger totalt 29 värden inom varje 30-årsperiod. Förändringen av P25 innebär således hur årets och årstidernas låga fyllnadsgrader förändras.

Ovanstående beräkningar genomförs för *varje* simulering. Samtliga framtida klimatindikatorer är ett medelvärde av förändringen för 17 simuleringar. För att förstå spridningen av resultaten redovisas också standardavvikelse och robusthet (se föregående avsnitt *Klimatmodellering*).

Tabell 1. Beräknade klimatindikatorer för 30-årsperioderna 2011–2040, 2041–2070 och 2071–2100. Förändringarna beräknas relativt referensperioden 1971–2000 för klimatscenerierna RCP 2,6, RCP 4,5 och RCP 8,5.

Klimatindikator	Magasin	Säsongsindelning	Beräkning inom säsong	Beräkning inom 30-årsperiod	Enhet
Förändring av potentiell grundvattenbildning	Små	År Årstid	Summa	Medel, P25, P75	%
Förändring av fyllnadsgrad	Små Stora	År Årstid	Medel, P25, P75	Medel	-
Förändring av grundvattentorka	Små	År	Max längd	Medel, P25, P75	dygn

Tabell 2. Beräknade klimatindikatorer för 30-årsperioderna 1961–1990, 1971–2000, 1991–2020

Klimatindikator	Magasin	Säsongsindelning	Beräkning inom säsong	Beräkning inom 30-årsperiod	Enhet
Potentiell grundvattenbildning	Små	År Årstid	Summa	Medel, P25, P75	mm
Fyllnadsgrad	Små Stora	År Årstid	Medel, P25, P75	Medel	-
Grundvattentorka	Små	År	Max längd	Medel, P25, P75	dygn

Historiska klimatindikatorer beräknas för de tre perioderna 1961–1990, 1971–2000 och 1991–2020 med hjälp av SMHI:s så kallade pthbv-data (SMHI 2024b), se tabell 2. För dessa perioder redovisas klimatindikatorer inte som förändring relativt en referensperiod utan som absoluta värden utan redovisning av standardavvikelse och robusthet.

Resultat

Här redovisas några få utvalda kartor över de framtida klimatindikatorerna. Om alla resultat från samtliga beräkningar skulle redovisas i denna rapport skulle det kräva 1 440 kartor. Det har inte bedömts som meningsfullt och skulle också leda till ett mycket stort och svårnavigerat dokument. De kartor som har valts ut illustrerar intressanta resultat som också ofta noteras för andra scenarier och tidsperioder (om än kanske inte i samma utsträckning). Observera att dessa exempel inte på något sätt ska tolkas som att SGU förordar att just det resultatet ska användas som underlag för till exempel klimatanpassningar. Vilka klimatindikatorer, scenarier och tidsperioder som ska användas som underlag för fortsatta utredningar är upp till respektive användare att bestämma. I följande avsnitt diskuteras framför allt nya resultat, relativt Hjerne m.fl. (2024), och då utan särskild hänsyn till standardavvikelse och robusthet. För att använda resultaten på egen hand är det viktigt att beakta både standardavvikelse och robusthet.

I figurer och text presenteras P25 och P75 som ”torrt år” eller ”blött år” för att underlätta förståelsen av resultaten. Observera att detta är en förenklande beskrivning som inte avser extremtorra eller extremblöta år.

Klimatindikatorer, historiska och framtida, kommer att tillgängliggöras som öppna data på SGU:s hemsida i samband med publicering av den här rapporten. Data kommer att kunna hämtas per beräkningspunkt eller för hela Sverige, antingen genom ett så kallat API eller ett GIS-program. Klimatindikatorer *kan* komma att justeras, tas bort eller tillkomma varför det i varje dataleverans finns specificerat när data senast uppdaterats.

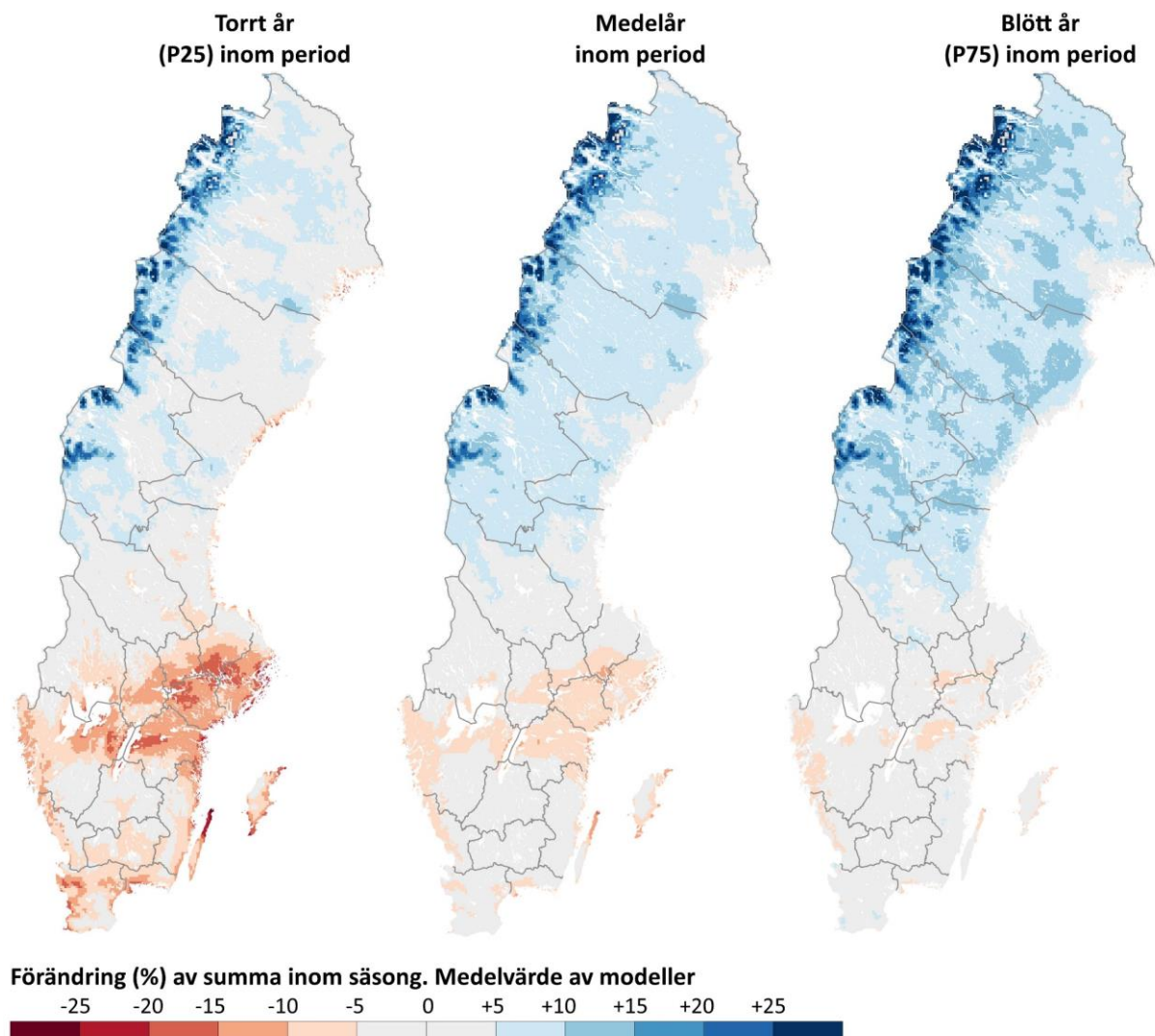
Potentiell grundvattenbildning – små magasin

Figur 2 visar resultat för potentiell grundvattenbildning för P25 (torrt år), medelvärdet (medelår) samt P75 (blött år). På nationell skala följer de tre resultaten samma mönster. Det visar att Dalarna och Norrland, med undantag för vissa delar närmast kusten, får en ökning eller ingen förändring. För Götaland och Svealand, samt vissa delar av Norrlandskusten, syns en minskad eller oförändrad potentiell grundvattenbildning. Detta är samma generella mönster som tidigare rapport (Hjerne m.fl. 2024) konstaterat för medelåret.

En jämförelse mellan ett torrt år, medelår och blött år visar att den potentiella grundvattenbildningen i södra Sverige och till viss del längs Norrlandskusten minskar i större utsträckning för torra år (P25) än för medelår och blöta år (P75). För den största delen av Norrland sker en större förändring för blöta år än för medelår och torra år och då i form av en ökad potentiell grundvattenbildning.

Potentiell grundvattenbildning Små grundvattenmagasin Säsong: År

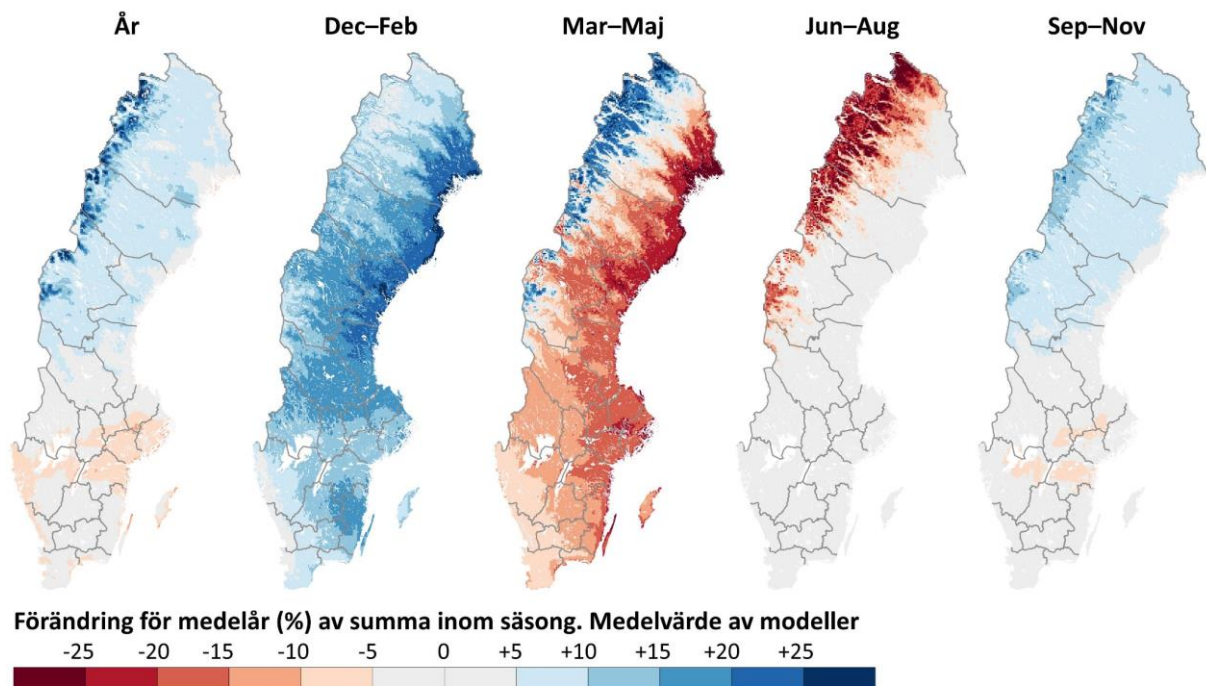
RCP 4,5
30-årsperiod: 2071–2100



Figur 2. Förändring av årlig potentiell grundvattenbildning i små grundvattenmagasin för klimatscenario RCP 4,5 och 30-årsperiod 2071–2100 uppdelad för torrt år (P25), medelår (medelvärde) och blött år (P75).

Potentiell grundvattenbildning
Små grundvattenmagasin
Säsong: År och årstid

RCP 4,5
30-årsperiod: 2071–2100



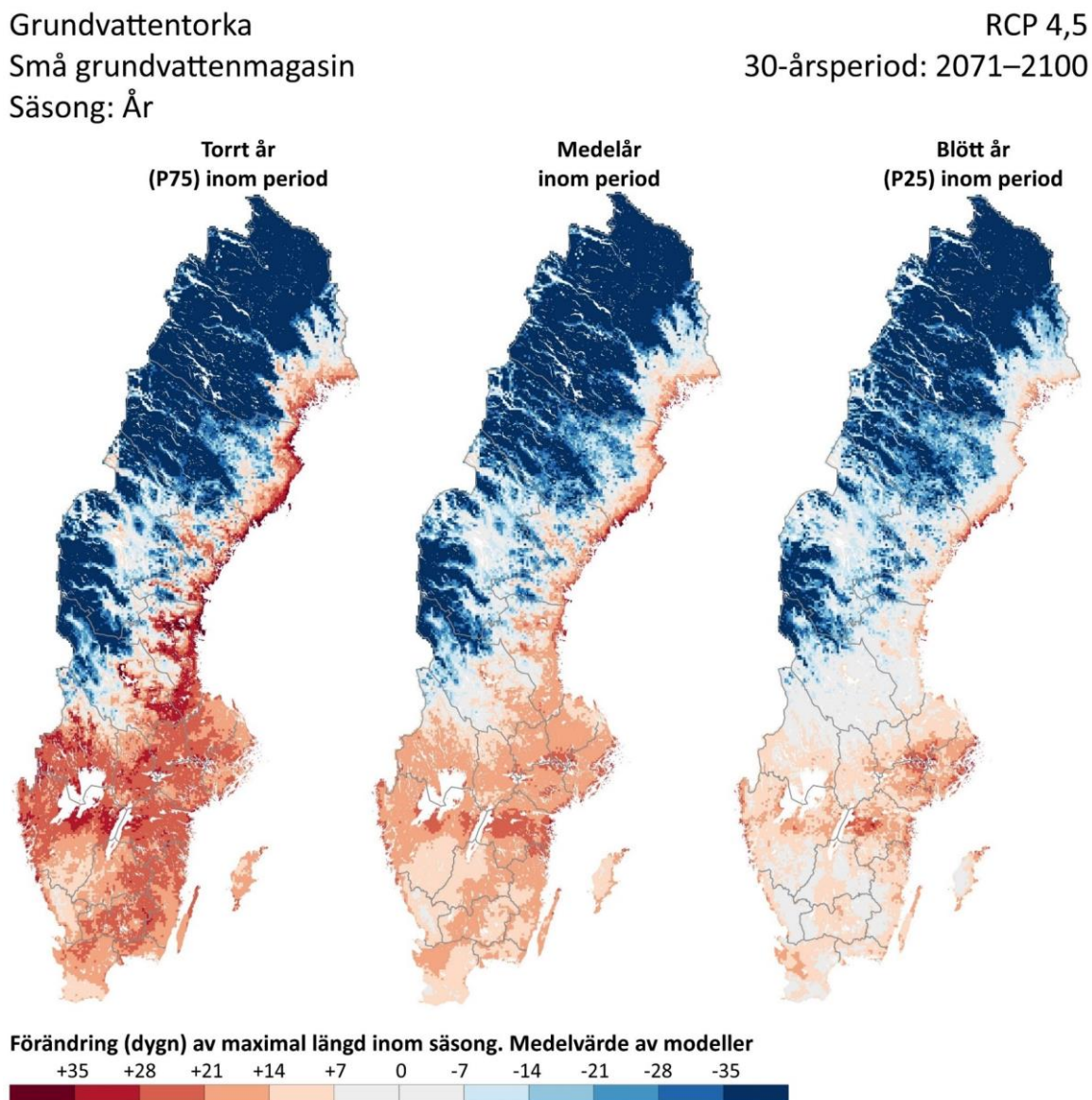
Figur 3. Förändring av potentiell grundvattenbildning för år och årstid för små grundvattenmagasin. Samtliga kartor visar klimatscenario RCP 4,5 och 30-årsperiod 2071–2100 samt medelvärde för år och årstid.

Figur 3 visar också klimatindikator för potentiell grundvattenbildning men i stället uppdelat på årstider. För den största delen av landet noteras en tydlig ökning för vintern och en tydlig minskning för våren. Resultatet skulle kunna förklaras av en högre andel regn i stället för snö under vintern och en tidigare snösmältning, samtidigt som evapotranspiration kommer i gång tidigare under våren till följd av en ökad temperatur. Under sommaren syns ingen tydlig förändring i stora delar av Sverige vilket är rimligt med tanke på att det även för referensperioden redan är en låg potentiell grundvattenbildning under sommaren. Hösten följer i stora drag samma mönster som för medelåret.

Grundvattentorka – små magasin

Figur 4 visar hur längden av årets längsta grundvattentorka förändras med avseende på ett torrt år (P75), medelår (medelvärde) samt blött år (P25). Det generella mönstret liknar det för förändring av potentiell grundvattenbildning i figur 2, förutom att mönstret är tydligare för grundvattentorka. Resultatet visar en förlängd grundvattentorka i Götaland, Svealand och Norrlandskusten med undantag för vissa delar av Dalarna. Vintertorkan i Norrlands inland och fjällkedja, vilken i dessa områden är längre än sommartorkan, blir kortare till följd av en ökad temperatur. Samtidigt kan sommartorkan bli längre även i detta område vilket lätt kan missas vid tolkning av resultaten.

Precis som för potentiell grundvattenbildning visar resultat för södra Sverige och Norrlandskusten att de torra åren påverkas mer än medelåren och de blöta åren. De längre perioderna med grundvattentorka ökar alltså mer i antal dygn än motsvarande ökning för medelår (medelvärde) och blöta år (P25). Även för Norrlands inland och fjälltrakter blir det en större förändring för de torrare åren, men då i form av en förkortning av längsta grundvattentorkan som i detta område domineras av vintertorka för referensperioden.



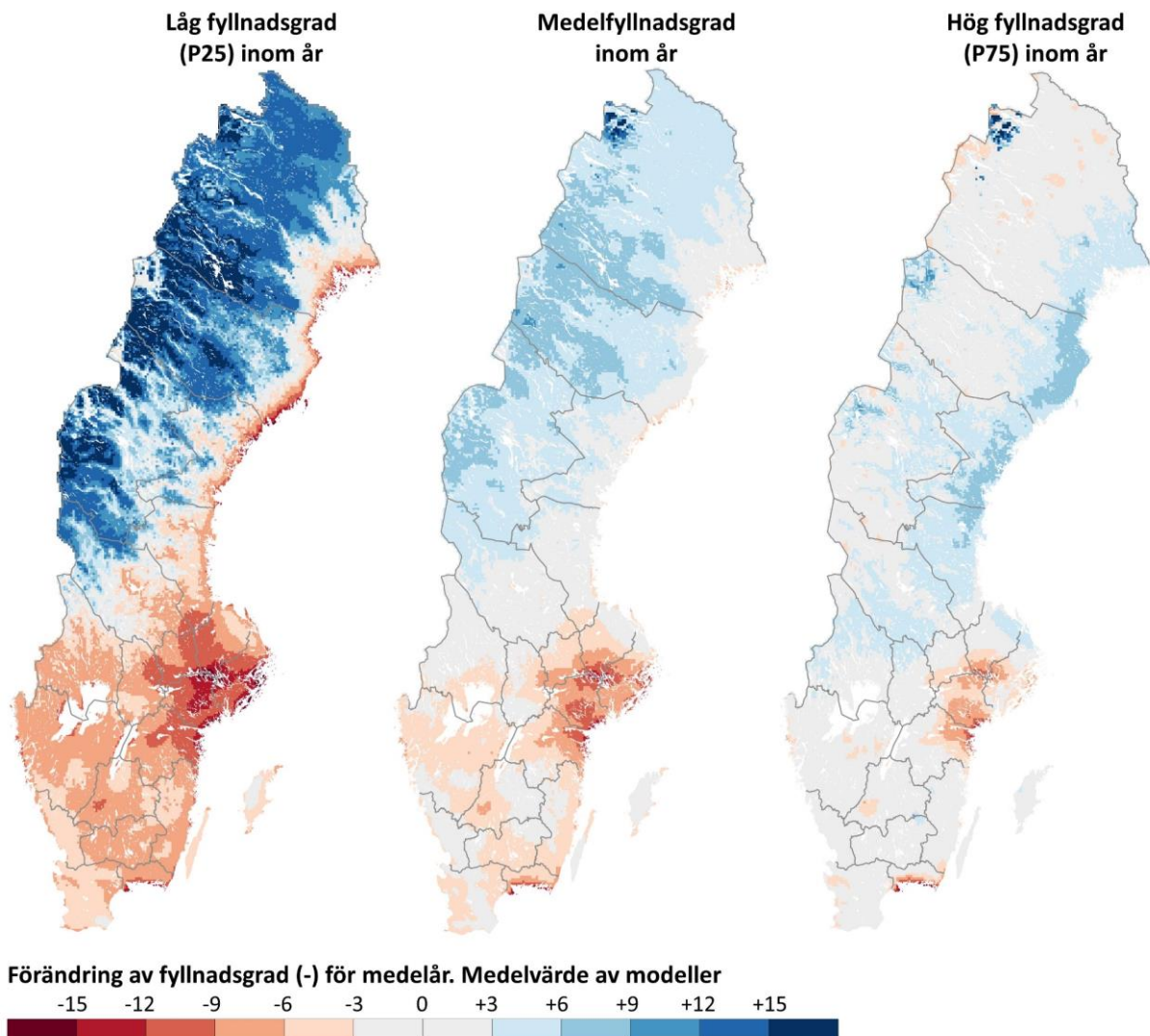
Figur 4. Förändring av grundvattentorkans längd för torra år (P75), medelår (medelvärde) samt blött år (P25). Samtliga kartor visar resultat för klimatscenario RCP 4,5 och 30-årsperiod 2071–2100.

Fyllnadsgrad – små magasin

Figur 5 visar hur olika fyllnadsgrad inom året kan förändras. Medelfyllnadsgrad minskar i delar av södra Sverige och Norrlandskusten medan den ökar i Norrlands inland och fjälltrakter. För årets låga nivåer (P25) uppträder samma mönster men med större förändring, medan det blir mindre förändringar för årets höga nivåer (P75). I södra Sverige innebär det att låg fyllnadsgrad minskar mer än medelfyllnadsgrad och hög fyllnadsgrad. Med andra ord kommer det bli större skillnad mellan låga och höga nivåer under året i södra Sverige och längs Norrlandskusten. För Norrlands inland och fjälltrakter visar resultatet att det i stället blir en mindre skillnad mellan årets höga och låga nivåer.

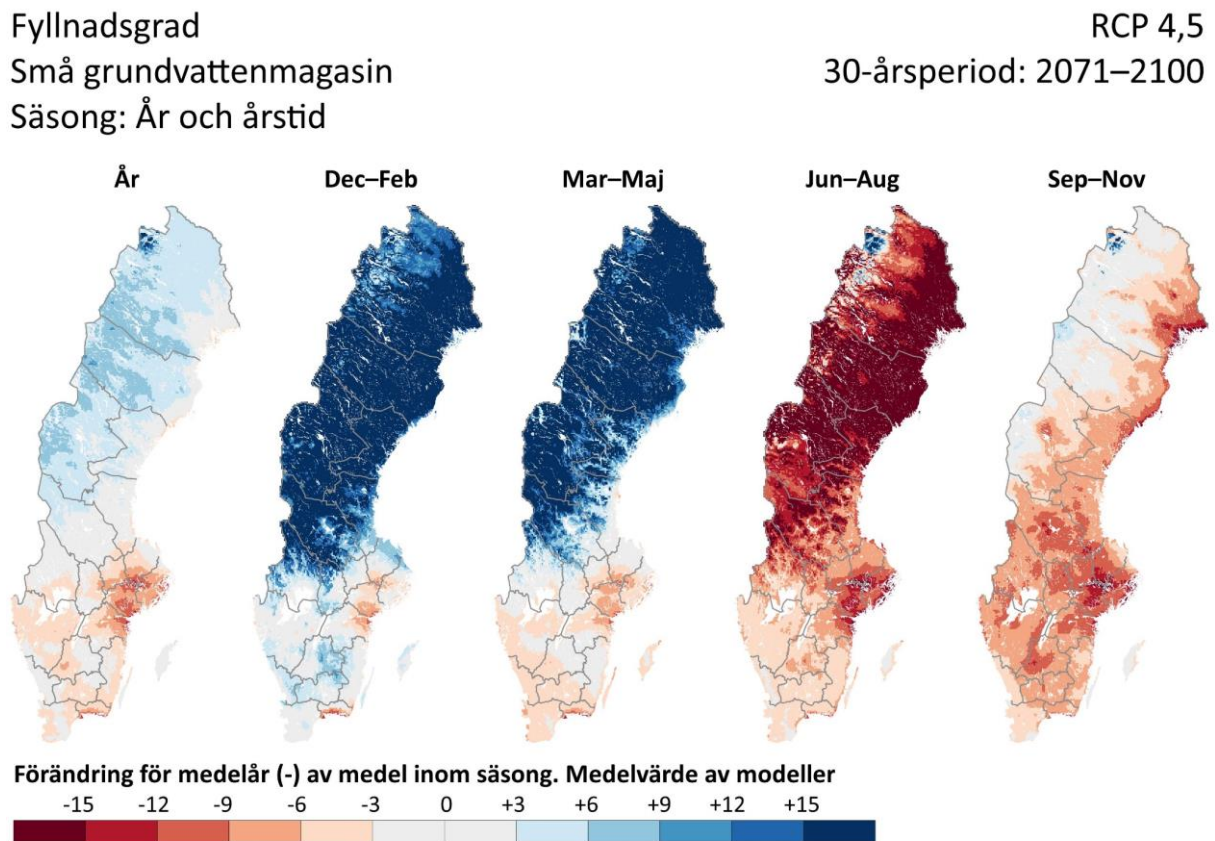
Fyllnadsgrad
Små grundvattenmagasin
Säsong: År

RCP 4,5
30-årsperiod: 2071–2100



Figur 5. Förändring av fyllnadsgrad för torra år (P25), medelår (medelvärde) samt blött år (P75). Samtliga kartor visar resultat för klimatscenario RCP 4,5 och 30-årsperiod 2071–2100.

Figur 6 visar hur fyllnadsgrad förändras uppdelat på år och årstid. I södra Sverige minskar fyllnadsgraden under samtliga årstider förutom vintermånaderna, vilket är i linje med en förskjutning av potentiell grundvattenbildning och hög fyllnadsgrad från vår till vinter. I norra Sverige syns en tydlig ökning under vinter- och vårmånader. Detta är troligtvis en följd av ökad temperatur vilket i sin tur ger ökad snösmältning och mer nederbörd i form av regn i stället för snö. För norra Sverige är det också en tydlig förändring under sommaren i form av sänkt fyllnadsgrad, troligtvis på grund av ökad sommartorka i detta område.



Figur 6. Förändring av fyllnadsgrad för år och årstid för små grundvattenmagasin. Samtliga kartor visar klimatscenario RCP 4,5 och 30-årsperiod 2071–2100 samt medelvärde för år och årstid.

Fyllnadsgrad – stora magasin

Figur 7 visar förändring av fyllnadsgrad i stora grundvattenmagasin för klimatscenario RCP 4,5 och 30-årsperioden 2071–2100. Till skillnad mot tidigare figurer i denna rapport visas också standardavvikelse och robusthet för att visa på variationen i resultaten. Eftersom stora grundvattenmagasin inte finns överallt i Sverige beräknas fyllnadsgrad endast för de områden där SGU bedömer att det kan finnas stora magasin. I figuren har de dessa områden förstörats något för att synas bättre och områden utan beräknad fyllnadsgrad för stora magasin visas i grått.

Medelvärde i figur 7 kan jämföras med kartan i mitten av figur 5. De generella mönstren överensstämmer med minskad eller oförändrad fyllnadsgrad i södra Sverige medan det kan noteras en ökad fyllnadsgrad i större delen av norra Sverige.

Den mindre kartan uppe till höger visar att standardavvikelsen är förhållandevis stor i vissa delar av Sverige medan den är betydligt mindre i andra delar. En fördjupad analys av detta visade att de områden som uppvisar en förhållandevis stor standardavvikelse till övervägande del är kopplade till stora magasin med stora jorddjup under högsta kustlinjen. Ytterligare analyser indikerade att den stora skillnaden inom ensemblen beror på den mycket långsamma förändringen av fyllnadsgrad i just dessa magasin. Exempelvis inträffar ibland tillfällen för några simuleringar inom ensemblen då fyllnadsgraden blir extremt låg. I sådana fall räcker det inte med en eller ett par mer normala år för att återställa fyllnadsgraden till mer normala nivåer för de stora magasin som reagerar långsammast. I stället krävs det ett flertal normala år eller ett antal ovanligt blöta år för att återställa fyllnadsgraden till mer normala nivåer för dessa magasin. Effekten kan bli att fyllnadsgraden fortsätter vara låg under en stor del av en 30-årsperiod för de simuleringar där detta inträffar. En enstaka, ovanligt torr period kan därmed påverka medelvärdet för hela 30-årsperioden i en specifik simulering. På samma sätt kan ovanligt blöta förhållanden påverka fyllnadsgraden under en stor del av en 30-årsperiod även om resterande år är normala under perioden. Förändringen för de olika simuleringarna inom ensemblen kan därmed skilja sig åt betydligt inom en specifik 30-årsperiod.

För de stora magasin som reagerar snabbare, företrädesvis magasin med mindre jorddjup och ovan högsta kustlinjen, blir denna effekt av kvardröjande låg eller hög fyllnadsgrad på grund av en period med ovanligt torrt eller blött väder inte alls lika påtaglig. Därmed påverkas heller inte medelvärdet för simuleringen lika mycket. Detta gäller särskilt små magasin som nästan varje vinterhalvår i södra Sverige återställs mer eller mindre fullständigt även om fyllnadsgraden varit mycket låg föregående sommar.

Trots de relativt stora osäkerheter som finns angående förändring av fyllnadsgrad för stora magasin är ändå bedömningen att medelvärdet av simuleringarna är rimligt med tanke på att motsvarande karta för små magasin visar på liknande resultat. Observera att även redovisningen av robustheten, i nedre högra hörnet av figur 7, bör beaktas för att bedöma tillförlitligheten i resultatet.

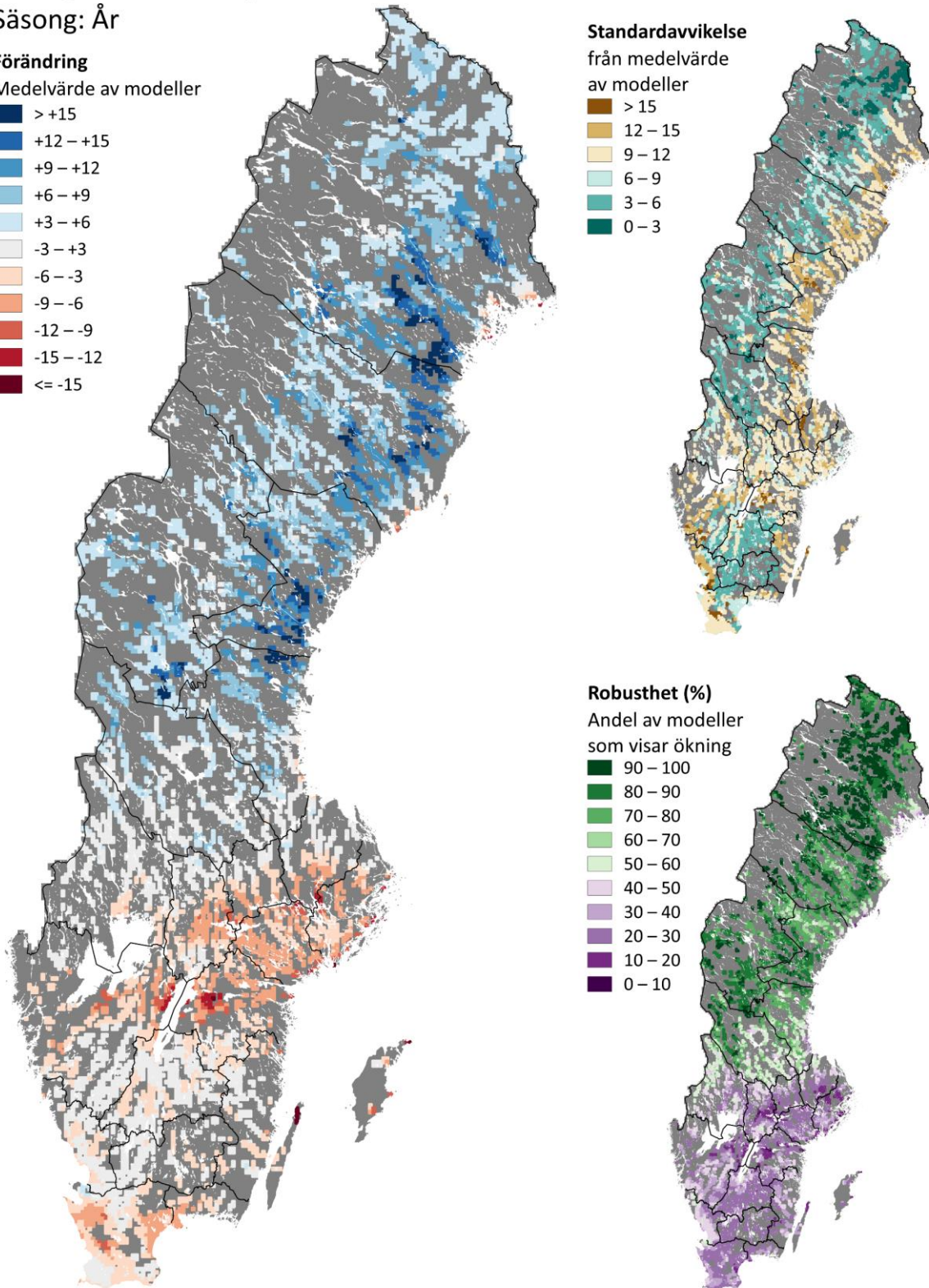
Fyllnadsgrad - årsmedel (medel)
 Stora grundvattenmagasin
 Säsong: År

RCP 4,5
 Period: 2071–2100

- Förändring**
 Medelvärde av modeller
- > +15
 - +12 – +15
 - +9 – +12
 - +6 – +9
 - +3 – +6
 - 3 – +3
 - 6 – -3
 - 9 – -6
 - 12 – -9
 - 15 – -12
 - <= -15

- Standardavvikelse**
 från medelvärde
 av modeller
- > 15
 - 12 – 15
 - 9 – 12
 - 6 – 9
 - 3 – 6
 - 0 – 3

- Robusthet (%)**
 Andel av modeller
 som visar ökning
- 90 – 100
 - 80 – 90
 - 70 – 80
 - 60 – 70
 - 50 – 60
 - 40 – 50
 - 30 – 40
 - 20 – 30
 - 10 – 20
 - 0 – 10



Figur 7. Resultat för RCP 4,5 och perioden 2071–2100 med avseende på förändring av medelfyllnadsgrad i stora grundvattenmagasin jämfört med referensperioden 1971–2000. Den stora kartan till vänster visar medelvärdet av ensemblen, medan de två mindre kartorna till höger visar standardavvikelse samt robusthet för ensemblen. De gråfärgade områdena saknar enligt SGU:s bedömning stora grundvattenmagasin.

Allmän vattenförsörjning med grundvatten

Med allmän vattenförsörjning avses tillhandahållande av vatten som är lämpligt för normal hushållsanvändning (SFS 2006:412). Mer än nio miljoner människor får sitt vatten från den allmänna vattenförsörjningen, som kommunerna ansvarar för (SCB 2022). Av den allmänna vattenförsörjningen utgör uttag av naturligt grundvatten 23 procent, konstgjort grundvatten 18 procent och ytvatten 59 procent. Observera att denna uppdelning är en förenkling av verkligheten i och med att ytvatten och grundvatten ofta har ett stort beroende av varandra. Exempelvis har det mesta ytvattnet tidigare varit grundvatten vilket är viktigt att beakta, inte minst vid situationer av torka. Det finns också situationer där uttaget av grundvatten görs så nära ytvattendrag att grundvattenuttaget får ett tydligt tillskott av ytvatten, så kallad inducerad infiltration. I sammanställningen ovan räknas det som naturligt grundvatten.

Allmän vattenförsörjning från grundvatten (inklusive konstgjort grundvatten) kommer till största delen från stora sand- och grusavlagringar, vanligtvis rullstensåsar, samt i vissa fall från sedimentär berggrund, vanligtvis sandsten. I SGU:s redovisningar brukar dessa benämnas stora grundvattenmagasin eftersom de generellt har förmåga att lagra och transportera stora mängder vatten. I Sverige finns det 1 268 grundvattenverk som har en produktion som överstiger 10 m³/dygn eller försörjer fler än 50 abonnenter (HaV 2024). Detta kan jämföras med 2 873 grundvattenförekomster i sand- och grus (SGU 2024b).

De stora magasinen har varierande egenskaper. En systematisk skillnad beror på läget i förhållande till högsta kustlinjen. Rullstensåsar under högsta kustlinjen brukar ha betydligt större magasinering förmåga jämfört med rullstensåsar över högsta kustlinjen. En hög magasinering förmåga innebär bland annat att grundvattennivån ofta reagerar långsamt och att det ofta finns ökade förutsättningar för konstgjord grundvattenbildning.

Effekter av grundvattenuttag för allmän vattenförsörjning

SGU har inom ramen för detta regeringsuppdrag försökt ta reda på hur vanligt det är med studier som omfattar både klimatförändringar och grundvattenuttag i Sverige, samt också få en uppfattning om det finns några generella slutsatser från eventuella studier.

Vattenuttag för exempelvis allmän vattenförsörjning, bevattning och industriella processer kan ha en stor påverkan på grundvattennivåer och flöden i grundvattenmagasinen. SGU bedömer att det hos vattenproducenterna finns en hel del studier eller data som beskriver befintliga förhållanden i deras specifika grundvattenmagasin, till exempel i form av förstudier inför etablering av en vattentäkt eller i form av mätningar av uttagsflöden och grundvattennivåer under pågående drift. Det var inför denna studie dock mer osäkert hur många studier det finns som fokuserar på kombinerade effekter av uttag och klimatförändringar. Förutom att klimatförändringar i sig kan påverka tillgång och vattenkvalitet i vattentäkter, kan uttagen också komma att förändras i framtiden.

De utredningar som finns rörande grundvattenmagasin som används för allmän vattenförsörjning är oftast inte allmänt tillgängliga. Därför valde SGU att ställa ett antal frågor till utvalda personer i stället för att göra en litteratursökning. SGU kontaktade i första hand erfarna hydrogeologer anställda hos större teknikonsultbolag som myndigheten sedan tidigare vet har varit inblandade i vattenresursutredningar för allmän vattenförsörjning. Detta eftersom vattenproducenter själva oftast inte utför mer avancerade utredningar.

I de flesta fall var svaret att man inte varit inblandad i, eller kände till, någon studie som omfattat kombinerade effekter av klimatförändringar och uttag. I några fall fanns det utredningar gjorda som inte kunde lämnas ut. I två fall fick dock SGU tillgång till mer konkreta resultat. Det ena fallet rör framtida klimat- och uttagsscenarioer för Kristianstadsslätten (DHI 2014). Studien bedöms vara ett bra exempel på hur problematiken kan studeras. Dock kan det vara svårt att dra slutsatser från den studien som också gäller för andra grundvattenmagasin som används för allmän vattenförsörjning. Dels för att Kristianstadsslätten är tämligen unik ur ett geologiskt perspektiv för Sverige, dels för att den är påverkad av många olika betydande uttag förutom allmän vattenförsörjning som bevattning, djurhållning och industri. Det andra fallet rör Uppsalaåsen där Uppsala Vatten och Avfall gjort studier med en grundvattenmodell. Studien kan inte lämnas ut, men övergripande visade resultaten att två år med modellerad halverad naturlig grundvattenbildning resulterade i olika avsänkning av grundvattennivån i olika delar av åsen och att två år med halverad infiltration innebar att grundvattennivåerna kunde bli lägre än önskvärt i delar av åsen (pers. komm. Eric Beal, 2024-09-24).

Eftersom de tillfrågade personerna i studien endast var få (knappt 20) gjordes ingen statistisk behandling av svaren. SGU noterar dock att få av de tillfrågade hade varit inblandade i relevanta studier. Dessutom bedömer SGU att antalet individer och företag, som gör dessa mer avancerade hydrogeologiska utredningar som involverar både klimatförändringar och uttag i stora grundvattenmagasin, är begränsat i Sverige. En rimlig slutsats borde därför kunna vara att endast en liten andel av alla grundvattentäkter för allmän vattenförsörjning har utretts mer detaljerat med avseende på klimatförändringar i kombination med uttag.

Översikt av grundvattenuttag för allmän vattenförsörjning

Den allmänna vattenförsörjningen i Sverige kan indelas i ytvatten och grundvatten. Ett specialfall är grundvatten med konstgjord grundvattenbildning då själva uttaget sker från grundvattnet, men grundvattenmagasinet fylls på i olika grad genom att på konstgjord väg infiltrera ytvatten. Denna typ av vattenförsörjning, som fortsättningsvis benämns *konstgjord grundvatten*, är därmed beroende av både ytvatten och grundvatten. En del kommuner använder bara en typ av vatten, medan andra har både grundvatten- och ytvattenuttag. Andra kommuner har inga egna vattenuttag utan överför vatten från andra närliggande kommuner.

Eftersom ett förändrat klimat förväntas påverka grundvattnet i olika utsträckning i olika delar av landet är det viktigt för klimatanpassningen att analysera vilken typ av vattenförsörjning som olika kommuner är beroende av, oavsett om uttaget sker inom kommunen eller genom överföring av vatten från någon närliggande kommun.

Syftet med denna delaktivitet i regeringsuppdraget är att bedöma i vilken utsträckning Sveriges olika kommuner förlitar sig på grundvatten för den allmänna vattenförsörjningen.

Metod

Informationen som ligger till grund för denna analys är i första hand hämtad från SGU:s tjänst Vattentäktsarkivet. Arkivet är en central källa för information om svenska vattentäkter som är kopplade till allmänna vattenverk och därmed används inom den kommunala vattenförsörjningen. Det bör dock noteras att uppgifterna i Vattentäktsarkivet baseras på frivillig inrapportering från vattenproducenter. Detta medför att det finns begränsningar i hur aktuella och fullständiga uppgifterna är, vilket kan påverka datamängdens representativitet och pålitlighet.

Följande data inhämtades och bearbetades från Vattentäktsarkivet:

- **Medeluttag för vattentäkter.** Det senast registrerade årliga medeluttaget i Vattentäktsarkivet i m³/dygn användes i denna analys. Uppenbart felaktiga värden sorterades bort.

- **Användningsområde för vattentäkterna.** Endast vattentäkter märkta ”Ordinarie vattentäkt” eller ”Både ordinarie och reservvattentäkt” användes i analysen.
- **Typ av vatten.** Information om vilken typ av vatten som utvinns i varje vattentäkt, uppdelat på de tre kategorierna ”ytvatten”, ”grundvatten” och ”konstgjort grundvatten”

I Vattentäcksarkivet finns dock inga uppgifter om överföring av vatten mellan olika kommuner. I vissa fall saknades även uppgifter om uttag i arkivet. Eftersom beroendet av grundvatten för allmän vattenförsörjning även inkluderar eventuellt beroende av vattenöverföring från andra kommuner utfördes även manuella kompletteringar av dataunderlaget.

För att hitta kommuner där överföring av vatten kan vara betydelsefullt för analysen jämfördes rapporterade uttag med befolkningmängden för respektive kommun. För de kommuner där det rapporterade uttaget var lågt (eller högt) jämfört med befolkningmängden söktes det efter kompletterande information om vattenförsörjningen i öppna informationskällor som webbplatser tillhörande kommuner och kommunala VA-bolag eller regionala vattenförsörjningsplaner. Om det hittades information om överföring av vatten mellan kommuner gjordes en bedömning av hur stora vattenvolymer det kunde röra sig om genom att anta att förbrukningen per kommuninvånare i de berörda kommunerna var likvärdig.

Ett fiktivt exempel på en bedömning av grundvattenberoende för kommun A och B redovisas i tabell 3. I kommun A finns endast uttag av grundvatten enligt Vattentäcksarkivet, men öppen information visar att det också sker en överföring av ytvatten från kommun B. Överföringen beräknades till 6 000 m³/dygn genom ett antagande att förbrukningen per kommuninvånare är lika för de båda kommunerna. För kommun A bedöms då beroendet av grundvatten vara 20 procent även fast det endast görs grundvattenuttag inom kommunen. Grundvattenberoendet för kommun B påverkas inte av överföringen eftersom det i detta exempel endast rör ytvatten.

Tabell 3. Fiktiv bedömning av grundvattenberoende för den allmänna vattenförsörjningen i kommun A och B.

Kommun		A	B
Befolkningsmängd		25 000	75 000
Enligt uttags- uppgifter i Vatten- täcksarkivet	Ytvatten [m ³ /dygn]		28 500
	Grundvatten [m ³ /dygn]	1 500	
	Konstgjort grundvatten [m ³ /dygn]		
	Totalt per person [m ³ /dygn/person]	0,060	0,380
	Andel grundvatten	100 %	0 %
Beräknad överföring av vatten	Ytvatten [m ³ /dygn]	6 000	-6 000
	Grundvatten [m ³ /dygn]		
	Konstgjort grundvatten [m ³ /dygn]		
Inklusive beräknad överföring	Ytvatten [m ³ /dygn]	6 000	22 500
	Grundvatten [m ³ /dygn]	1 500	
	Konstgjort grundvatten [m ³ /dygn]		
	Totalt per person [m ³ /dygn/person]	0,300	0,300
	Grundvattenberoende	20 %	0 %

Konstgjort grundvatten är beroende av både grundvatten och ytvatten. Det är dock inte möjligt, baserat på öppen information, att fastställa hur beroendet fördelas för respektive vattenverk. I vissa fall kan troligen beroendet av ytvatten vara stort medan det i andra fall bara är en marginell konstgjord infiltration. Det är också mycket möjligt att infiltrationen är stor men endast en del av ytvattnet når uttagspunkten. Hur stor andel av ytvatten som bidrar till vattenförsörjningen vid inducerad infiltration är svår att bedöma. Fördelning mellan yt- och grundvatten kan också variera över tid för en vattentäkt. I denna bedömning har det schablonmässigt antagits att konstgjort grundvatten har ett 50-procentigt grundvattenberoende.

Resultat

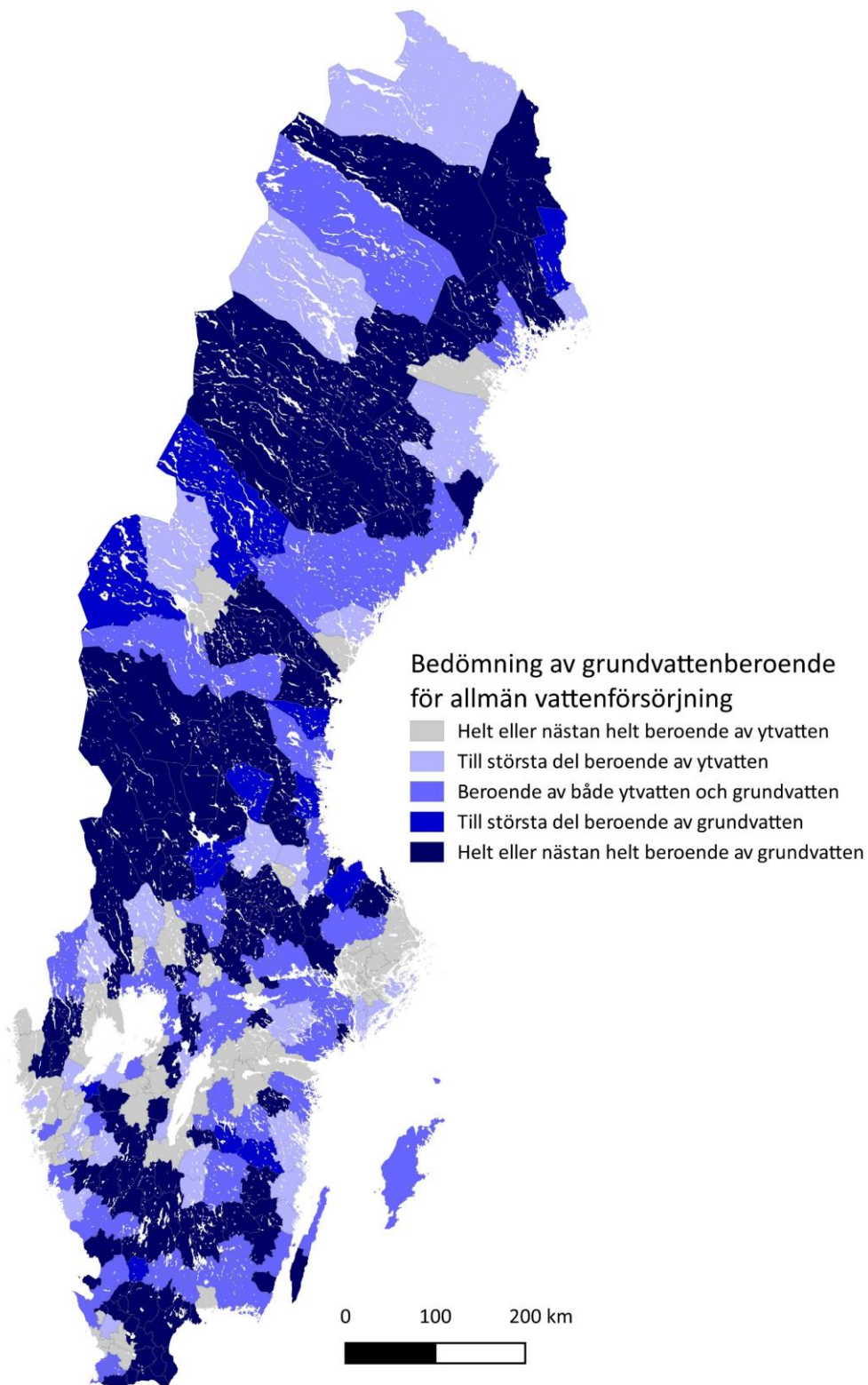
Figur 8 visar beräknat grundvattenberoende för Sveriges olika kommuner enligt metod ovan. Totalt bedöms 120 kommuner vara helt eller till största del beroende av grundvatten, 69 kommuner vara beroende av både ytvatten och grundvatten samt totalt 101 kommuner vara helt eller till största del beroende av ytvatten.

Den beräkning som gjorts av grundvattenberoendet för respektive kommun är osäker på grund av flera faktorer. Det kan till exempel finnas fall då vattentäkter tagits ur ordinarie drift eller att nya vattentäkter tillkommit utan att det rapporterats till Vattentäktsarkivet. Användningen av olika vattentäkter inom en kommun kan också variera mellan olika år. Vidare baseras antagandena om överföring av vatten mellan kommuner på schabloner som kan vara felaktiga. Resultatet från denna analys kan därför inte betraktas som en sanning utan snarare som en bedömning. För vissa kommuner kan resultaten vara missvisande, men på ett nationellt plan bedöms ändå resultatet vara relevant för en vidare riskbedömning av allmän vattenförsörjning baserad på grundvatten. För vissa län kan det också finnas kompletterande information för detta i de regionala vattenförsörjningsplanerna.

Eftersom beräkningen av grundvattenberoendet betraktas som osäker för enskilda kommuner redovisas inte specifika värden för kommuner utan endast en klassindelning enligt tabell 4.

Tabell 4. Klassindelning av beräknat grundvattenberoende för allmän vattenförsörjning

Beräknat grundvattenberoende	Klassindelning
0–5 %	Helt eller nästan helt beroende av ytvatten.
5–25 %	Till största del beroende av ytvatten.
25–75 %	Beroende av både ytvatten och grundvatten.
75–95 %	Till största del beroende av grundvatten.
95–100 %	Helt eller nästan helt beroende av grundvatten.



Figur 8. Bedömning av grundvattenberoende för allmän vattenförsörjning.

Enskild dricksvattenförsörjning med grundvatten

Enligt tidigare studier omfattar den enskilda vattenförsörjningen ca 1,2 miljoner permanentboende och ytterligare ungefär lika många vid fritidsboende (Maxe 2007). Utöver dricksvattenförsörjning för bostäder finns det också andra viktiga aktörer i Sverige som är beroende av enskild vattenförsörjning, som till exempel jordbruk. Dessa är dock inte inkluderade i nuvarande studie, framför allt på grund av studiens begränsade omfattning men också på grund av andra orsaker som att vattenförbrukningen och andelen grundvatten som används kan variera stort mellan olika typer av jordbruk. Den enskilda dricksvattenförsörjningen bedöms vara helt dominerad av grundvattenuttag även om det finns andra tekniska lösningar.

Förutsättningarna för enskild vattenförsörjning skiftar mellan olika platser i Sverige, både lokalt och regionalt. Till exempel kan brunnar som ligger inom några hundra meter från varandra ha stora skillnader i både uttagsmöjlighet och vattenkvalitet. Den geografiska fördelningen av bostäder med enskild vattenförsörjning är mycket varierad, där vissa bostäder ligger långt från andra medan andra ligger nära varandra där det kan uppstå konkurrens om grundvattnet. Det finns också områden som helt saknar enskild vattenförsörjning. Dessutom medför de hydrogeologiska variationerna i Sverige, som exempelvis jordart, jorddjup, grundvattenbildning och berggrundens sprickighet, stora skillnader i grundvattentillgång. Det innebär att förutsättningar för den enskilda vattenförsörjningen kan variera stort med allt från enskilda bostäder där tillgången är begränsad trots att de ligger avsides, till andra bostäder med stor grundvattentillgång tack vare goda hydrogeologiska förutsättningar.

Det är därmed inte bara intressant att visa var det finns ett stort beroende av enskild vattenförsörjning utan också visa var vattenförsörjningen kan vara begränsad av de geografiska och hydrogeologiska förhållandena.

Effekter av grundvattenuttag för enskild dricksvattenförsörjning

I Sverige är det vanligt att uttagsbrunnar för enskild vattenförsörjning är så nära varandra att påverkan mellan brunnarna kan förekomma. När det sker så innebär detta att uttag i en brunn kan orsaka förändrad vattentillgång i en annan närliggande brunn. Hur stor påverkan det blir mellan brunnar och hur stora avstånd som krävs för att undvika påverkan mellan brunnar varierar dock beroende på olika hydrogeologiska förutsättningar, storlek på uttag och årstid. Vid hydrogeologiska utredningar för enskild vattenförsörjning utförs ibland propumpningar för att undersöka påverkan mellan brunnar. SGU känner dock inte till någon mer omfattande sammanställning av sådana undersökningar för svenska förhållanden. Eftersom frågan är komplex och förhållandena varierar avsevärt mellan olika platser bedöms osäkerheten avseende påverkan mellan brunnar vara stor om det inte utförts omfattande platsspecifika undersökningar.

Metod

Det finns flera metoder som skulle kunna vara användbara för att utreda påverkan mellan närliggande brunnar. Mätningar, observationer och utvärdering av uttag och nivåer är en metod som skulle vara möjlig. Eftersom utredningstiden i detta fall varit begränsad har det dock inte varit möjligt. I stället har det i detta fall gjorts beräkningar med hjälp av mjukvaran Aqtesolv (version 4.50) med syfte att teoretiskt analysera trycksänkningar i brunnar i berg under pumpning, både med och utan påverkan av uttag i andra närliggande brunnar.

I det fall det finns en mycket god grundvattentillgång, till exempel i grundvattenmagasin i sand eller grus med stora uttagmöjligheter, är det rimligt att omgivningspåverkan av uttag för enskild vattenförsörjning är mycket begränsad. Därför har analyser endast utförts för förhållanden som avspeglar magasin i berg med begränsade uttagmöjligheter vilket också är vanligt förekommande för enskild vattenförsörjning i Sverige.

Aqtesolv är en programvara för utvärdering av hydrauliska tester, som pumpning, med hjälp av analytiska lösningar. Det medför att de antagna geologiska förhållandena är mycket förenklade jämfört med verkliga förhållanden. De antaganden som gjorts för beräkningarna bedöms vara rimliga för det här aktuella syftet, det vill säga att ge exempel på möjliga effekter av vattenuttag från brunnar i berg med enskild vattenförsörjning. Observera dock att dessa antaganden inte på något sätt kan användas som riktlinjer för andra studier eller syften. Följande antaganden ingår i analysen med Aqtesolv:

- Grundvattenmagasinet är homogent och med en mäktighet av 50 m.
- Brunnarna är borrhade i berg, är vertikala och går igenom hela magasinet.
- Brunnsdiametern är 140 mm.
- Uttaget i varje brunn är 500 l/dygn.
- Inget flöde går igenom den undre avgränsningen av magasinet.
- Två olika fall av hydraulisk konduktivitet har använts: $K = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s och $K = 7 \cdot 10^{-7}$ m/s. Det motsvarar 25:e och 75:e percentilen för K i berg utvärderat från SGU:s Brunnsarkiv enligt Hjerne m.fl. (2021a)
- Skinfaktorn är 0 och storativiteten $S = 0,0007 \cdot T^{0.5}$ (där T är transmissivitet) som ofta använts av SKB vid pumptestanalyser (SKB 2006).
- Det sker ingen grundvattenbildning i modellen.
- Analyserna är tänkta att simulera effekter under en torrperiod utan grundvattenbildning. Resultaten redovisas därför för en tidpunkt av 100 dygn efter pumpstart.

Både öppna och slutna grundvattenmagasin har analyserats. I ett slutet magasin sker inget flöde vertikalt till magasinet utan allt flöde sker i detta fall horisontellt mot pumpbrunnarna. Magasinet avgränsas vertikalt av täta lager både ovan och under magasinet. Geologiskt kan det tänkas motsvara ett magasin i berg där området runt brunnen domineras av en eller flera subhorisontella sprickor med försumbar kontakt med överlagrande jord eller ytligt berg. I Aqtesolv har modellen enligt Dougherty-Babu (1984) använts för att simulera uttag i slutet magasin.

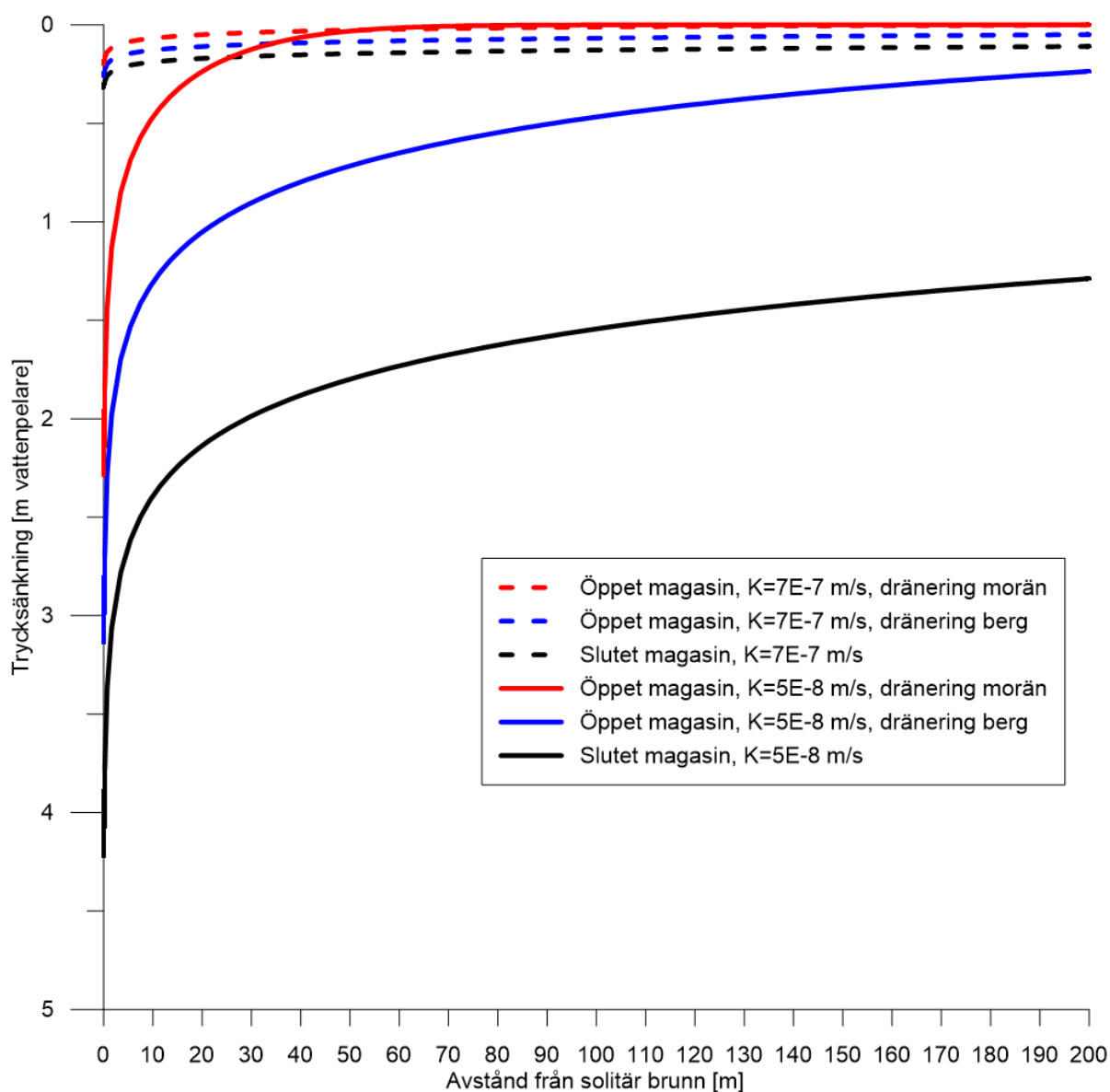
I ett öppet magasin kan den översta delen dräneras och därmed sker även ett tillskott av vatten vertikalt, det vill säga att det inte finns tätande lager ovanför magasinet. Mängden vatten som kan dräneras i den analytiska lösningen styrs av vattenavgivningstalet, S_y . Geologiskt kan det tolkas som ett magasin i berg där de ytligaste delarna av berget kan dräneras eller ett magasin i berg överlagrat med jord som kan dräneras. Vid analysen har det antagits att vattenavgivningstalet S_y är lågt för berg (0,0004) och högre för jord (0,04). Observera dock att dessa antaganden inte på något sätt kan användas som riktlinjer för andra studier eller syften utan används här endast för att visa på skillnaden vid dränering av medium med lågt respektive högre vattenavgivningstal. I Aqtesolv har modellen enligt Moench (1997) använts för att simulera uttag i öppet magasin.

Resultat

Resultaten redovisas som trycksänkning i enheten meter vattenpelare. Ofta talar man om avsänkning, vilket kan uppfattas som en avsänkning av en fri vattenyta, men det är inte alltid vad det rör sig om i denna studie där vissa magasin är slutna. Då blir det mer korrekt att benämna det som en trycksänkning.

Solitär, friliggande brunn

Trycksänkning som funktion av avstånd från en solitär uttagsbrunn redovisas i figur 9 för de sex olika magasin som har analyserats. Som väntat påverkas resultatet starkt av både den hydrauliska konduktiviteten och vilken dränering som tillåts i modellen.

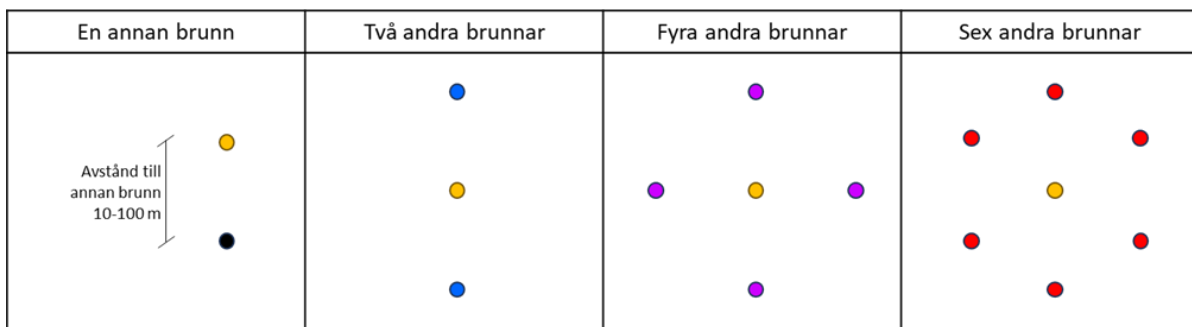


Figur 9. Trycksänkning som funktion av avstånd från solitär uttagsbrunn för sex olika magasin.

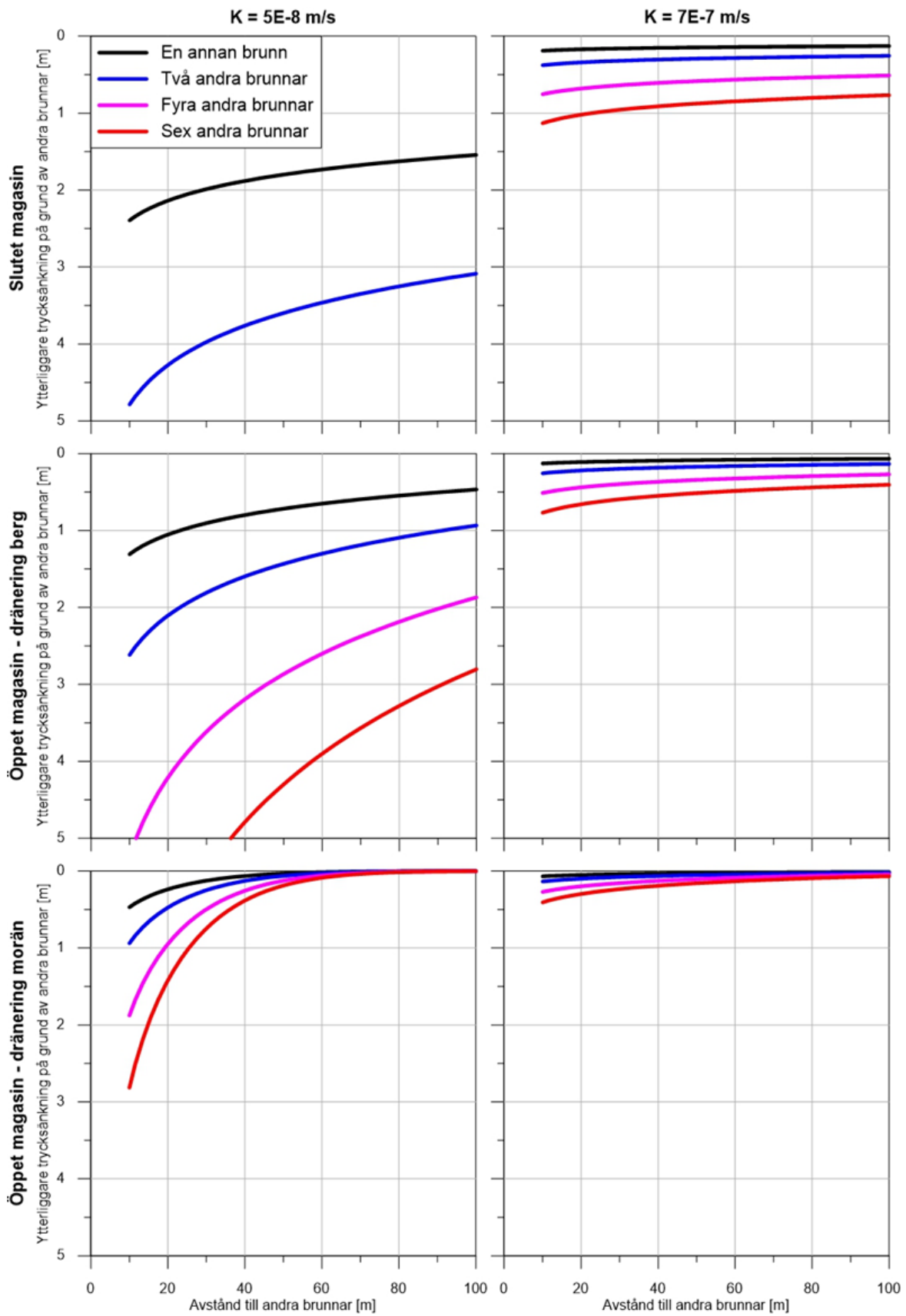
Påverkan mellan brunnar

För att utvärdera påverkan mellan brunnar har den så kallade superpositionsprincipen använts i analysen. I praktiken innebär det att de beräknade trycksänkningarna från andra brunnar för det aktuella avståndet adderas till varandra. Fyra olika fall har analyserats där en, två, fyra eller sex närliggande brunnar har inkluderats i beräkningarna enligt skiss i figur 10. Avståndet från den brunn som analyserats till de andra närliggande brunnarna har varierats mellan 10 och 100 m.

Figur 11 visar den ytterligare trycksänkning som tillkommer på grund av närliggande brunnar. Noterbart är att den tillkommande trycksänkningen varierar stort mellan de olika fallen. För ett öppet magasin med $K = 7 \cdot 10^{-7}$ m/s och dränering av morän (längst ner till höger i figur 11) är den tillkommande trycksänkningen mindre än 0,5 m för alla beräknade fall. För ett slutet magasin med $K = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s (längst upp till vänster i figur 11) är den tillkommande trycksänkningen mer än 5 m även om fyra närliggande brunnar är 100 m från uttagsbrunnen som analyseras. Det fallet hamnar alltså utanför skalan och syns inte i figuren.



Figur 10. Illustration av fyra olika beräkningsfall med närliggande brunnar. Den gula markeringen visar den brunn som har analyserats medan de svarta, blåa, lila och röda markeringarna visar de närliggande brunnarna för respektive fall.



Figur 11. Tillkommande trycksänkning i uttagsbrunn på grund av uttag i andra närliggande brunnar för olika magasin typer och hydraulisk konduktivitet (K).

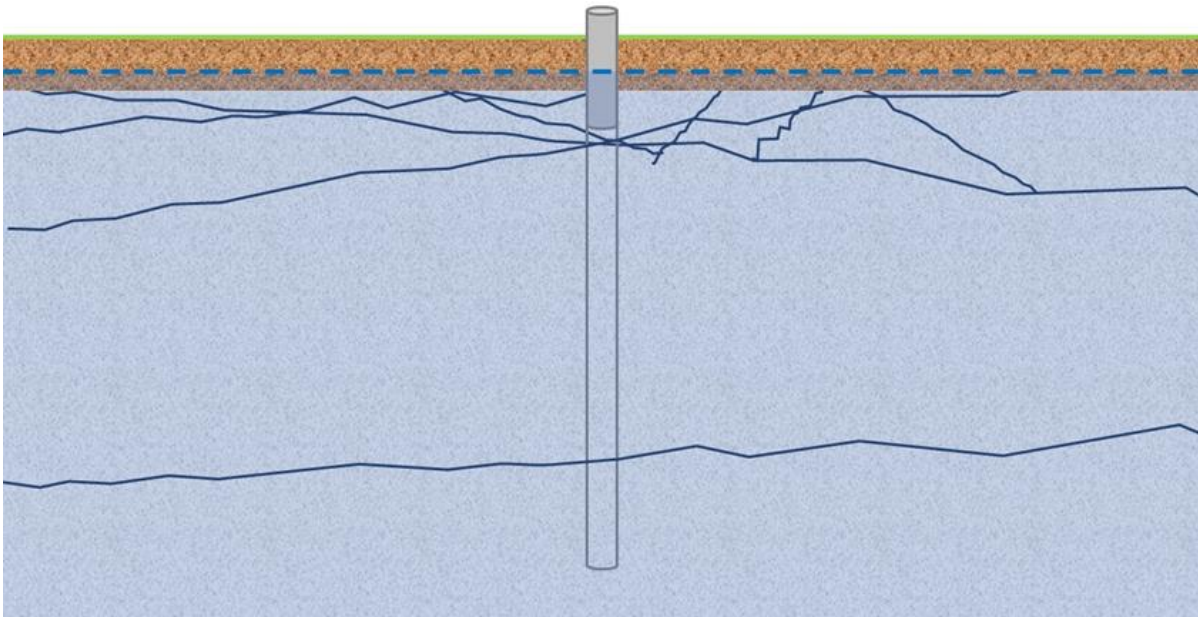
Diskussion

Om trycksänkningen blir större med flera brunnar än med en solitär brunn indikerar det att brunnarna påverkar varandra hydrauliskt och de kan därmed antas konkurrera delvis om samma vatten. Det är dock inte givet hur stor tillkommande trycksänkning som verkligen får en praktisk betydelse för uttagsmöjligheterna. I vissa fall, när grundvattentillgången är god, kan det troligen vara en tillkommande trycksänkning på flera meter utan att det spelar någon roll. I andra fall, när grundvattentillgången i en brunn redan är ansträngd, kan tillkommande trycksänkningar på en halvmeter eller meter innebära märkbara konsekvenser.

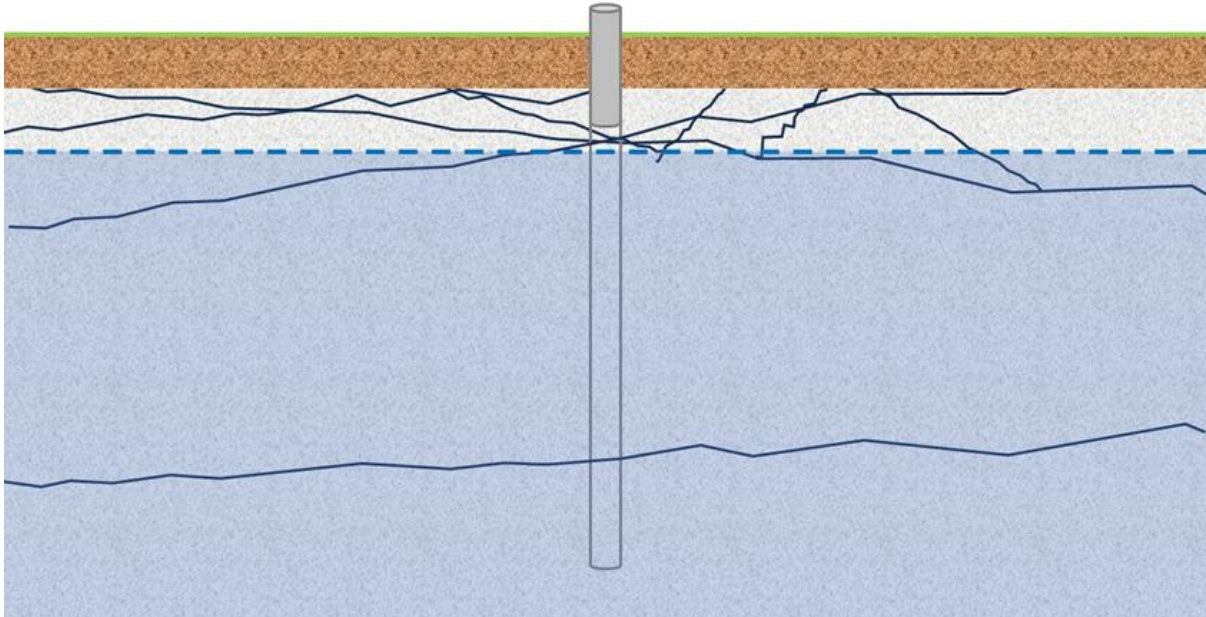
Resultaten indikerar att brunnar kan påverka varandra betydligt inom de inbördes avstånd som analyserats förutsatt att magasinet har en låg hydraulisk konduktivitet ($5 \cdot 10^{-8}$ m/s) och är slutet eller öppet med ett lågt vattenavgivningstal (motsvarande berg). Om den hydrauliska konduktiviteten är hög ($7 \cdot 10^{-7}$ m/s) eller vattenavgivningstalet är högt blir påverkan mellan brunnarna betydligt mindre. Det bör noteras att analyserna är mycket förenklade och inte avspeglar naturliga förhållanden med avseende på heterogenitet etc. Osäkerheten i analysen är därmed stor.

I praktiken är det mycket svårt att avgöra om ett magasin är slutet eller öppet. Det finns också andra varianter, exempelvis ett magasin där endast en del av det är öppet. I praktiken kan magasinstypen i berg troligtvis variera beroende på de geologiska förutsättningarna. För en brunn eller grupp av brunnar kan det mycket möjligt vara olika responser i olika delar av magasinet eller vid olika tidpunkter. Exempelvis är det tänkbart att ett magasin kan fungera som öppet med dränering av morän under våren och försommaren när grundvattennivåerna är nära markytan, men som ett öppet magasin med dränering av berg eller till och med slutet senare under sommaren när grundvattennivåerna har sjunkit. Även den hydrauliska konduktiviteten kan variera över tid. Detta illustreras i figur 12 och 13.

I områden där grundvattentillgången är mest begränsad är det rimligt att jorddjupet är relativt litet. Det kan därför vara olämpligt med ett antagande om att magasinen i dessa områden är öppna med dränering av jord som en betydande faktor. I stället verkar det rimligt att anta att det kan röra sig om kombinationer av slutna och öppna magasin med dränering av berg.



Figur 12. Illustration av ett magasin i berg med ett djupare och ett ytligare spricksystem som överlagras av morän med hög grundvattenyta. Vid uttag i brunnen är det rimligt att moränen åtminstone delvis kan dräneras och responsen visar på ett öppet magasin med en hög hydraulisk konduktivitet.



Figur 13. Illustration av samma magasin som i figur 12 men senare under sommaren med lägre grundvattennivå så att endast det djupare spricksystemet ger vatten till brunnen. Vid uttag i brunnen är det rimligt responsen visar på ett slutet magasin med en betydligt lägre hydraulisk konduktivitet än i figur 12.

Analyserna har gjorts med ett antagande om homogenitet, vilket givetvis inte är överensstämmande med verkligheten, speciellt med tanke på att det handlar om sprickigt berg. Det är därmed inte förväntat att påverkansområdet för en brunn är cirkulärt. Troligtvis är påverkansområdets utbredning mycket mindre åt vissa håll och betydligt större åt andra, men det går inte att fastslå hur det varierar utan omfattande platsspecifika undersökningar.

I verkligheten kan brunnar konkurrera om samma vatten utan att det orsakar direkta tryckresponser vid pumpning. Exempelvis kan två brunnar i berg på var sin sida om en våtmark dra till sig vatten från våtmarken vid pumpning. Men våtmarken fungerar i sig som en positiv hydraulisk rand vilket gör att tryckresponser inte fortplantar sig genom våtmarken så länge det finns vatten där. Pumpstest för att se på tryckresponser i omgivande borrhål är därför inte alltid ett facit på konkurrens om vatten.

Översikt av grundvattenuttag för enskild dricksvattenförsörjning

Metod

Målet med denna del av analysen är att beräkna översiktligt vilken grundvattenmängd per tidsenhet som finns att tillgå för enskild dricksvattenförsörjning i Sverige och hur den varierar geografiskt. Syftet är att skapa ett underlag för en översiktlig riskanalys för enskild dricksvattenförsörjning. För att kunna göra det krävs underlag som beskriver både behovet och tillgången. Som utgångspunkt för analysen används därför fastighetsregistret och SGU:s kartunderlag *grundvattentillgång i små magasin* som uttrycks i enheten l/dygn/ha. Med dessa underlag kan grundvattentillgång i enheten l/dygn per bostad beräknas.

Underlag – Grundvattentillgång i små magasin

Dataunderlaget *grundvattentillgång i små magasin* finns tillgängligt för nedladdning från SGU i form av raster med cellstorlek 100×100 m. Det visar en beräknad grundvattentillgång i enheten l/dygn/ha. För att fullt ut förstå dataunderlaget hänvisas till den tillhörande rapporten (Hjerne m.fl. 2021b). Några viktiga aspekter att tänka på när det används är dock:

- Beräkningarna baseras på ett antal antaganden och relativt översiktlig underlagsinformation och är därmed förknippade med osäkerheter.
- Underlaget ska inte användas i detaljerad skala, till exempel genom att endast använda det specifika värdet för en enstaka hektar.
- Över lag betraktas beräkningarna som konservativa då de till exempel baseras på långa torrperioder eller år med minimal grundvattenbildning (torrår) under de förhållanden som varit 1961–2019.
- Den beräknade grundvattentillgången är inte någon garanterad tillgång, utan det kan mycket väl finnas områden där grundvattentillgången är mindre än vad som presenterats.

För att dataunderlaget ska vara användbart för analyser av uttag krävs ett antagande om hur mycket av den beräknade grundvattentillgången som bör tillgodoräknas en uttagspunkt (brunn). Fortsättningsvis benämns det område varifrån den beräknade grundvattentillgången tillgodoräknas en uttagspunkt för det *primära uttagsområdet*. I rapporten (Hjerne m.fl. 2021b) förs ett resonemang om att det kan vara lämpligt att en brunn i berg avsett för enskild vattenförsörjning tillgodoräknas den beräknade grundvattentillgången från en hektar, det vill säga att det primära uttagsområdet antas vara en hektar. Givetvis kan storleken på det primära uttagsområdet variera stort beroende på de lokala hydrogeologiska förhållandena. Vissa brunnar skulle därför kunna tillgodoräknas den beräknade grundvattentillgången från ett betydligt större område medan andra brunnar kanske bara kan tillgodoräknas ett mindre område.

Om två brunnar är så nära att de primära uttagsområdena överlappar varandra är det rimligt att de åtminstone delvis kan konkurrera om samma vatten. Om det primära uttagsområdet för varje brunn antas vara en hektar och cirkulärt skulle brunnar som är på kortare avstånd än 112 m från varandra därmed kunna påverka varandra.

Resultaten från de analytiska beräkningarna av påverkan mellan brunnar kan inte bekräfta antagandet att ett primärt uttagsområde skulle vara i storleksordning en hektar. Däremot finns det inget i resultaten som talar emot att detta skulle kunna vara ett rimligt antagande.

För att underlätta fortsatt analys med GIS så omvandlades dataunderlaget *grundvattentillgång i små magasin* till punkter lokaliserade i centrum för respektive rastercell.

Underlag – Fastighetsregistret

I mars 2024 begärde SGU ett utdrag av delar av fastighetsregistret som rör *småhusmark* och *småhusmark på lantbruk*. Det omfattar fastigheter där det finns småhusbyggnader eller fastigheter som är bildade med syfte att bygga småhusbyggnader. Det inkluderar då till exempel inte hyreshus, industrier och offentliga byggnader. I fastighetsregistret finns bland annat uppgifter om koordinater för bostäder och fastigheter och vilken typ av vattenförsörjning och avlopp som fastigheten har. Det som däremot saknas är uppgifter om bostaden används permanent eller om det är ett fritidsboende varför det inte var möjligt att göra någon indelning för det. Det är möjligt att göra en sådan analys om det utförs en samkörning med folkbokföringsregistret, men detta är inte utfört inom ramen för denna studie.

Tabell 5. Förklaring av KODVA som beskriver tillgång till vatten och avlopp i fastighetsregistret.

Vattenförsörjning		Avlopp	
Totalssiffra	Förklaring	Entalssiffra	Förklaring
1	Kommunalt vatten året om	1	Kommunalt avlopp
2	Enskilt vatten året om	2	Enskilt avlopp
3	Kommunalt eller enskilt sommarvatten	3	Avlopp saknas
4	Vatten saknas		

En viktig del i underlaget är den så kallade KODVA-uppgiften som indikerar tillgång till vatten och avlopp. Totalssiffran visar vattenförsörjningen och entalssiffran avloppet enligt tabell 5. Om KODVA till exempel är 11 betyder det att fastigheten har kommunalt vatten och avlopp medan 22 betyder enskilt vatten och avlopp. Sommarvatten är inte uppdelat på kommunal och enskild vattenförsörjning.

Vid sticksprovkontroller av fastighetsregistret var det tydligt att det finns en del tvksamheter och oklarheter i data. Till exempel finns det en del fastigheter med KODVA 43 (det vill säga ska sakna både vatten och avlopp), men där det enligt flygfoto ser ut att ligga bostadshus. Det finns också en del fastigheter med vatten och avlopp där det enligt registret saknas hus. Det kan troligen röra sig om avstyckade tomter som inte bebyggs ännu. Det är därmed ofrånkomligt med vissa tvksamheter i resultatet, men det bedöms som försumbart i sammanhanget eftersom underlaget syftar till en översiktlig riskanalys och inte en riskanalys för enskilda, specifika fastigheter.

Ett alternativ till att använda fastighetsregistret är att använda SGU:s databas Brunnar (även kallat Brunnsarkivet) där det finns uppgifter om brunnar i Sverige. Det är dock känt att många brunnar inte finns med i detta register, till exempel äldre brunnar, grävda brunnar och ej rapporterade brunnar. Dessutom kan det vara så att en brunn kan försörja en eller många bostäder vilket det inte finns någon kännedom om. Därför gjordes bedömningen att Brunnsarkivet inte var att föredra för just denna översiktliga analys. Däremot kan det mycket möjligt vara ett bra underlag som ett komplement för en vidare analys i mer detaljerad skala.

Datahantering och analys

Eftersom analysen syftar till att bedöma grundvattentillgång per bostad blir urvalet för analysen i första hand data för byggnaderna och i andra hand används data för fastigheten, om byggnadsdata saknas. Avsnittet beskriver kortfattat hur data från fastighetsregistret behandlades.

Data för byggnader och fastigheter sammanfogades så att det blev en post för varje bostad inklusive data för motsvarande fastighet samt en post för de fastigheter för småhusmark som saknade bostad enligt fastighetsregistret (totalt 3 056 791 poster).

Med hjälp av satellitbilder gjordes stickprov för fastigheter utan bostad. Bilderna indikerade att *småhusmark* ofta såg ut att vara avstyckningar där det mycket möjligt kommer att byggas bostad. Detta är också förväntat eftersom de rimligtvis har fått ett förhandsbesked inför avstyckningen. I vissa fall fanns det också bostad på fastigheten trots att det enligt fastighetsregistret inte skulle finnas. Dessa poster behölls därför i dataunderlaget. Däremot tolkades stickprov för fastigheter utan bostad på *småhusmark på lantbruk* som att de ofta inte kommer att bebyggas med bostäder utan avsikten med avstyckningen kanske snarare varit andra typer av byggnader. Dessa sorterades därför bort från urvalet.

Om posten hade en koordinat för bostaden valdes den som representativ för fortsatt analys. I annat fall valdes koordinaten för fastigheten. Om koordinat saknades för både bostad och fastighet sorterades denna bort från den fortsatta analysen. Efter de tre första stegen i datahanteringen fanns det kvar 2 972 298 poster varav 2 819 761 är bostäder och 152 537 är fastigheter för *småbusmark* som enligt fastighetsregistret för närvarande saknar bostad.

För KODVA 11–23 var det givet hur vattenförsörjningen ska klassificeras enligt tabell 5. Däremot var det inte lika givet hur de poster som hade KODVA 31–43 skulle klassificeras. Baserat på statistik för KODVA 11–23 är det rimligt att vattenförsörjningen ofta följer klassen för avloppet. Därför gjordes den första klassificeringen enligt:

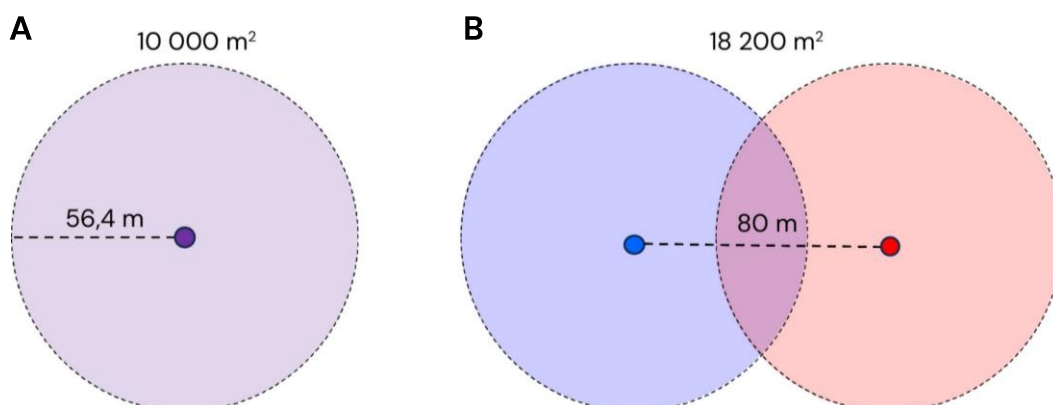
- *Kommunalt vatten* – KODVA 11, 12, 13, 31 och 41 (1 791 701 poster)
- *Enskilt vatten* – KODVA 21, 22, 23, 32 och 42 (874 204 poster)
- *Okänt vatten* – KODVA 33 och 43 (306 393 poster)

Om posterna med *okänt vatten* var långt ifrån närmsta post med *kommunalt vatten* bedömdes det som osannolikt att de skulle ha kommunalt vatten utan mer sannolikt att de har *enskilt vatten*. Därför delades *okänt vatten* upp enligt:

- Om de var mer än 2 km från närmsta post med *kommunalt vatten* klassificerades de som *enskilt vatten*.
- Om de var mindre än 2 km från närmsta post med *kommunalt vatten* eller *enskilt vatten* så klassades de i likhet med den posten.

En mindre del av de bostäder som klassades som *enskilt vatten* ligger inom koloniområden. Eftersom det ofta finns restriktioner att de inte får användas för övernattnings exkluderades dessa från fortsatta analyser. Efter detta återstod 1 099 690 poster som därmed bedömdes vara bostäder med enskild vattenförsörjning eller fastigheter som sannolikt kommer att få bostäder med enskild vattenförsörjning. Av dessa var 70 887 fastigheter för *småbusmark* som enligt fastighetsregistret för närvarande saknar bostad. Samtliga dessa poster kallas fortsättningsvis i denna rapport för bostäder även om en del av dem kan ha saknat bostad när analysen gjordes.

I enlighet med resonemanget om ett primärt uttagsområde om 1 ha antogs att varje bostad med enskild vattenförsörjning i huvudsak använder grundvattnet inom en cirkel som motsvarar ytan av 1 ha (radie 56,4 m). Om en bostad ligger längre än 113 m från närmsta annan bostad så kommer den enligt detta resonemang inte påverkas av någon annan bostad (fig. 14A). Det primära uttagsområdet för denna blir då 10 000 m². Om två bostäder ligger 80 m från varandra skulle det gemensamma primära uttagsområdet för dessa bli 18 200 m² (fig. 14B). I det fallet minskar alltså det primära uttagsområdet per bostad till 9 100 m² på grund av konkurrens.



Figur 14. Illustration av tre bostäder med enskild vattenförsörjning. **A.** Den lila bostaden påverkas inte av de andra och det primära uttagsområdet är 10 000 m². **B.** Den blå och den röda bostaden är inom det avstånd då de kan antas påverka varandra. Det gemensamma primära uttagsområdet för bostäderna är 18 200 m².

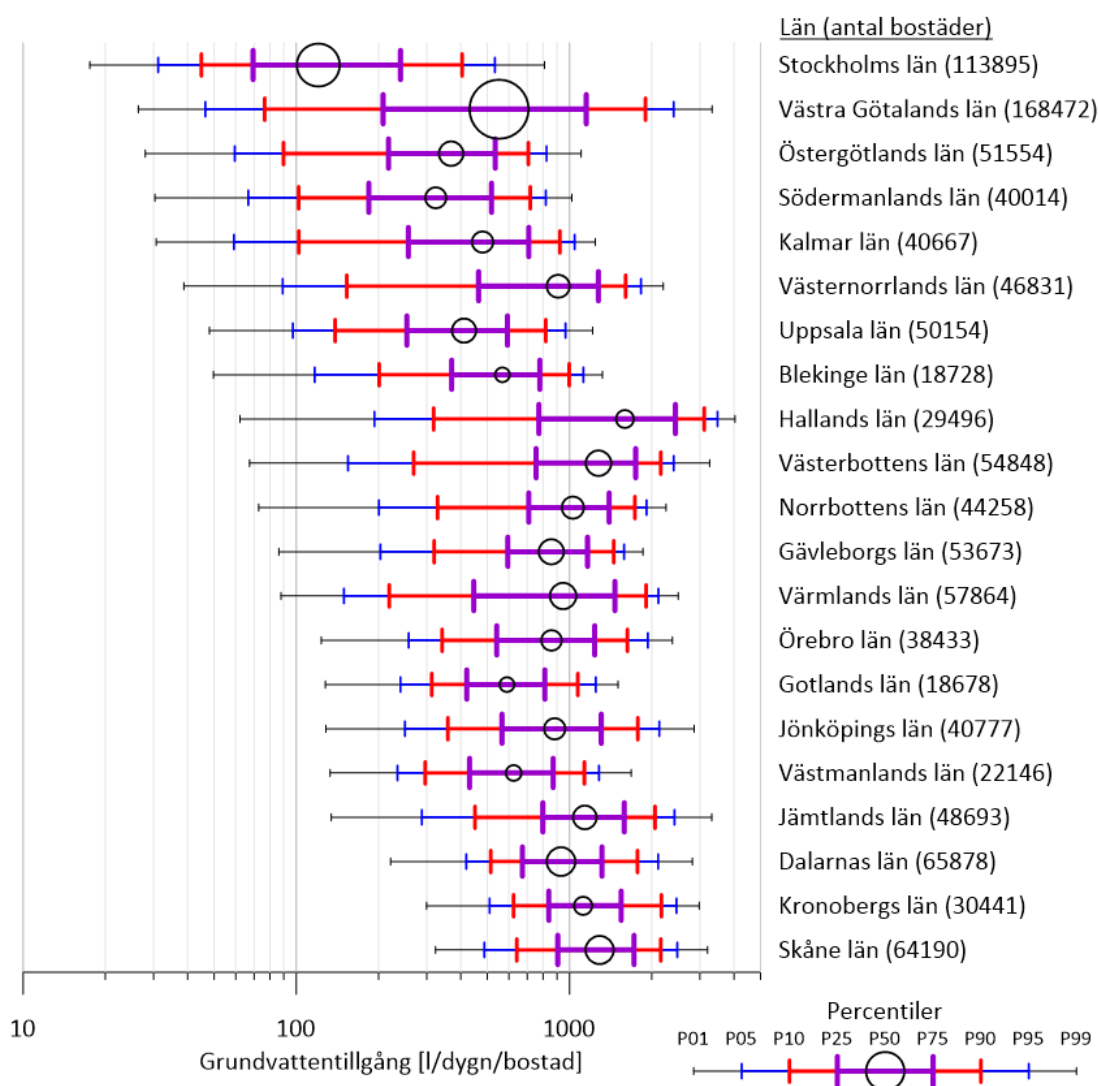
För samtliga bostäder med enskild vattenförsörjning skapades en cirkulär buffert motsvarande 1 ha. För varje grupp av bostäder med överlappande buffertar skapades ett kluster vars totala yta beräknades. Totalt resulterade detta i knappt 410 000 kluster. 240 000 av dessa omfattade endast en bostad men benämns ändå som kluster fortsättningsvis.

För varje kluster plockades medianvärdet ut från grundvattentillgång i små magasin (l/dygn/ha). För att inte basera beräkningen på alltför få värden i grundvattentillgång utökades bufferten för varje kluster med 250 m när medianvärdet beräknades.

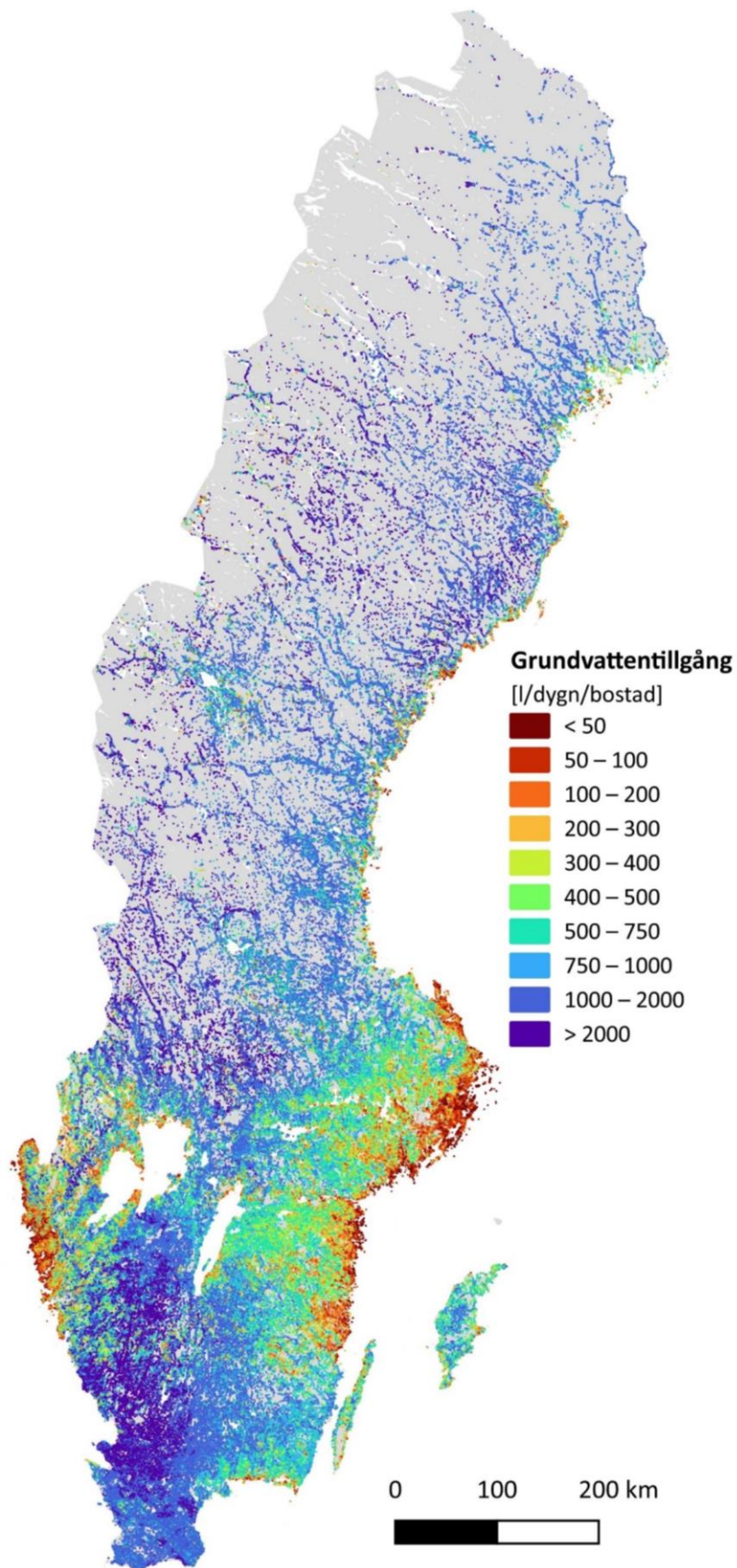
Slutligen beräknades grundvattentillgången för varje bostad genom att multiplicera medianvärdet av grundvattentillgång med arean av det gemensamma primära uttagsområdet dividerat med antal bostäder för respektive kluster.

Resultat

Figur 15 och 16 visar resultaten från analysen av grundvattentillgång per bostad. Figur 15 redovisar fördelningen inom respektive län i form av percentiler (P01, P05, P10, P25, P50, P75, P90, P95 och P99). Medianvärdet (P50) visas som en ring där storleken på ringen visar antalet bostäder för respektive län i jämförelse med de andra länen i diagrammet. Figur 16 visar grundvattentillgången per bostad för hela Sverige. I bilaga 2 redovisas resultaten med länsvisa kartor och statistik för respektive kommun.



Figur 15. Länsviss fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad.



Figur 16. Geografisk fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Sverige.

Diskussion

Det framgår tydligt i resultatet att grundvattentillgången per bostad varierar stort mellan länen men också inom respektive län. Vid en närmare analys av data är det uppenbart att det beror på både den underliggande grundvattentillgången och hur tätt bostäderna ligger. Ännu tydligare skillnader blir det vid jämförelser mellan olika kommuner, se bilaga 1. Exempelvis ligger bostäderna generellt sett tätare i Nacka än på Gotland vilket ger en skillnad i primärt uttagsområde. I Nacka är medianvärdet på det primära uttagsområdet 3 600 m² medan motsvarande siffra för Gotland är 6 600 m². Om det primära uttagsområdet skulle vara lika stort i Nacka som på Gotland skulle följaktligen medianvärdet för grundvattentillgången per bostad bli nästan det dubbla, men fortfarande vara betydligt lägre än på Gotland på grund av de hydrogeologiska förhållandena.

Över lag är den beräknade grundvattentillgången per bostad låg med tanke på snittförbrukningen av vatten i Sverige. Det är då viktigt att tänka på att grundvattentillgången är konservativt skattad, bland annat genom att det ska spegla tillgången under ett år med minimal grundvattenbildning eller under den längsta torrperioden som på flera håll kan vara upp mot 200 dygn. Det är också förväntat att användningen av bostäderna kan vara ganska låg i många av de områden som uppvisar de allra lägsta värdena för grundvattentillgång per bostad. Det kan till exempel gälla många öar utan fast landförbindelse där andel fastboende kan vara låg och många av bostäderna troligtvis är sommarstugor som bara används ett antal veckor per sommar. I praktiken skulle då grundvattentillgången i snitt per bostad bli högre för de veckor som de faktiskt används. Observera att även fastigheter för småhus som inte bebyggs än är inkluderade i analysen vilket leder till en större mängd bostäder än vad som faktiskt finns för tillfället. Lokalt kan dessa fastigheter förändra resultatet jämfört med om det inte varit med i analysen, speciellt om de medför en förtätning jämfört med existerande bostäder. Dock utgör de endast 6 procent av det totala underlaget vilket gör att de sannolikt inte förändrar den övergripande bilden i resultatet.

Många av de som har enskild vattenförsörjning har också enskilt avlopp där en stor del av det uttagna vattnet kan återinfiltreras i marken. Detta skulle också kunna förbättra vattenbalansen så att grundvattentillgången per bostad ökar. Det är dock också en riskfaktor för vattenkvaliteten om en stor del av uttagen består av återinfiltrerat avloppsvatten, speciellt om det också har en kort uppehållstid i marken.

I analysen förutsätts att varje bostad har sitt grundvattenuttag vid själva bostaden. I många fall är det nog ett rimligt antagande, men det är troligen vanligt att flera bostäder delar på en och samma brunn. Grundvattentillgången per bostad skulle dock inte bli högre om flera bostäder tar vatten från samma brunn.

Osäkerheterna är stora i denna typ av analys. Resultaten kan därför inte användas för att fastställa hur grundvattentillgången ser ut för en specifik fastighet eller ett område. Däremot kan metodiken och resultaten utgöra en bra grund för en fördjupad riskanalys i till exempel en kommun. SGU tar inte ställning till hur en sådan ska göras. Givetvis bör befintliga verksamhetsområden för allmän vattenförsörjning, liksom planer för framtida verksamhetsområden, ingå i en fördjupad riskanalys. I övrigt kan det troligen vara en god idé att inledningsvis fokusera på de områden inom kommunen som har lägst grundvattentillgång per bostad enligt analysen och börja med att kartlägga hur användningen av bostäderna ser ut i dessa områden. Vissa områden kan då troligen sorteras bort på grund av litet nyttjande medan andra kanske kräver ytterligare fördjupad analys då det kan vara en hög andel permanentboende eller sommarstugor som används många dygn per år. Användningen av bostäder kan vara svårt att bedöma men det kan möjligen vara värt att analysera folkbokföringsregistret. I en fördjupad analys kan det också vara värt att lägga till andra, kända aktörer som gör grundvattenuttag. Det kan röra sig om jordbruk, vattenkrävande industrier eller andra verksamheter där vattenförbrukningen tidvis kan vara hög som till exempel campingplatser.

Samanalys

Allmän vattenförsörjning och klimatförändringarnas påverkan på stora grundvattenmagasin

I figur 8 (se avsnitt *Översikt av grundvattenuttag för allmän vattenförsörjning*) framgår det att grundvatten utgör en betydelsefull del av den allmänna vattenförsörjningen i flertalet svenska kommuner. Grundvattenberoendet varierar stort över landet, men det finns inget större område i Sverige som är helt oberoende av grundvatten för den allmänna vattenförsörjningen. I Stockholms län och i norra halvan av Götaland är det dock relativt stor andel av kommunerna som är helt eller nästan helt beroende av ytvatten. Dock kan grundvatten även i sådana områden vara lokalt mycket betydelsefullt. Det finns alltså inget större område i Sverige där det är möjligt att bortse från klimatförändringarnas påverkan på grundvattnet för allmän vattenförsörjning. Grundvattenberoendet inom allmän vattenförsörjning kan också komma att förändras som en följd av åtgärder i syfte att skapa en robust vattenförsörjning. I slutbetänkandet från VA-beredskapsutredningen (SOU 2024:82) nämns bland annat att kommunerna bör se över sitt behov av reservvatten. Det kan medföra att nya grundvattentäkter etableras, eller att gamla återtas i drift, i syfte att skapa redundans i råvattentillgången. Detta kan medföra att grundvattenberoendet ökar, men också att den allmänna vattenförsörjningen totalt sett får en stärkt förmåga att hantera perioder med vattenbrist.

För de stora grundvattenmagasinen, som är av betydelse för den allmänna vattenförsörjningen, visar analysen av klimatförändringarnas påverkan att det främst är i Götaland och Svealand som det finns störst risk för minskande fyllnadsgrad och därmed lägre grundvattennivåer. En ökad fyllnadsgrad, och därmed högre grundvattennivåer kan också påverka vattenförsörjningen, men har bedömts vara mindre allvarlig. Ett undantag kan vara om det blir extremt höga nivåer så att till exempel närliggande ytvatten kan ge ett betydande flöde till vattentäkten vilket i sin tur försämrar vattenkvaliteten.

Observera att denna rapport inte har analyserat olika möjliga konsekvenser för allmän vattenförsörjning på grund av klimatförändringar för grundvattnet i stora magasin. Med tanke på detta, och de relativt stora osäkerheter som klimatanalysen visat för stora magasin, så kan klimatpåverkan på allmän vattenförsörjning inte uteslutas för någon del av Sverige. Det bedöms dock främst vara kommuner i södra Sverige som bör vara i fokus för fördjupade analyser av klimatförändringar och möjliga konsekvenser för den allmänna vattenförsörjningen. Noteras bör också att det endast bedöms vara en liten andel av alla grundvattentäkter för allmän vattenförsörjning som har utretts mer detaljerat med avseende på klimatförändringar i kombination med uttag.

Enskild dricksvattenförsörjning och klimatförändringarnas påverkan på små magasin

Den beräknade grundvattentillgången per bostad med enskild dricksvattenförsörjning är mycket varierande i Sverige under nuvarande förhållanden. Generellt är grundvattentillgången sämre nära kusterna och i vissa områden kring de större sjöarna. Detta beror både på att de hydrogeologiska förutsättningarna kan vara sämre i dessa områden, då de ofta till exempel karakteriseras av mindre jorddjup och ökad risk för saltvatteninträngning, samtidigt som bostäder som är beroende av enskild vattenförsörjning kan ligga förhållandevis tätt i dessa områden. Det gäller både om man betraktar den beräknade grundvattentillgången i nationell skala och inom olika län, även om undantag finns. Observera dock att det råder stora osäkerheter gällande påverkan mellan närliggande brunnar för enskild vattenförsörjning vilket påverkar analysen och slutsatserna.

Notera även att analysen inte har beaktat eventuell återföring av vatten i form av infiltration vid enskilda avloppsanläggningar.

De områden där den beräknade grundvattentillgången per bostad med enskild dricksvattenförsörjning är som mest begränsad sammanfaller tyvärr väl med de områden där det förväntas störst minskning av den potentiella grundvattenbildningen och fyllnadsgraden samt störst ökning av grundvattentorkan. Analysen visar att den största minskningen av fyllnadsgrad, och därmed grundvattennivå, förväntas under sommaren och hösten när det redan i dagsläget oftast är som lägst. Sommartid är det också förväntat att vattenförbrukningen ökar i dessa områden då en stor del av bostäderna är fritidsboenden. Dessutom tyder resultaten på att det kommer att bli en större skillnad mellan de torra åren och de blöta åren i dessa områden.

Mycket tyder alltså på att det kan förväntas störst försämringar vad det gäller grundvattentillgången för enskild vattenförsörjning i just de områden och vid de tidpunkter där användningen är som störst och redan i dagsläget kan vara som mest utsatt.

Diskussion och slutsatser

Detta är slutrapporteringen av SGU:s uppdrag att analysera de svenska grundvattenmagasinens robusthet och utsatthet för klimatförändringar, vilket ingick i myndighetens regleringsbrev för 2024. Inom uppdraget har en grundläggande analys av klimatförändringarnas påverkan på grundvatten tidigare presenterats i Hjerne m.fl. 2024. För att få en gemensam diskussion och gemensamma slutsatser för uppdraget är delar av det som beskrivs nedan redan presenterat i Hjerne m.fl. 2024. I den tidigare rapporten finns dock en mer utförlig diskussion om metod och resultat.

I denna studie ingår också översiktliga analyser av beroendet av grundvatten för allmän och enskild vattenförsörjning och en samanalys av detta med förväntade klimatförändringar för både stora och små grundvattenmagasin.

Analysen av klimatförändringarnas påverkan inkluderar klimatindikatorerna potentiell grundvattenbildning och grundvattentorka för små grundvattenmagasin samt fyllnadsgrad för både små och stora grundvattenmagasin. Över lag visar analysen att det finns många likheter vad det gäller förändringen för de olika indikatorerna i ett framtida klimat. Detta är inte oväntat med tanke på att grundläggande drivdata, det vill säga temperatur och nederbörd, är gemensamma för dem.

Här sammanfattas några av de mer betydelsefulla observationer som gjorts för perioden 2011–2100 jämfört med referensperioden 1971–2000:

- Förändringarna för de studerade klimatindikatorerna visar på liknande resultat.
- Förändringarna är mer påtagliga för kraftigare klimatscenarier (högre RCP) och senare tidsperioder.
- Förändringen för årstider är generellt större än den totala förändringen sett över ett helt år.
- Den potentiella grundvattenbildningen ökar under december till februari medan den minskar under mars till maj. Detta skulle kunna förklaras av en högre andel regn i stället för snö under vintern och en tidigare snösmältning, samtidigt som växtaktiviteten och avdunstningen kommer i gång tidigare under våren till följd av en ökad temperatur.
- Årstidsförändringen av fyllnadsgrad och därmed grundvattennivå är en fördröjd följeffekt av årstidsförändringen av potentiell grundvattenbildning. Den största minskningen av fyllnadsgrad uppträder därför under sommaren och hösten.

Sett till förändringarna i de studerade klimatindikatorerna för grundvatten kan Sverige grovt delas in i två olika geografiska områden. Det ena området utgörs av Norrlands inland, fjällkedjan och delar av Dalarna. Här presenteras några generella resultat för detta område:

- Förändringen sett över ett helt år visar på en ökad potentiell grundvattenbildning och fyllnadsgrad
- Den potentiella grundvattenbildningen förväntas öka mer för de blötare åren än för de torrare åren. Detta innebär att det förväntas bli större skillnad mellan blöta och torra år i framtiden.
- Fyllnadsgrad förväntas öka mer under de perioder när det normalt sett är låg fyllnadsgrad än de perioder då det normalt sett är hög fyllnadsgrad. Detta innebär att det förväntas bli mindre skillnad mellan låga och höga grundvattennivåer inom en årscykel.
- De längsta perioderna med grundvattentorka, som i detta område inträffade vintertid under referensperioden 1971–2000, förväntas bli kortare.

Det andra området utgörs av Götaland, stora delar av Svealand samt längs Norrlandskusten. Några generella resultat för detta område:

- Förändringen sett över ett helt år visar på en minskad eller oförändrad potentiell grundvattenbildning och fyllnadsgrad.
- Den potentiella grundvattenbildningen förväntas minska mer för de torrare åren än för de blötare åren. Detta innebär att det förväntas bli större skillnad mellan torra år och blöta år i framtiden.
- Fyllnadsgrad förväntas minska mer för de perioder när det normalt sett är låg fyllnadsgrad än de perioder då det normalt sett är hög fyllnadsgrad. Detta innebär att det förväntas bli större skillnad mellan låga och höga grundvattennivåer inom en årscykel.
- De längsta perioderna med grundvattentorka, som i detta område inträffar under sommarhalvåret, förväntas bli längre samtidigt som de torrare åren ser ut att få en större förändring än de blötare åren.
- Många av de större förändringarna noteras ofta för områden nära kusten och de större sjöarna.

Sammanfattningsvis är det förväntat att grundvattentillgången minskar i Götaland, stora delar av Svealand och längs Norrlandskusten. Särskilt tydliga försämringar förväntas för de torrare åren och under sommarhalvåret. Detta kan få betydande konsekvenser då det tyvärr sammanfaller väl med de områden och de tidpunkter där användningen för enskild vattenförsörjning är som störst och redan i dagsläget kan vara som mest utsatt. För den allmänna vattenförsörjningen är resultatet inte lika tydligt, även om mycket pekar på att det främst är kommuner i södra Sverige där effekterna av ett förändrat klimat kan bli som mest påtagliga.

Möjliga konsekvenser för samhället

Grundvatten spelar en mycket viktig roll för det svenska samhället, både som resurs och potentiellt problem. Samhället är i mångt och mycket anpassat till historiska förhållanden. En förändring av grundvattenförhållandena på grund av klimatförändringar kan därför medföra stora konsekvenser för samhället (SOU 2007:60). Detta avsnitt sammanfattar av några av de samhällskonsekvenser som kan uppstå på grund av en förändrad grundvattentillgång.

En långsiktigt minskad grundvattenbildning kan ge en gradvis försämrad grundvattentillgång och öka risken för vattenbrist. Detta bedöms framför allt vara betydelsefullt för grundvattenmagasin som kan lagra mycket vatten, vilket ofta är fallet för de magasin som används för allmän vattenförsörjning. Detta kan i sin tur leda till begränsningar i tätortsutbyggnad eller näringslivsutveckling.

Längre perioder med grundvattentorka kan, även om det saknas en långsiktig trend i grundvattentillgång, periodvis försämra grundvattentillgången. Detta påverkar främst grundvattenmagasin med en begränsad lagringsförmåga. Det bedöms kunna medföra stora konsekvenser för enskild dricksvattenförsörjning vilket kan påverka landsbygdsutveckling, inte minst i kustnära områden där turism och fritidsboende kan utgöra en mycket betydelsefull del av näringslivet. Livsmedelsproduktion påverkas också av minskad vattentillgång för djurhållning och bevattning. En lång grundvattentorka kan även påverka tillväxten för grödor och skog. Vid grundvattentorka är det också en stor risk att vattenbehovet ökar för till exempel bevattning.

Förhöjda grundvattennivåer kan medföra en försämrad markstabilitet och bärighet i mark. Höga grundvattennivåer medför också en minskad förmåga att magasinera ytterligare vatten i marken och därmed ökad risk för yttlig avrinning och översvämningar vid nederbördstillfällena. Detta kan få en effekt för infrastruktur.

Låga grundvattennivåer kan medföra en ökad risk för sättningar och sinande brunnar främst för den enskilda vattenförsörjningen.

Inom regeringsuppdraget under 2024 har fokus varit på de kvantitativa aspekterna av grundvatten, men vattenkvalitet är ofta en minst lika betydelsefull faktor för en tillförlitlig dricksvattenförsörjning som mängden grundvatten. Det finns samband mellan mängden grundvatten och vattenkvaliteten, vilket innebär att förändringar av vattenkvalitet i framtida klimat också måste beaktas. Punktlistan presenterar några möjliga tänkbara konsekvenser relaterade till vattenkvaliteten i ett framtida klimat:

- Högre temperatur kan ge en förändrad vattenkvalitet, bland annat genom att både den kemiska vittringen och den mikrobiella aktiviteten brukar öka med stigande temperatur.
- En förändrad grundvattennivå kan ge ändrade oxidationsförhållanden, vilket kan påverka utlakning och lösning av olika ämnen, och därmed en förändrad vattenkvalitet.
- En förändrad grundvattenkvantitet kan ge förändrade grundvattenflöden och därmed förändrad vattenkvalitet i till exempel en brunn.
- Extremt höga grundvattennivåer kan ge översvämningar och inflöde av grundvatten med en sämre kvalitet till brunnar.
- En minskad grundvattenkvantitet kan öka risken för saltvatteninträngningar i brunnar, både i kustnära områden och områden med saltare grundvatten på större djup.
- En förändrad vattenkvalitet kan medföra utökat behov av vattenrening.

Sammantaget bedöms förändringarna i grundvattentillgång och grundvattenkvalitet kunna påverka samhället på flera olika sätt och inom flera olika sektorer, till exempel landsbygdsutveckling, näringslivsutveckling, livsmedelsförsörjning och infrastruktur.

Konsekvenserna behöver inte stå i direkt proportion till den förändring som sker. Det beror på att både användningen eller beroendet av grundvatten och de geologiska förhållandena kan variera stort mellan olika områden. Exempelvis behöver inte en minskad grundvattenbildning med 20 procent få någon konsekvens alls för ett grundvattenmagasin om den nuvarande grundvattenbildningen är stor eller om användningen av grundvatten är litet. I andra områden kan en liten förändring få en stor konsekvens om magasinets lagringsförmåga är liten eller om uttaget av grundvatten redan i dagsläget ligger nära kapacitetsgränsen. För att utreda vilka konsekvenser som förväntas uppstå behövs bland annat ökad kunskap om den kombinerade effekten av grundvattenuttag och klimatförändringar. Detta gäller både allmän vattenförsörjning i stora magasin och enskild vattenförsörjning i små magasin. För det senare fallet finns det också en stor osäkerhet kring hur närliggande brunnar kan påverka varandra.

För en konsekvensutredning eller klimatanpassningsutredning är det givetvis viktigt att också välja vilka scenarier som ska ingå. SGU tar dock inte ställning till vilken tidsperiod eller klimat-scenario som ska användas som planeringsunderlag. Det är något som behöver beslutas inom den specifika utredningen och kan bero på en mängd olika faktorer som till exempel syfte, karaktär och behov av säkerhetsmarginal för utredningen.

Förutom att välja tidsperioder och klimatscenario krävs också ställningstaganden till vilka specifika värden som ska användas inom en utredning. Detta eftersom det inte är givet att det är medelvärdet av modellensembeln som ska användas. Exempelvis kan medelvärdet av potentiell grundvattenbildning visa på oförändrade förhållanden men standardavvikelsen vara 10 procent. Då är det inte givet om den ska antas vara oförändrad, öka eller minska i en utredning, eller hur mycket den ska antas förändras. Även detta beslut kommer att behöva göras inom en utredning och kan till exempel bero på vilken säkerhetsmarginal som är lämplig att använda.

Förslag till fortsatta studier

Denna studie utgör endast en liten delmängd av den kunskap som behövs för att göra konsekvensanalyser och anpassningar av det svenska samhället till grundvattenförhållanden i ett framtida klimat. Resultaten i studien visar att det kan bli både mer och mindre grundvatten för olika platser och under olika perioder. Behovet av grundvatten och de geologiska förhållandena varierar också mycket i Sverige. Konsekvenserna av förändrade grundvattenförhållanden är till stor del osäkra eller okända och de kan troligtvis också skilja betydligt mellan olika platser och tidpunkter.

Klimatanpassning av samhället kan medföra mycket stora kostnader. Det är därför nödvändigt att genomföra ytterligare studier avseende förändrade grundvattenförhållanden i syfte att förbättra kunskap och underlag för prioritering av lämpliga klimatanpassningar på rätt plats. Bland annat bör ingående studier av klimatpåverkan på grundvattenkvalitet samt konsekvensanalyser av förändrade grundvattenförhållanden genomföras. Dessa konsekvensanalyser bör inkludera:

- Kombinerade effekter av grundvattenuttag och klimatförändringar för en mängd olika geologiska typmiljöer, till exempel:
 - Uttag för allmän vattenförsörjning i stora magasin.
 - Uttag och konkurrens mellan olika uttag för enskild vattenförsörjning i små magasin.
- Andra samhällssektorer än dricksvattenförsörjning som är beroende eller påverkad av grundvatten, som till exempel livsmedelsförsörjning, näringslivsutveckling och infrastruktur.
- Både en minskad och ökad grundvattentillgång.
- Både grundvattenkvantitet och grundvattenkvalitet.

Konsekvensanalyser bör göras i nationell och regional skala för att se på de övergripande mönstren för samhället, men också i lokal skala för specifika objekt och projekt. De bör därför också göras av olika aktörer där till exempel SGU kan göra de övergripande analyserna medan andra aktörer bör ansvara för och genomföra de lokala och platsspecifika utredningarna.

Referenser

- Aastrup, M., Thunholm, B., Sundén, G. & Dahné, J., 2012: Klimatets påverkan på koncentrationer av kemiska ämnen i grundvatten. *SGU-rapport 2012:27*, Sveriges geologiska undersökning.
- Beal, E., personlig kommunikation, e-post, utredningsingenjör, Uppsala Vatten och Avfall AB, 2024-09-24.
- DHI, 2014: Framtida klimat- och uttagsscenarier för Kristianstadsslätten. Beräkningar med MIKE-SHE. C4 Teknik, Kristianstads kommun, September 2014.
- Dougherty, D.E. & Babu, D.K., 1984: Flow to a partially penetrating well in a double-porosity reservoir. *Water Resources Research*, vol. 20, no. 8, pp. 1116–1122.
- HaV, 2024: Dricksvatten och vattenskydd. <<https://www.havochvatten.se/avlopp-och-dricksvatten/dricksvatten-och-vattenskydd.html>> Åtkommen 17 december 2024.
- Hjerne, C., Retzner A., Hellstrand, E. & Thunholm, B., 2024: Klimatmodellering av grundvatten – grundläggande analys. *SGU-rapport 2024:04*, Sveriges geologiska undersökning
- Hjerne, C., Öhman, J., Thunholm, B., Jirner, E. & Nisell, J., 2019: Bedömning av grundvattentillgång för enskild vattenförsörjning i Uppsala län. *SGU-rapport 2019:09*, Sveriges geologiska undersökning
- Hjerne, C., Thorsbrink, M., Thunholm, B., Andersson, J. & Dahlqvist, P., 2021a: Hydraulisk konduktivitet i Sveriges berggrund. *SGU-rapport 2021:09*, Sveriges geologiska undersökning
- Hjerne, C., Thorsbrink, M., Thunholm, B., Gustafsson, M., Lång, L-O., Mikko, H. & Ising, J., 2021b: Grundvattentillgång i små magasin. *SGU-rapport 2021:08*, Sveriges geologiska undersökning
- Lagergren, H., 2015: Grundvattennivåernas tidsmässiga variation i morän och jämförelse med klimatscenarier. *SGU-rapport 2015:20*, Sveriges geologiska undersökning.
- Maxe, L., 2007: Enskild vattenförsörjning – kunskapsunderlag inför uppföljning av nytt delmål. *SGU-rapport 2007:10*, Sveriges geologiska undersökning
- Moench, A.F., 1997: Flow to a well of finite diameter in a homogeneous, anisotropic water-table aquifer. *Water Resources Research*, vol. 33, no. 6, pp. 1397–1407.
- Rodhe, A., Lindström, G. & Dahné, J., 2009: Grundvattennivåer i ett förändrat klimat. Slutrapport från SGU-projektet ”Grundvattenbildning i ett förändrat klimat”, SGU:s diarienummer 60-1642/2007. Institutionen för Geovetenskaper, Uppsala universitet och Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut.
- SCB, 2022: Vattenanvändningen i Sverige 2020 MI27 - Vattenuttag och vattenanvändning 2022:1. Statistiska Centralbyrån.
- SGU, 2024a: Det menas med fyllnadsgrad och grundvattensituation. <<https://www.sgu.se/grundvatten/grundvattennivaer/om-grundvattennivaer/det-menas-med-fyllnadsgrad-och-grundvattensituation/>>. Åtkommen 9 december 2024.
- SGU, 2024b: Grundvattenförekomster. <<https://www.sgu.se/anvandarstod-for-geologiska-fragor/vattenforvaltning-av-grundvatten/sammanfattning-av-vattenforvaltningscykeln-for-grundvatten/grundvattenforekomster/>>. Åtkommen 17 december 2024.
- SKB, 2006: Preliminary site description. Laxemar subarea – version 1.2. SKB R-06-10, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SMHI, 2024a: Klimat – statistik, forskning och vägledning. <<https://www.smhi.se/klimat>> Åtkommen 19 januari 2024.

SMHI, 2024b: Griddade nederbörd- och temperaturdata - PTHBV.

<<https://www.smhi.se/data/ladda-ner-data/griddade-nederbord-och-temperaturdata-pthbv>>
Åtkommen 19 januari 2024.

SOU 2007:60. Klimat- och sårbarhetsutredningen. *Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter*.

SOU 2024:82. Va-beredskapsutredningen. *Ökad VA-beredskap*.

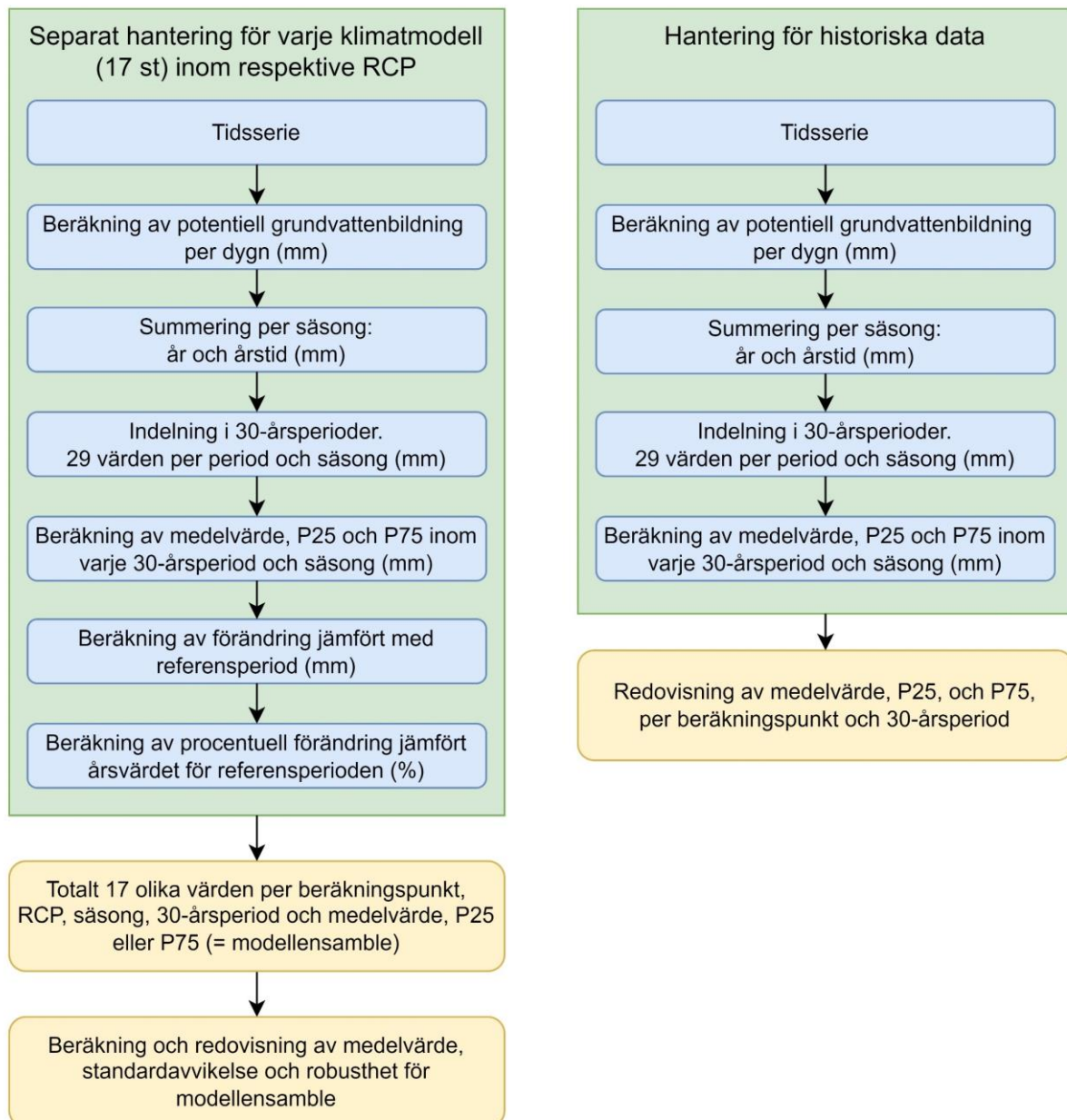
Sundén G., Maxe, L. & Dahné, J., 2010: Grundvattennivåer och vattenförsörjning vid ett förändrat klimat. *SGU-rapport 2010:12*, Sveriges geologiska undersökning.

Vikberg, E., Thunholm, B., Thorsbrink, M. & Dahné, J., 2015: Grundvattennivåer i ett förändrat klimat – nya klimatscenarier. *SGU-rapport 2015:19*, Sveriges geologiska undersökning.

Bilaga 1. Beräkning av klimatindikatorer

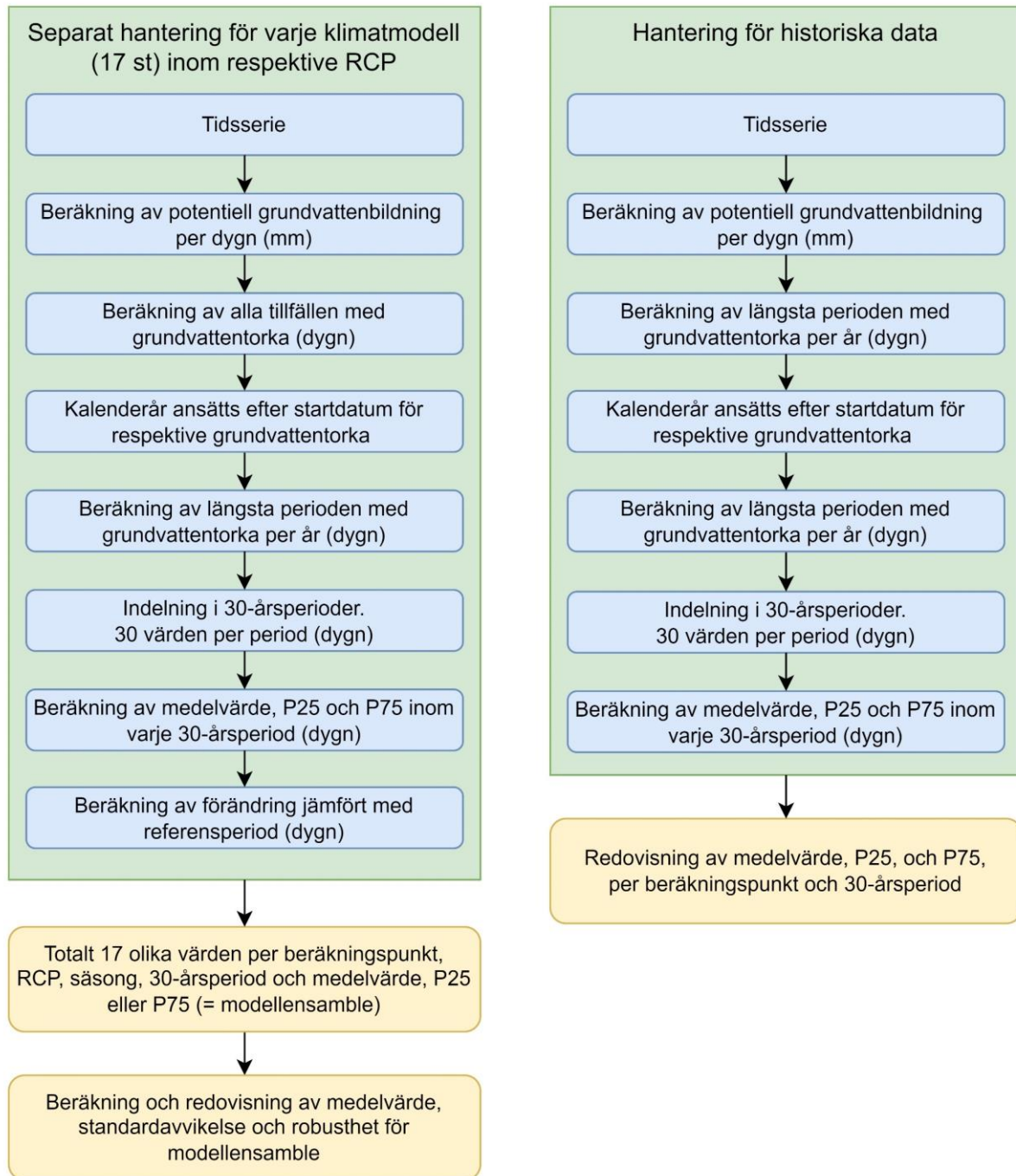
I denna bilaga redovisas steg för steg hur de olika klimatindikatorerna beräknas utifrån tidsserier.

Potentiell grundvattenbildning



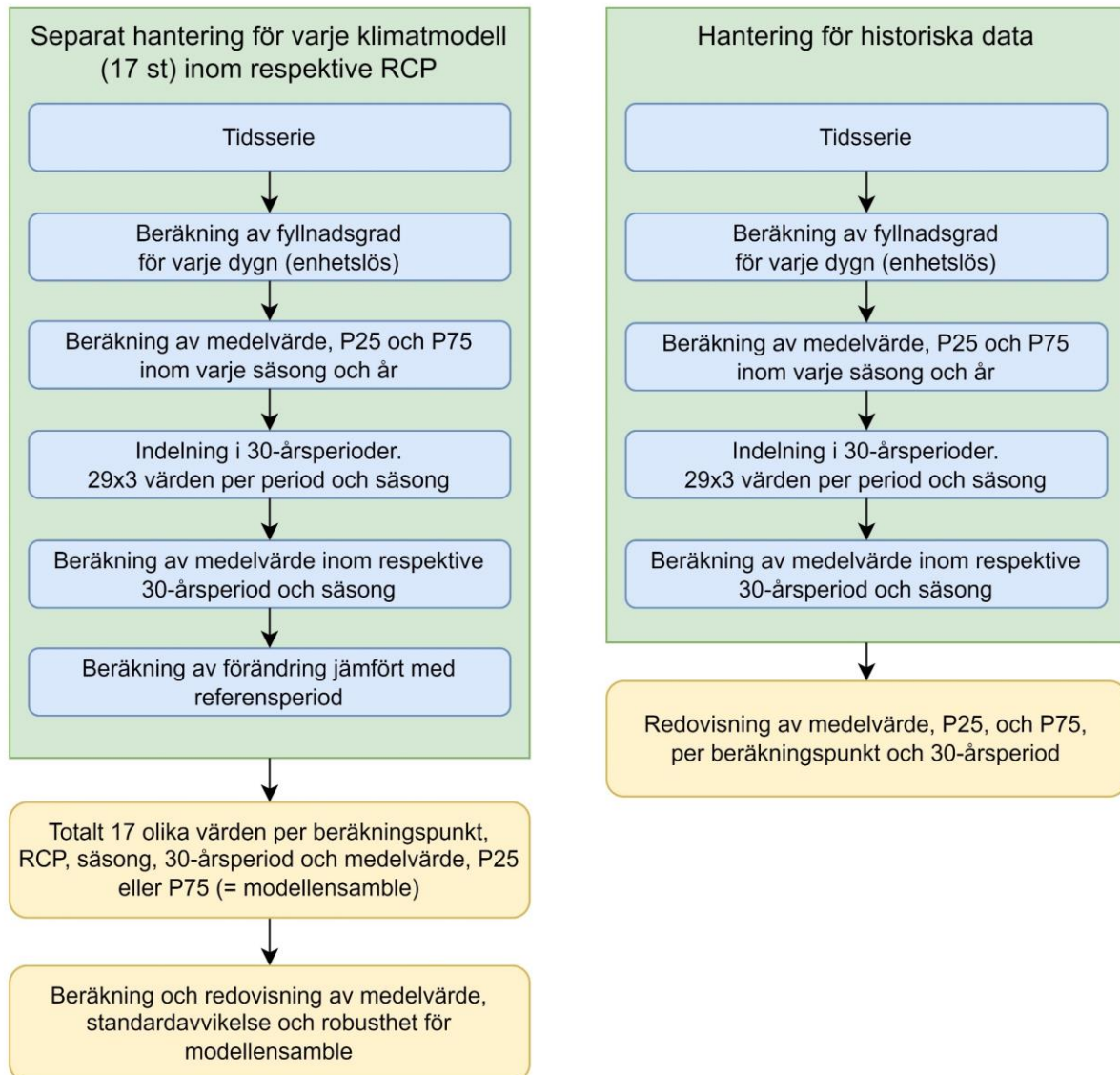
Figur B1-1. Schematisk beskrivning för beräkning av klimatindikatorn potentiell grundvattenbildning.

Grundvattentorka



Figur B1-2. Schematisk beskrivning för beräkning av klimatindikatorn grundvattentorka.

Fyllnadsgrad

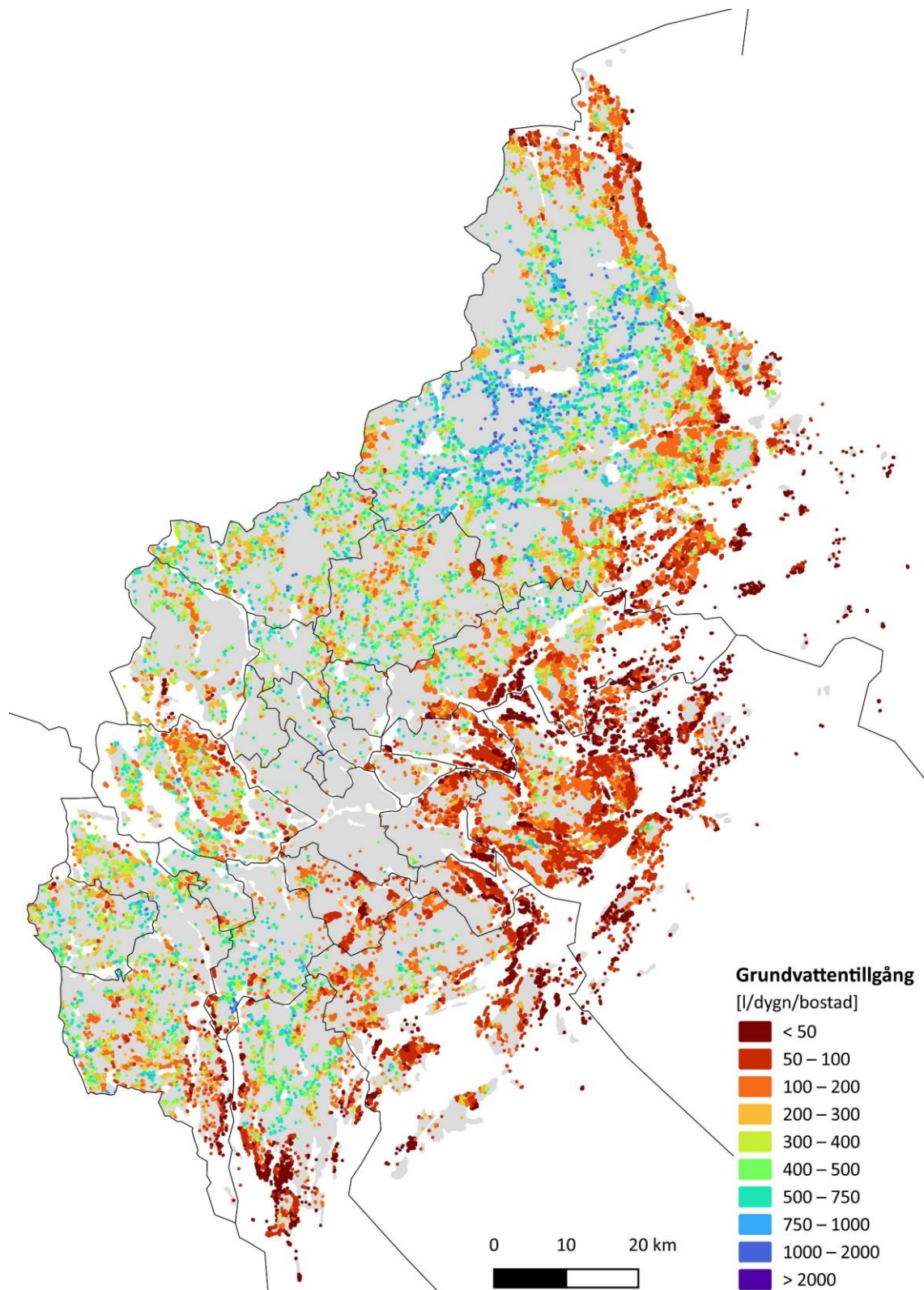


Figur B1-3. Schematisk beskrivning för beräkning av klimatindikatorn fyllnadsgrad.

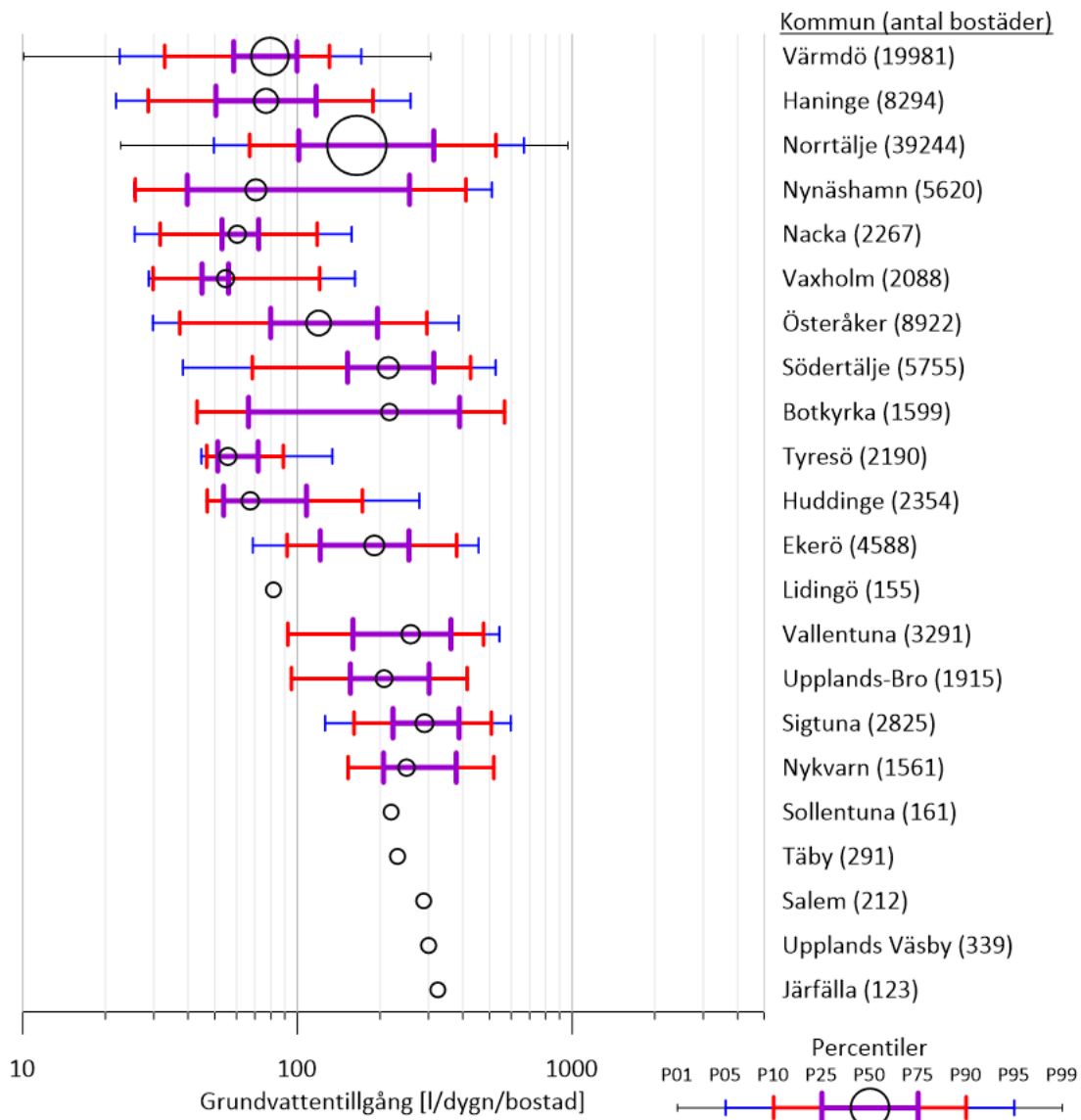
Bilaga 2. Beräknad grundvattentillgång per bostad

I denna bilaga redovisas resultaten länsvis från analysen av grundvattentillgång per bostad. Först redovisas den geografiska fördelningen i karta. Därefter följer ett diagram där fördelningen inom respektive kommun redovisas i form av utvalda percentiler (P01, P05, P10, P25, P50, P75, P90, P95 och P99). I diagrammet redovisas endast percentiler som baseras på minst 100 bostäder. Det innebär att samtliga utvalda percentiler redovisas för kommuner med 10 000 eller fler bostäder, men att kommuner med färre än 100 bostäder inte alls finns med i diagrammen. Om en kommun till exempel har fler än 1000 men färre än 2000 bostäder redovisas P25, P50, P75 och P90, men inte P01, P05, P95 och P99. Medianvärdet (P50) visas som en ring där storleken på ringen visar antalet bostäder för respektive kommun i jämförelse med de andra kommunerna i diagrammet.

Stockholms län

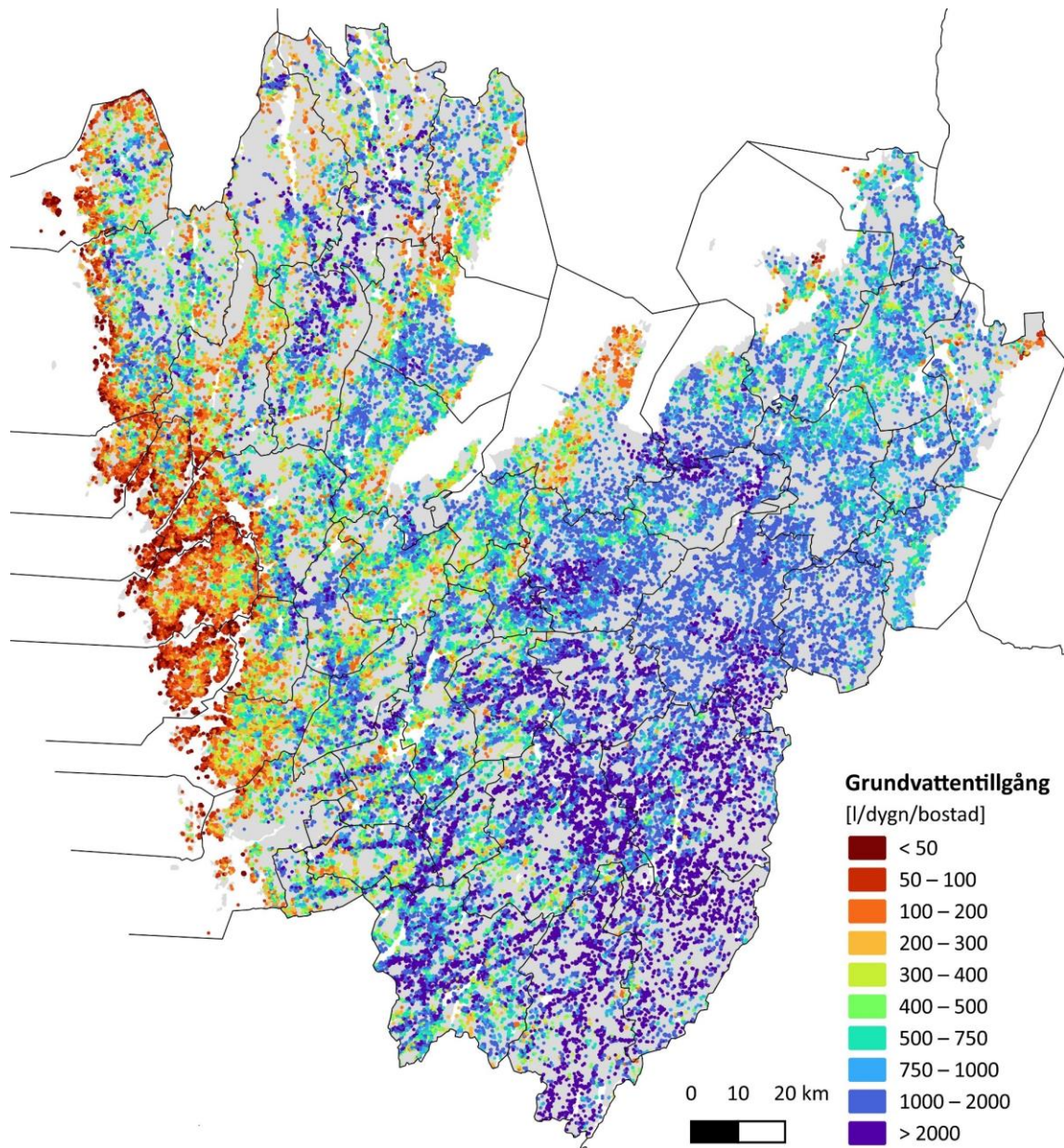


Figur B2-1. Geografisk fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Stockholms län.

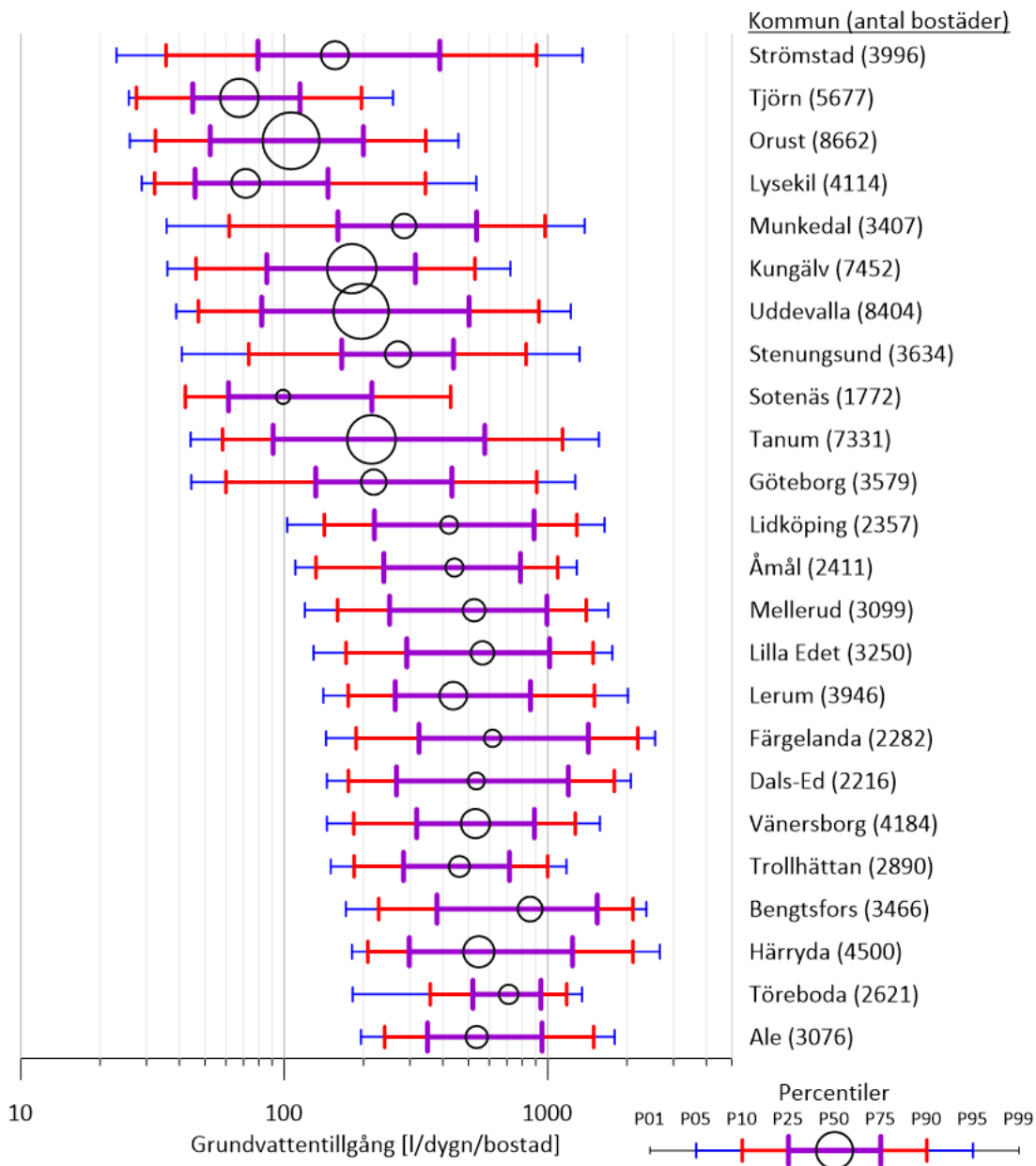


Figur B2-2. Kommunvis fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Stockholms län.

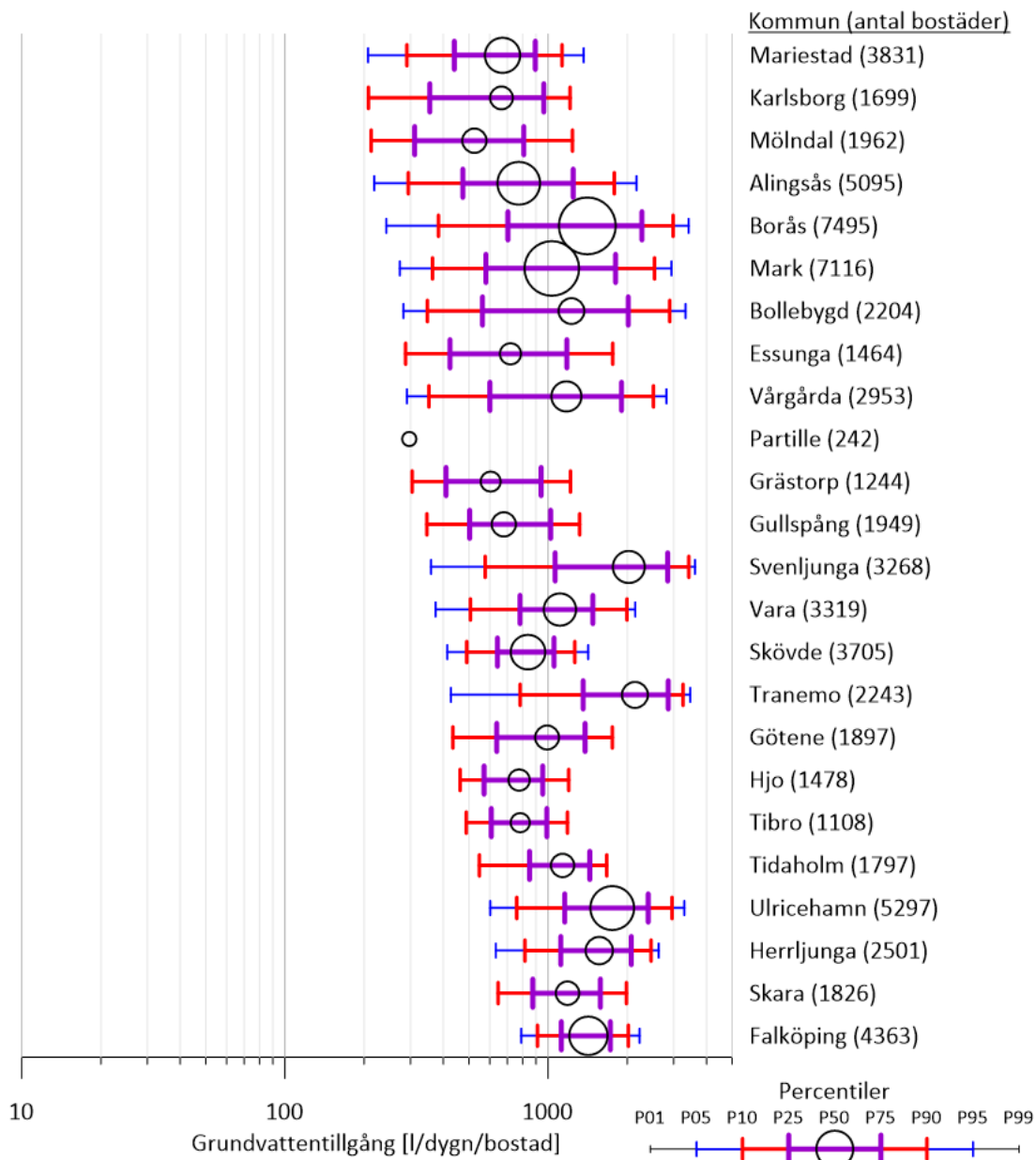
Västra Götalands län



Figur B2-3. Geografisk fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Västra Götalands län.

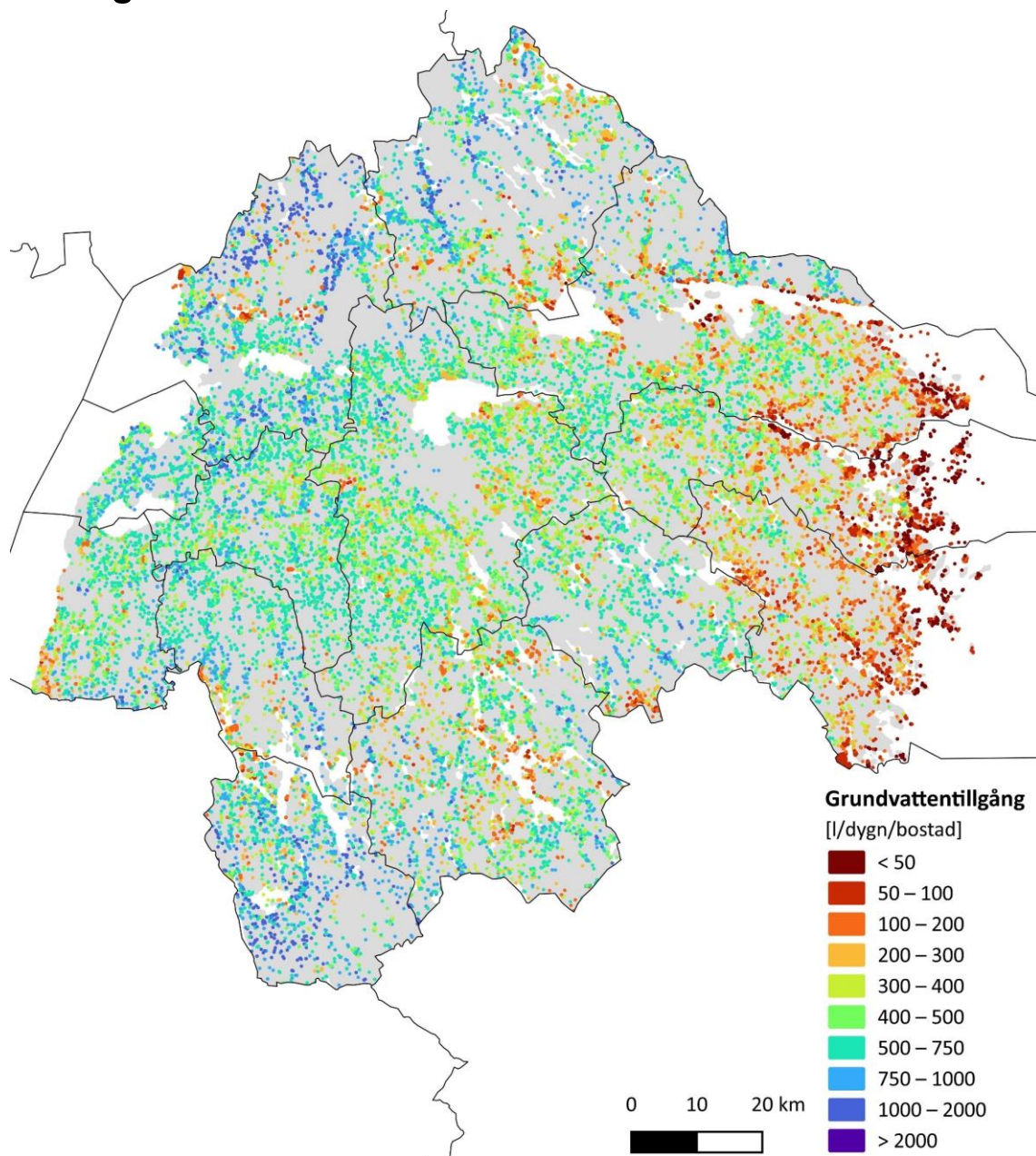


Figur B2-4. Kommunvis fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Västra Götalands län.

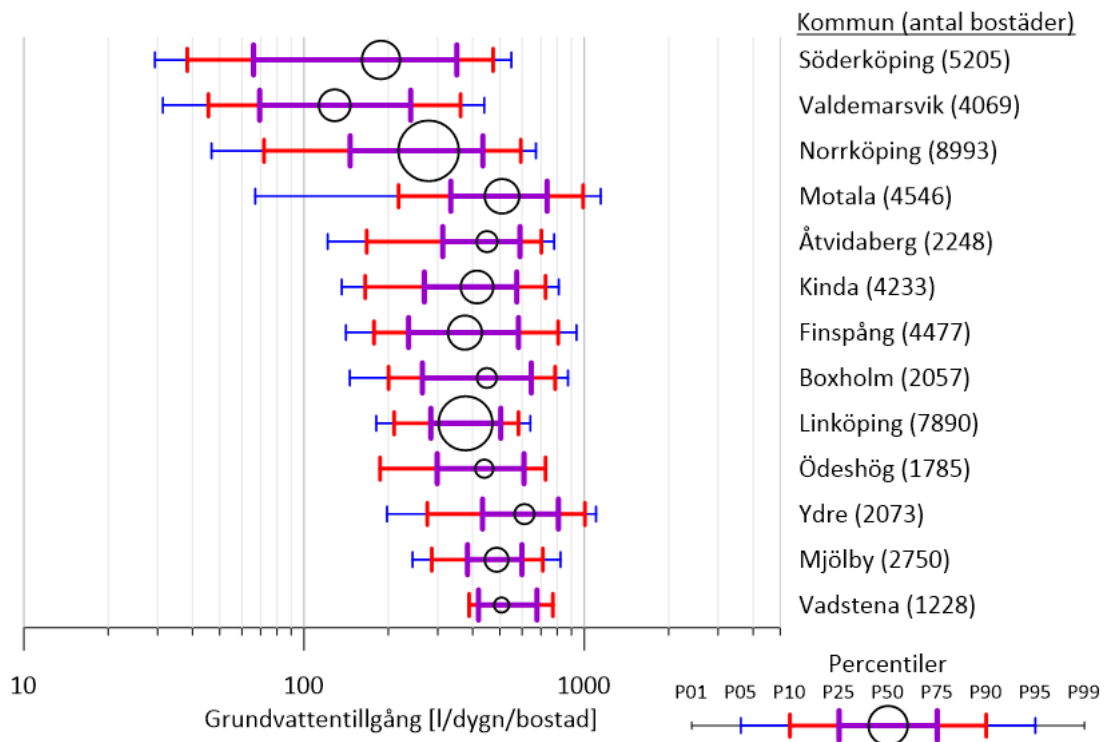


Figur B2-4. Fortsättning. Kommunvis fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Västra Götalands län.

Östergötlands län

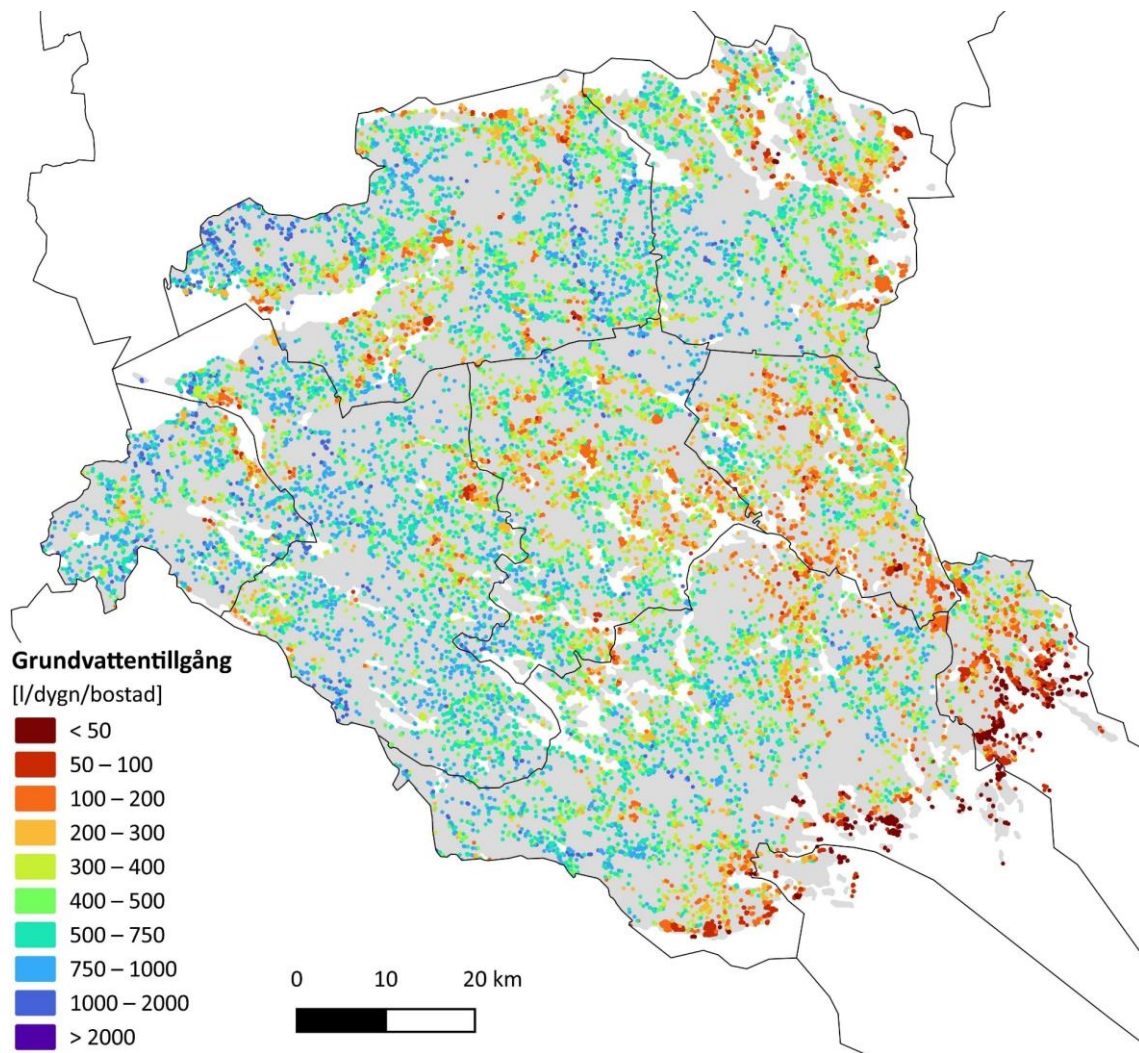


Figur B2-5. Geografisk fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Östergötlands län.

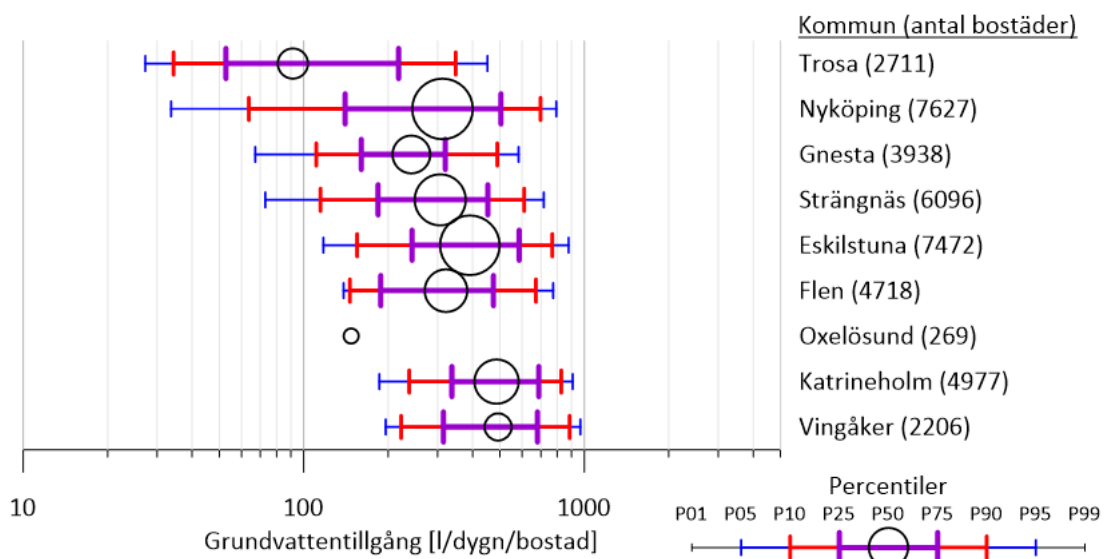


Figur B2-6. Kommunvis fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Östergötlands län.

Södermanlands län

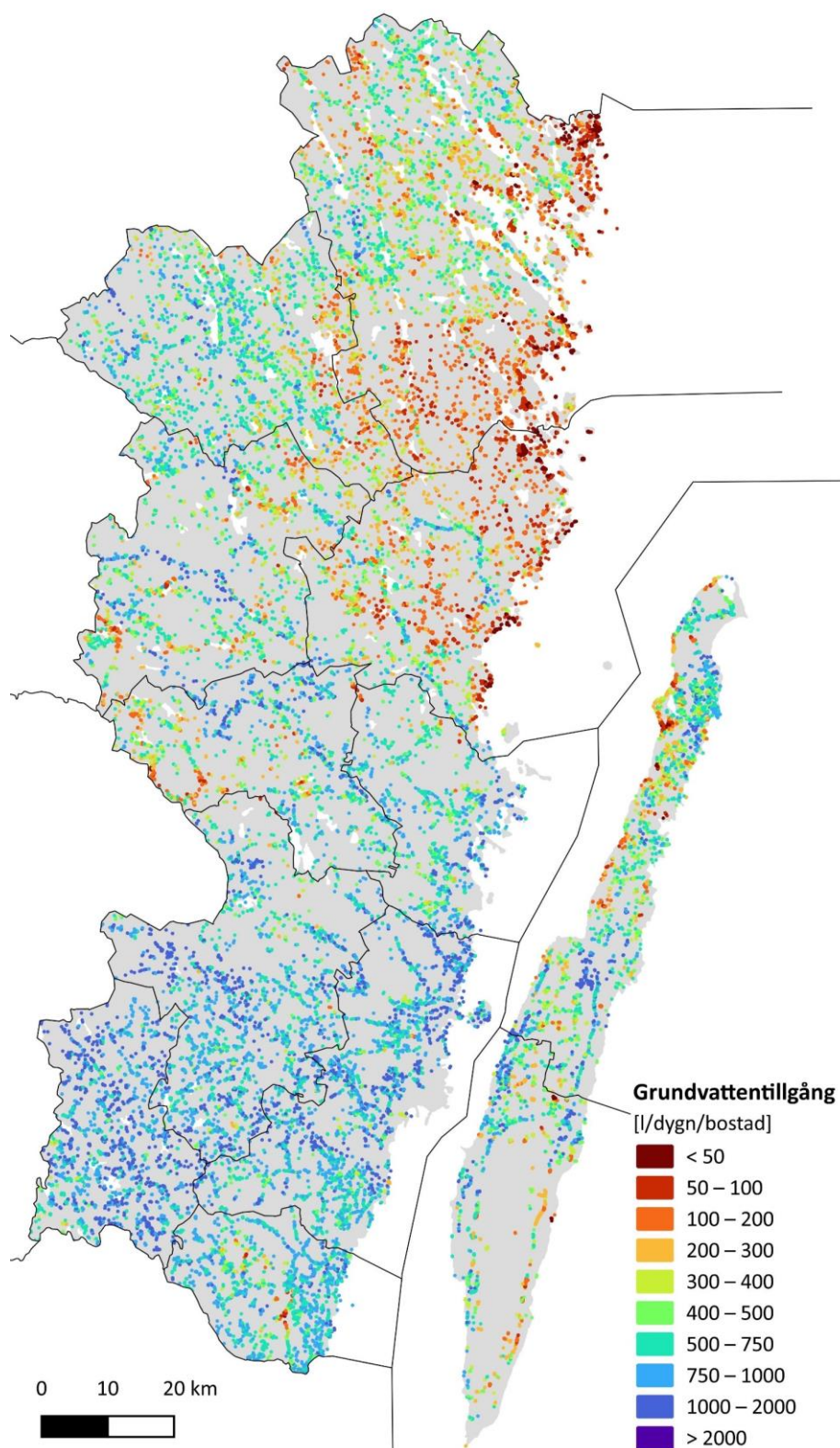


Figur B2-7. Geografisk fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Södermanlands län.

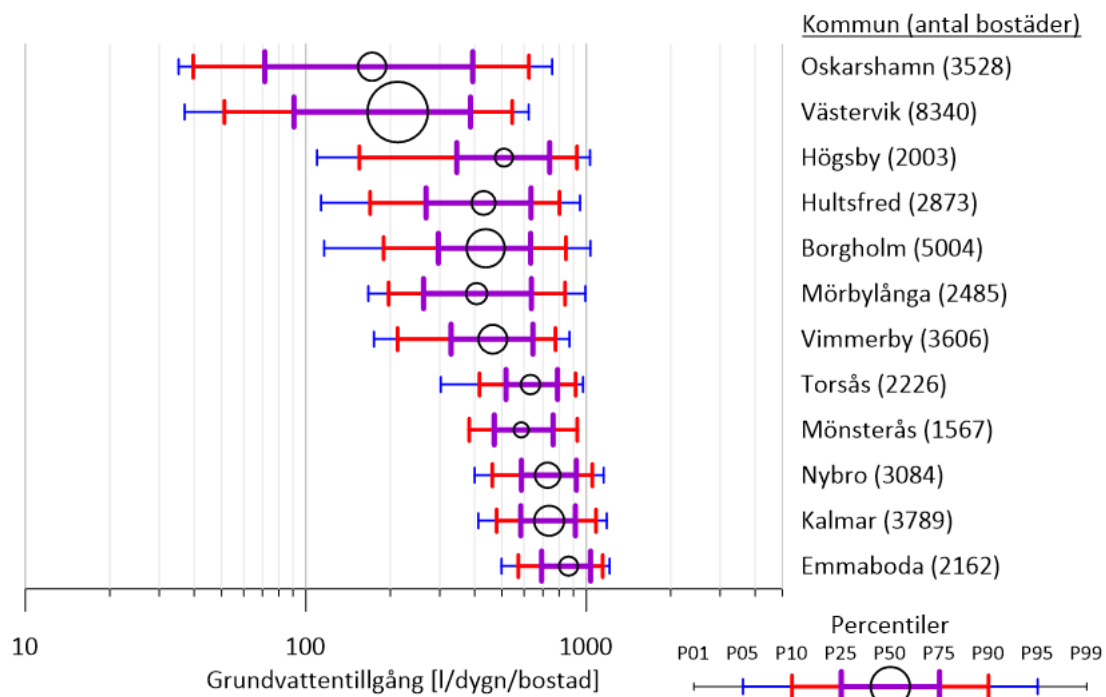


Figur B2-8. Kommunvis fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Södermanlands län.

Kalmar län



Figur B2-9. Geografisk fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Kalmar län.

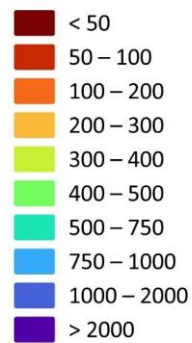


Figur B2-10. Kommunvis fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Kalmar län.

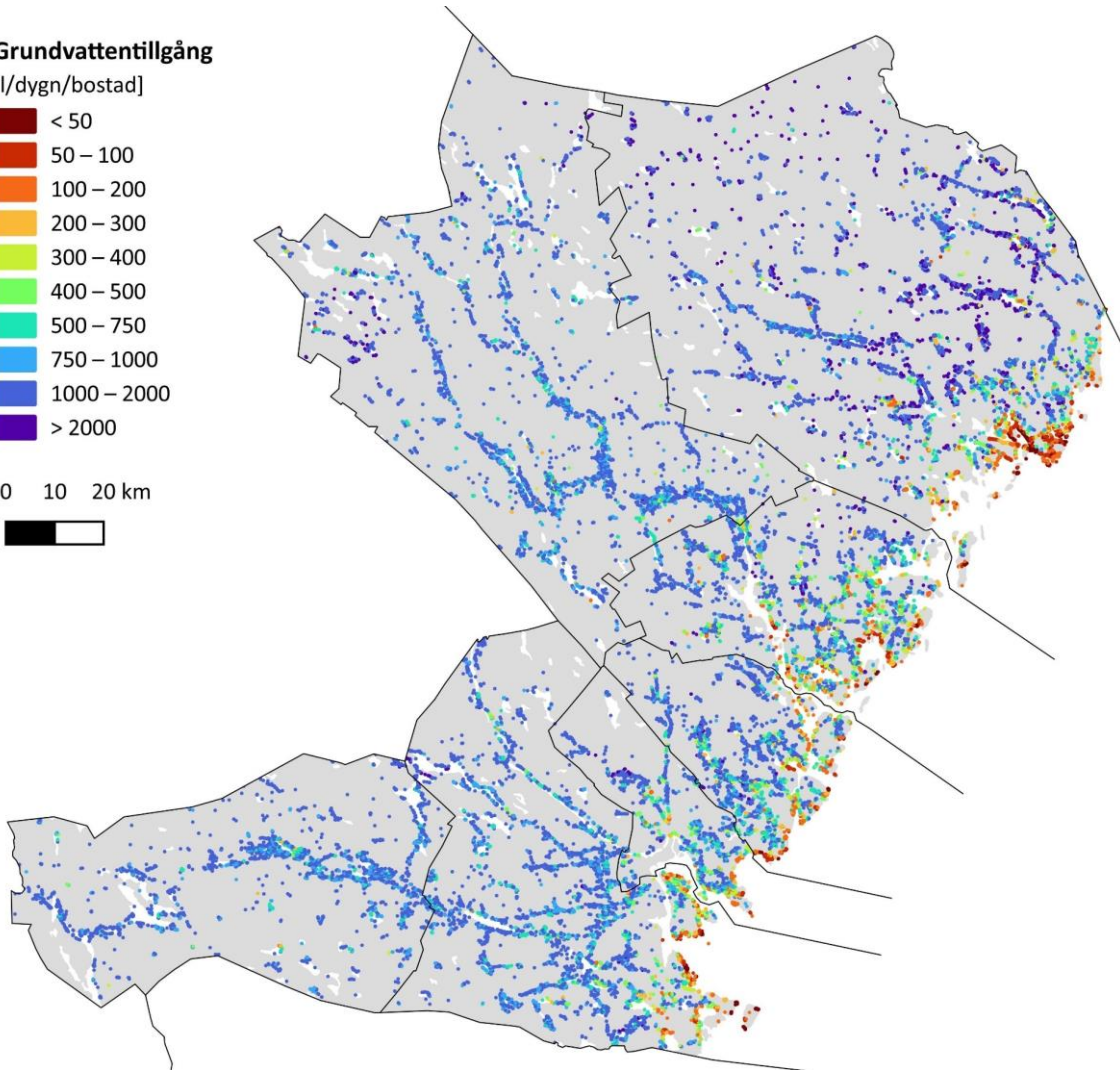
Västernorrlands län

Grundvattentillgång

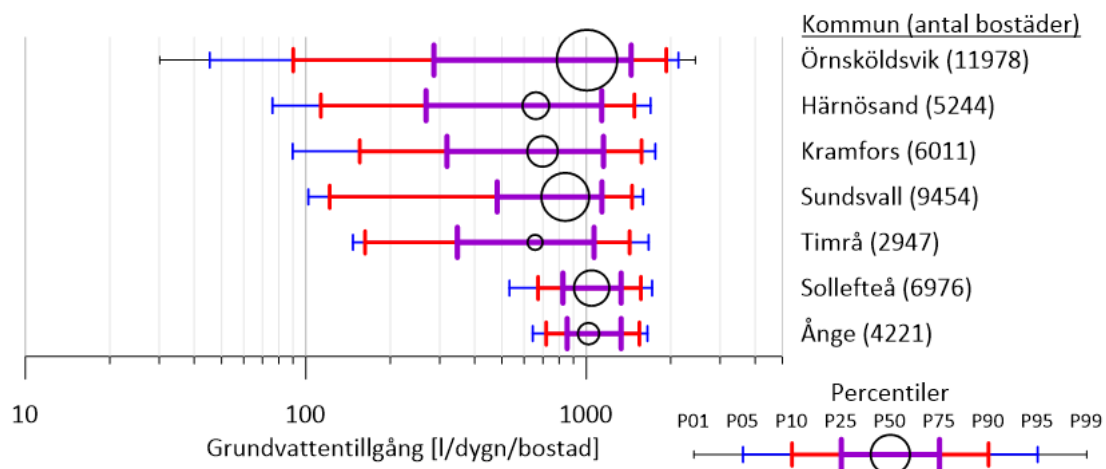
[l/dygn/bostad]



0 10 20 km

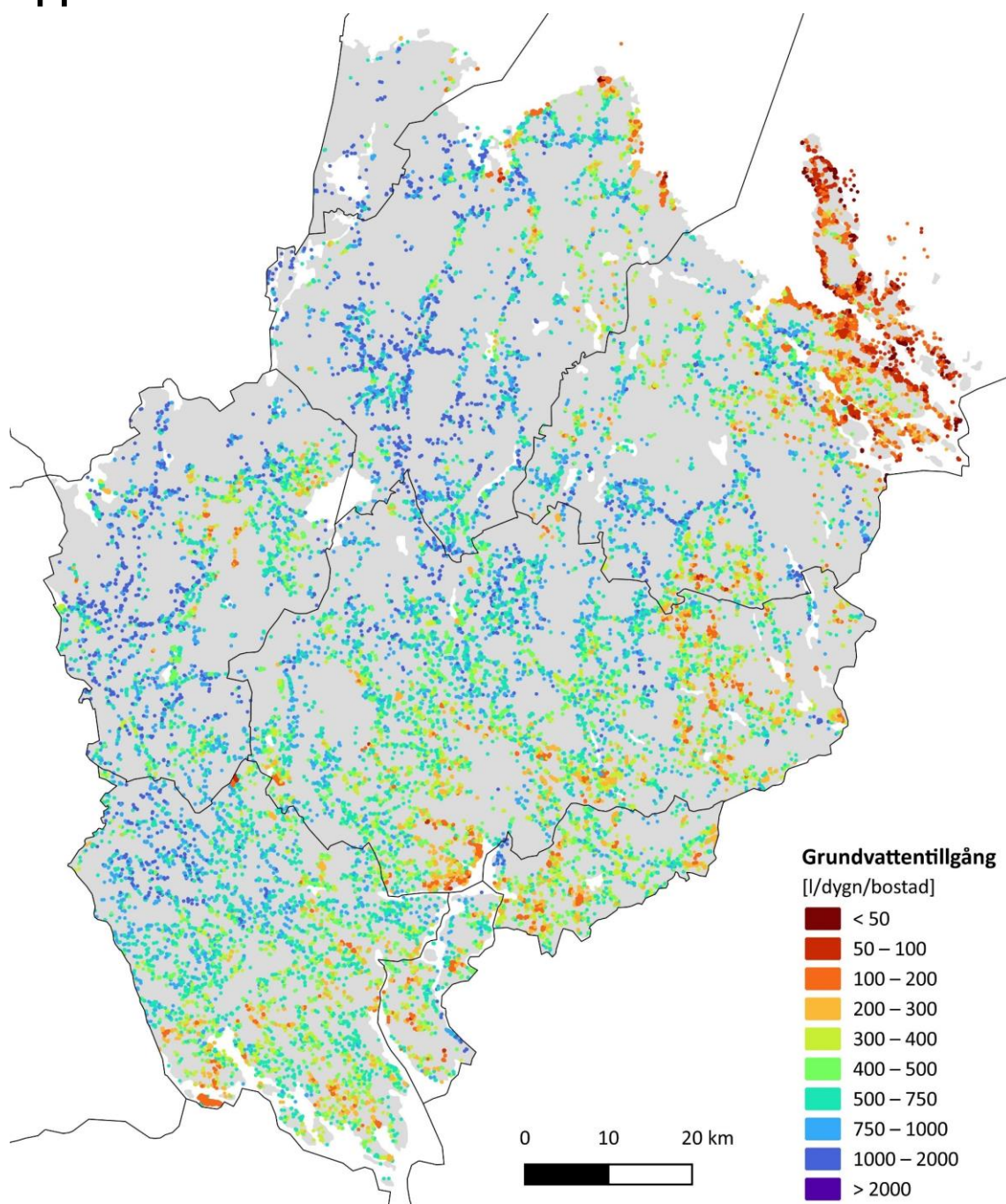


Figur B2-11. Geografisk fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Västernorrlands län.

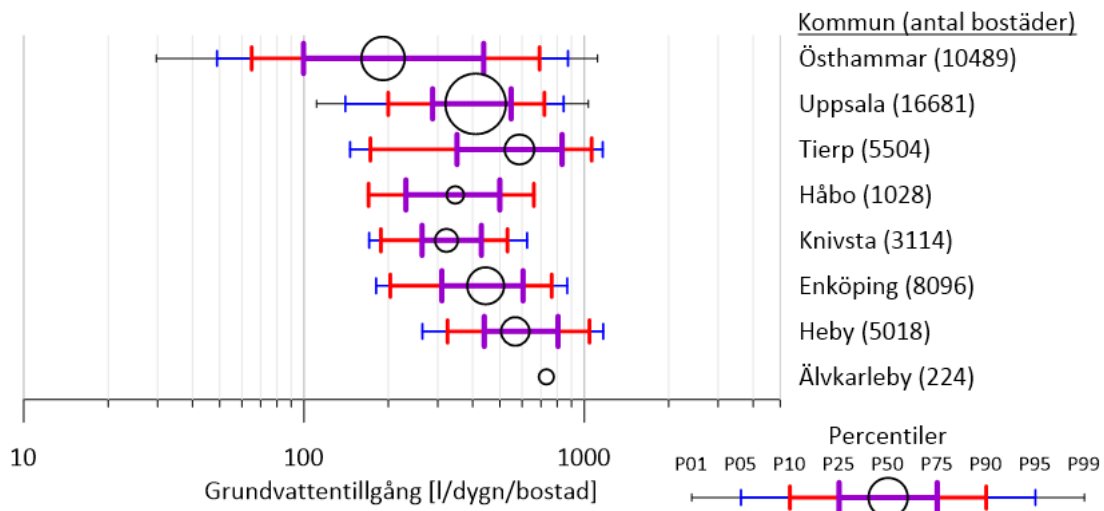


Figur B2-12. Kommunvis fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Västernorrlands län.

Uppsala län

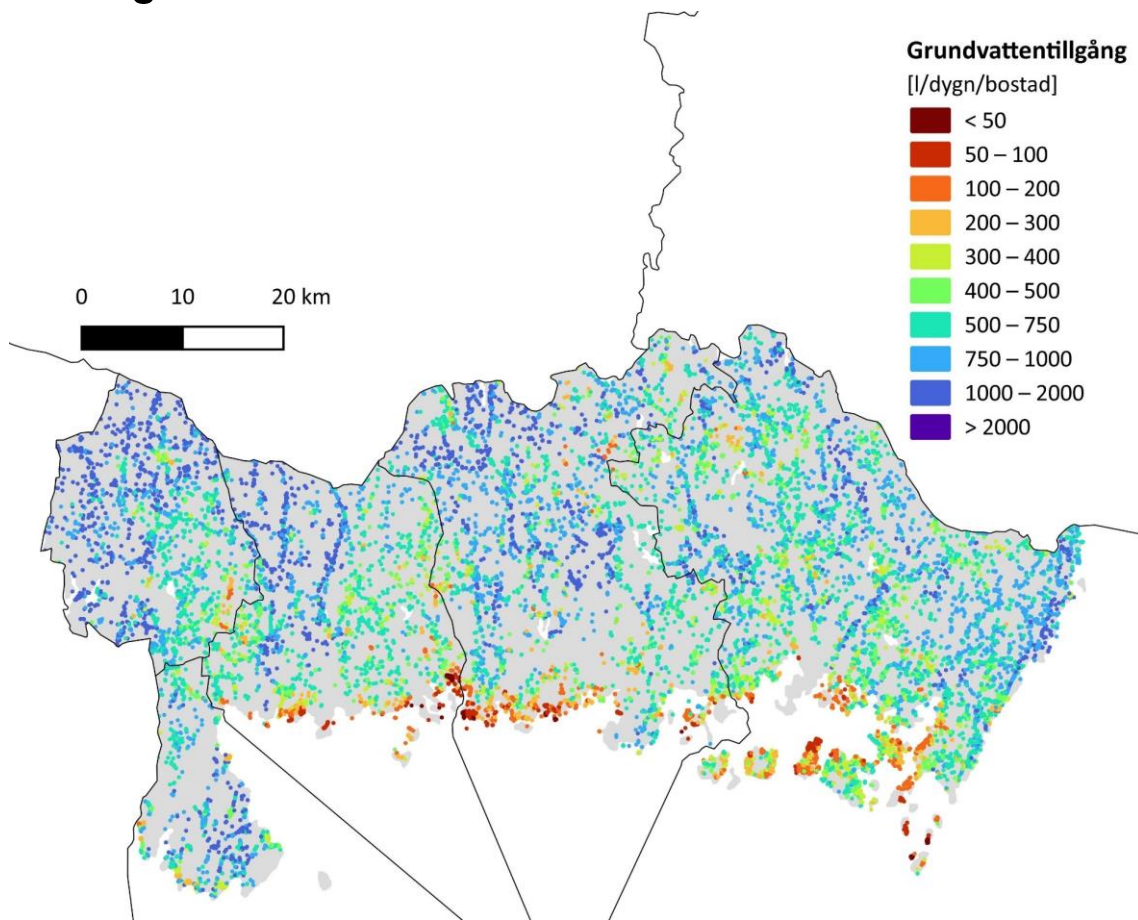


Figur B2-13. Geografisk fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Uppsala län.

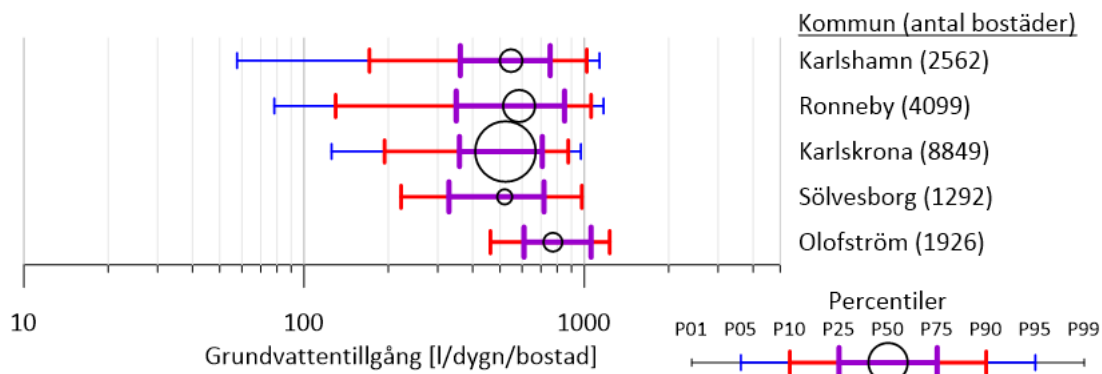


Figur B2-14. Kommunvis fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Uppsala län.

Blekinge län

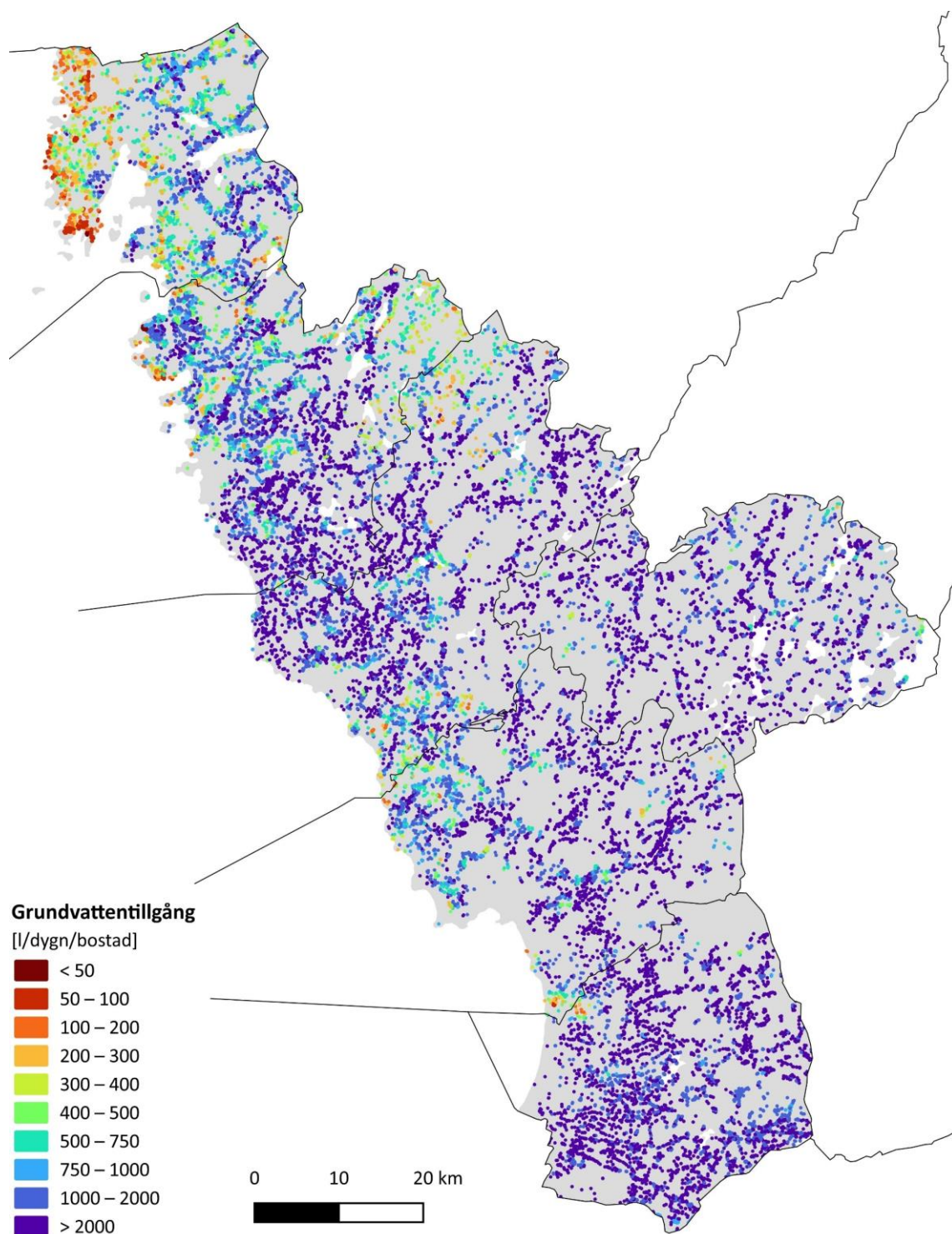


Figur B2-15. Geografisk fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Blekinge län.

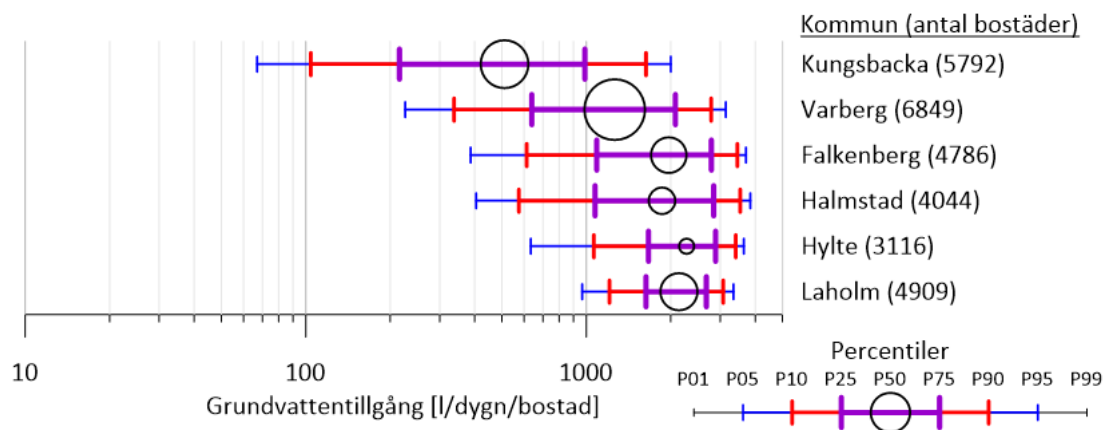


Figur B2-16. Kommunvis fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Blekinge län.

Hallands län

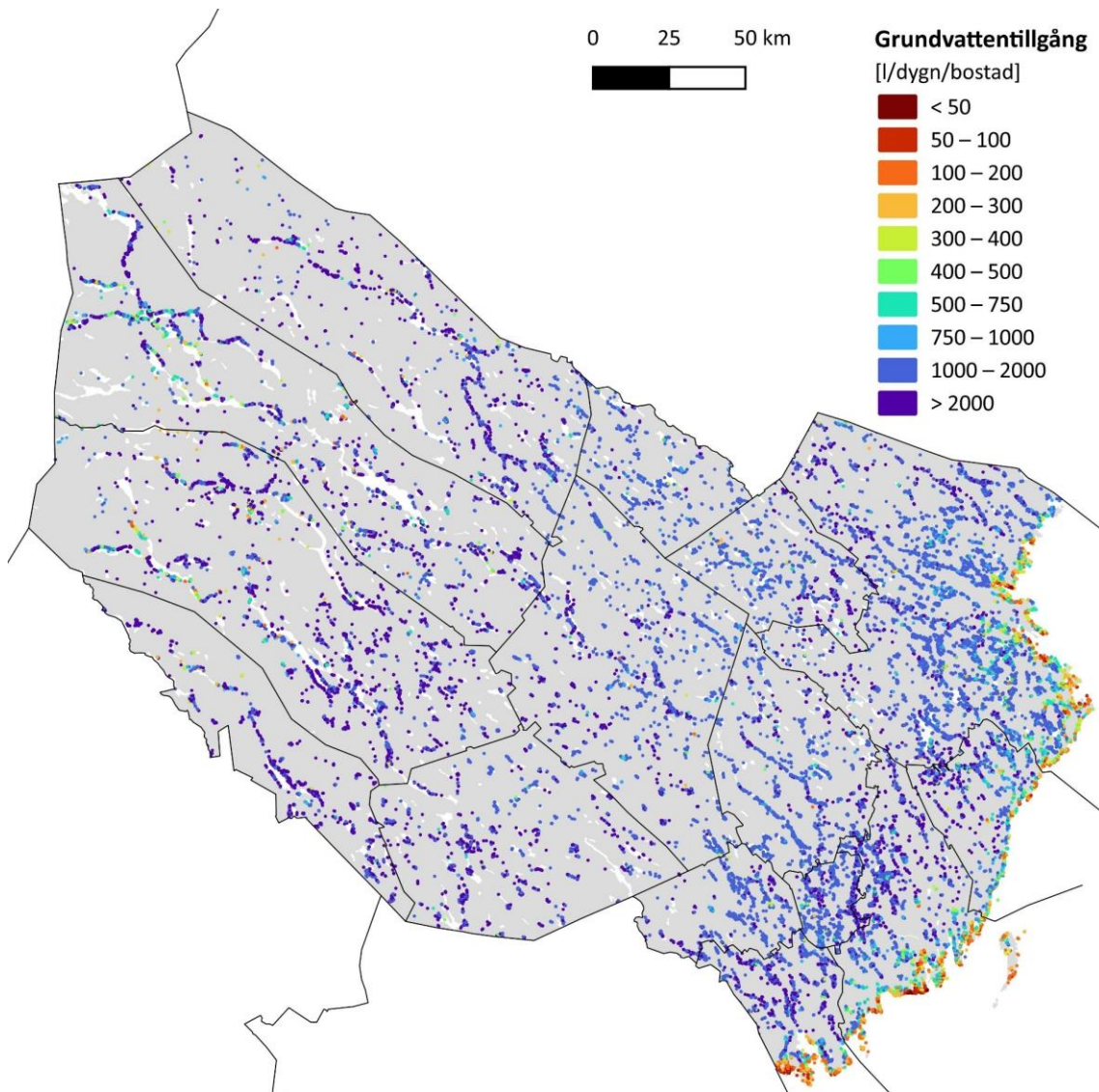


Figur B2-17. Geografisk fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Hallands län.

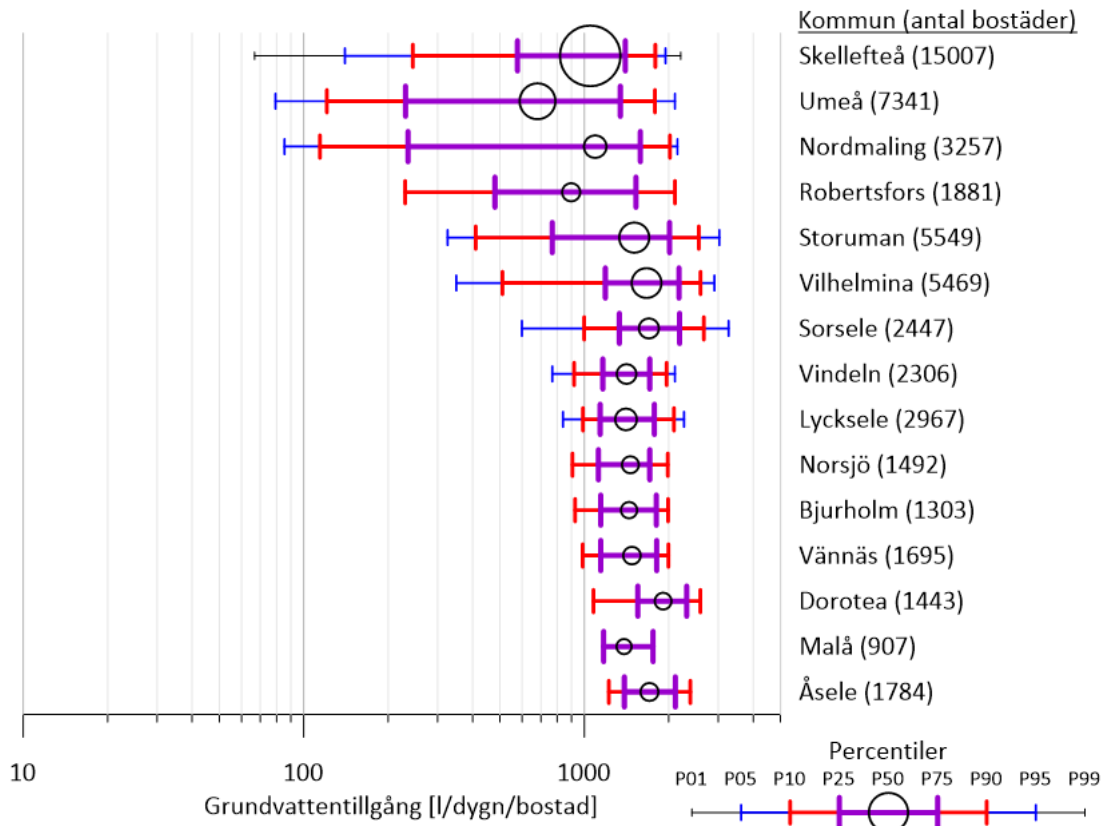


Figur B2-18. Kommunvis fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Hallands län.

Västerbottens län



Figur B2-19. Geografisk fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Västerbottens län.

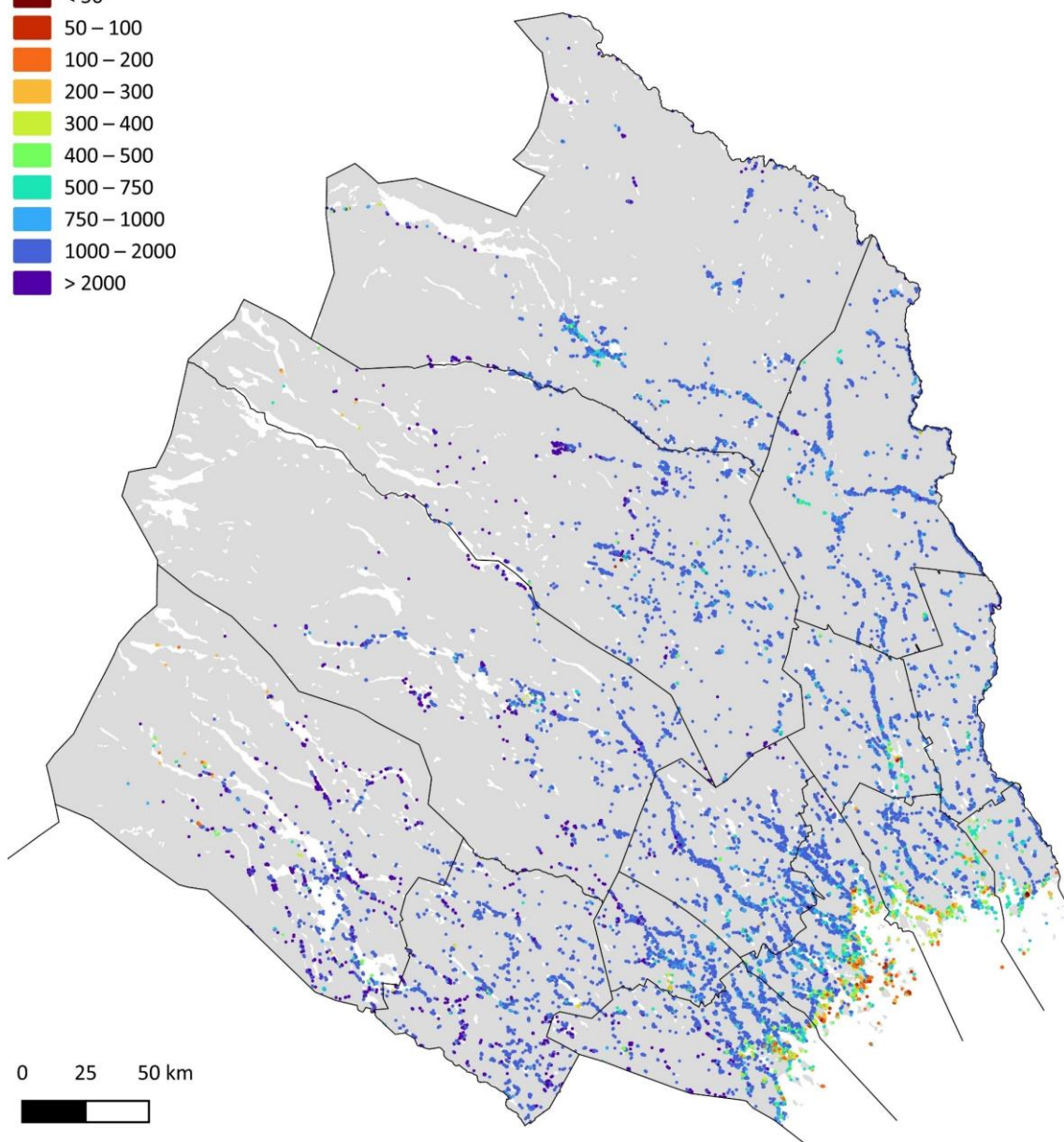
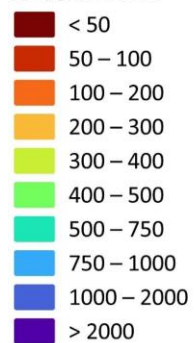


Figur B2-20. Kommunvis fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Västerbottens län.

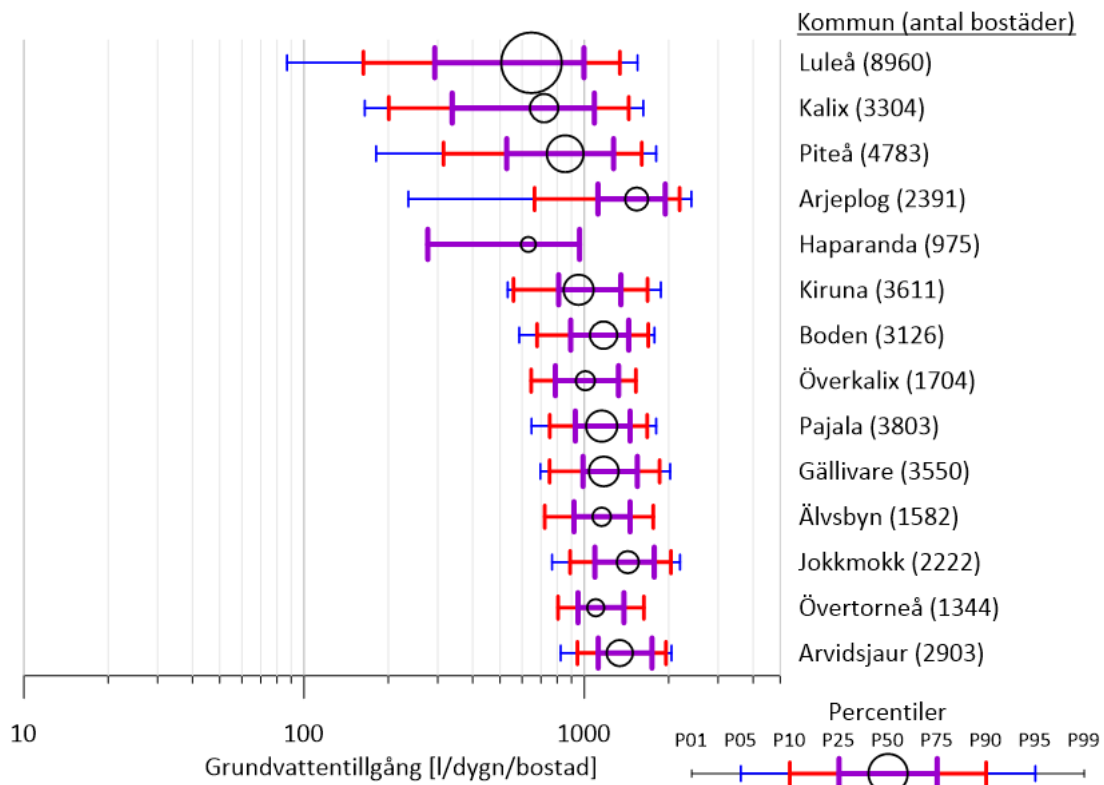
Norrbottens län

Grundvattentillgång

[l/dygn/bostad]

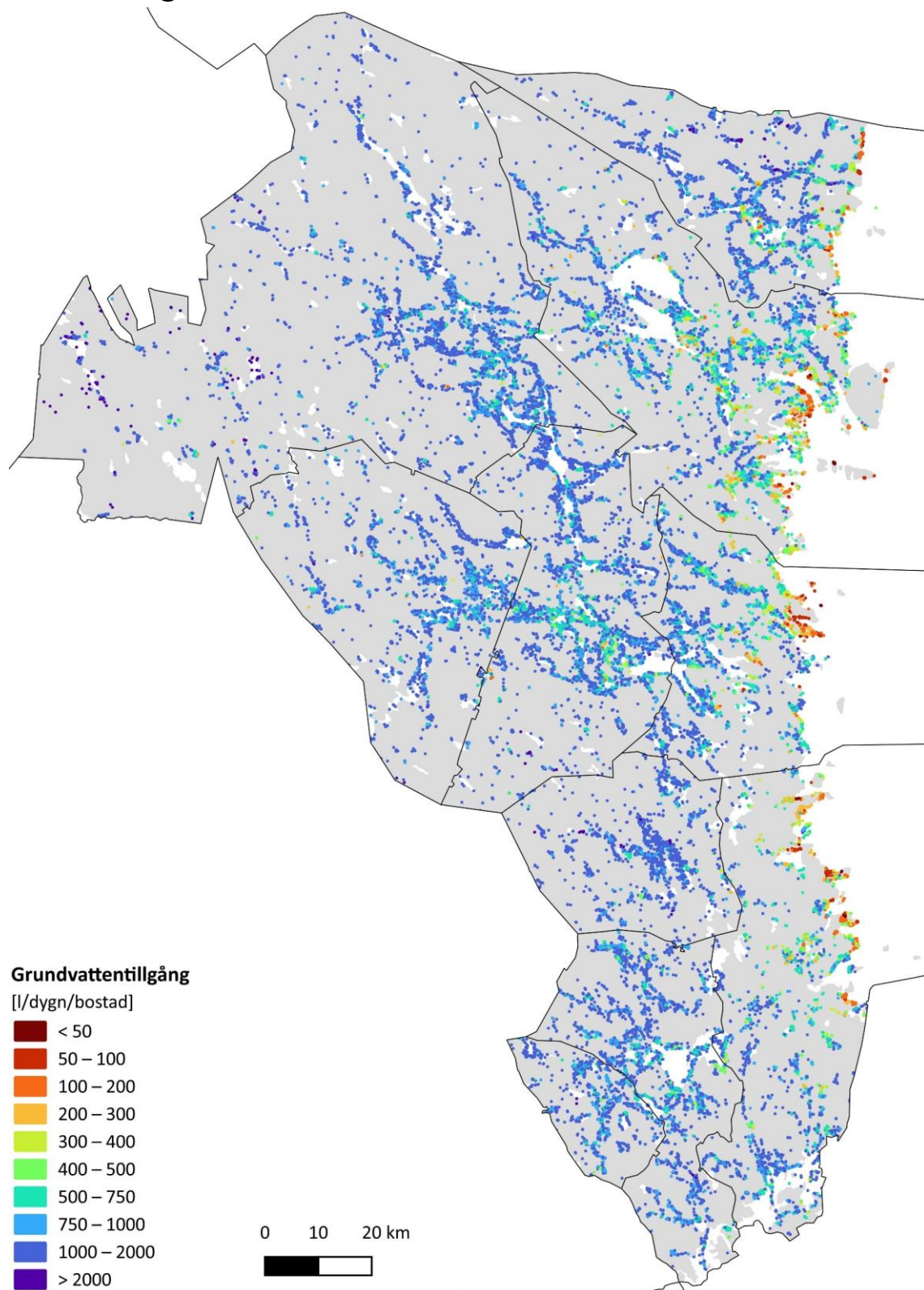


Figur B2-21. Geografisk fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Norrbottens län.

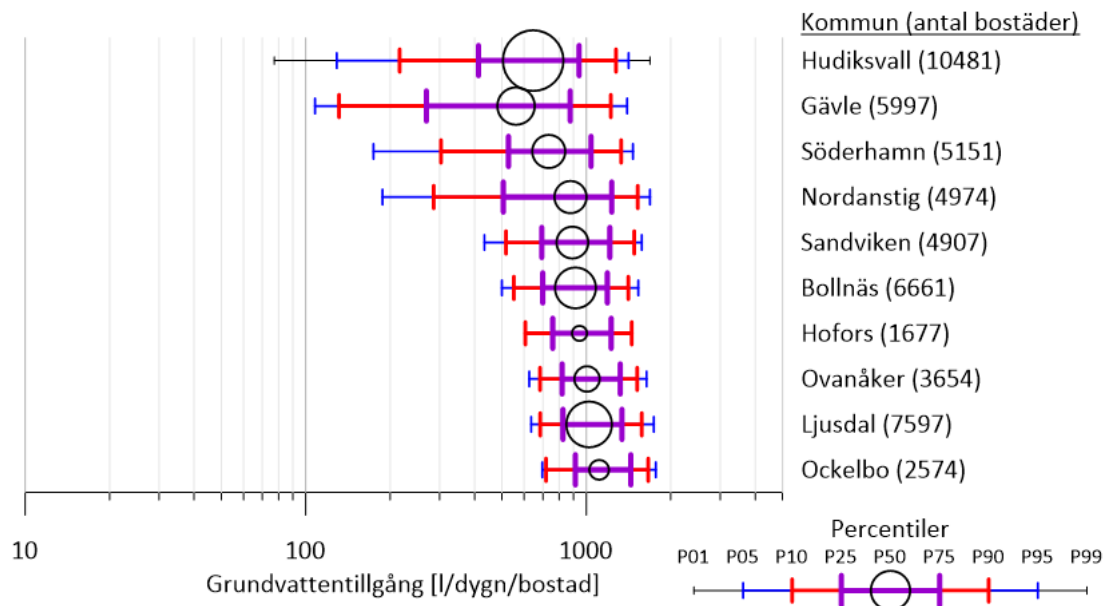


Figur B2-22. Kommunvis fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Norrbottens län.

Gävleborgs län

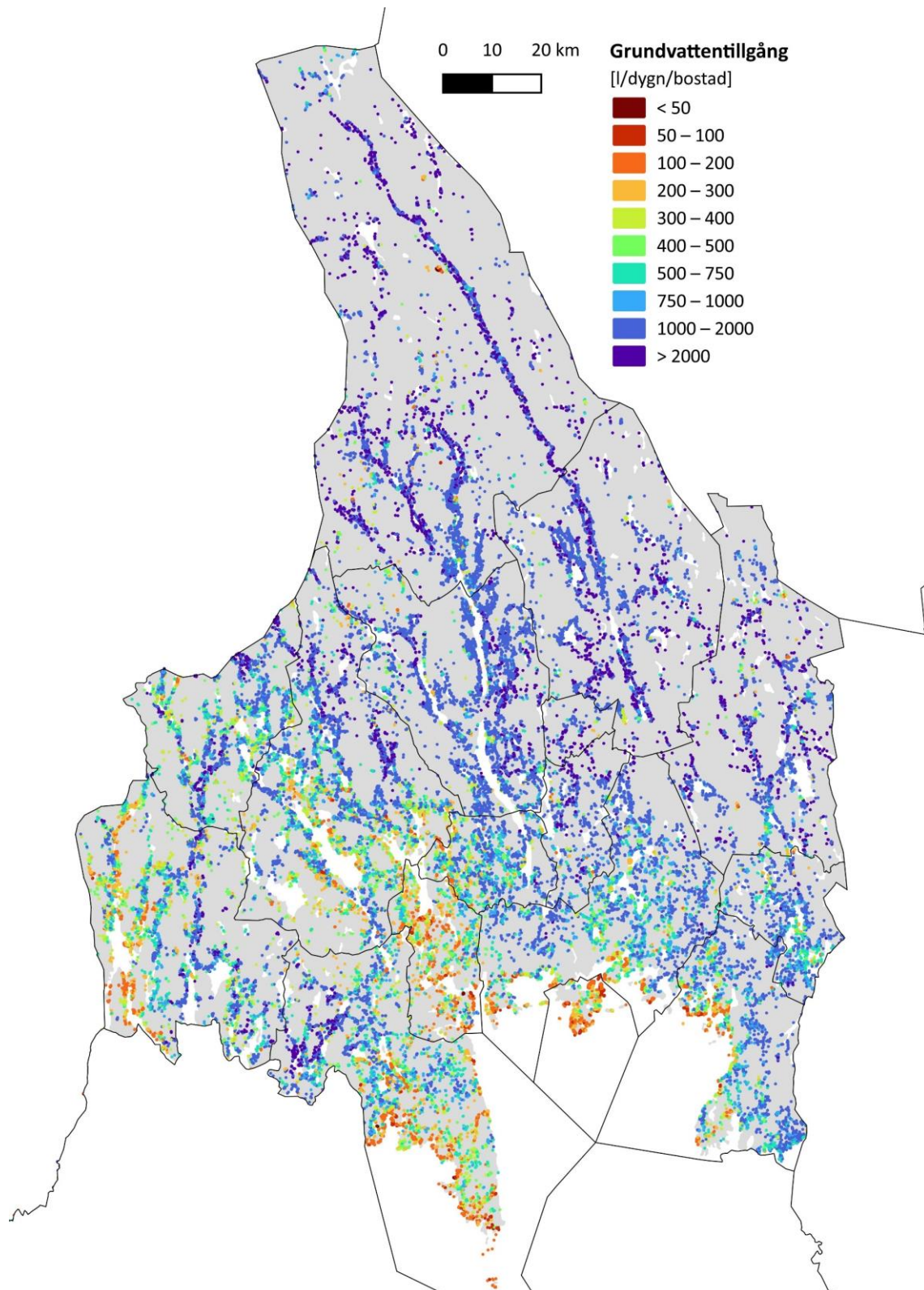


Figur B2-23. Geografisk fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Gävleborgs län.

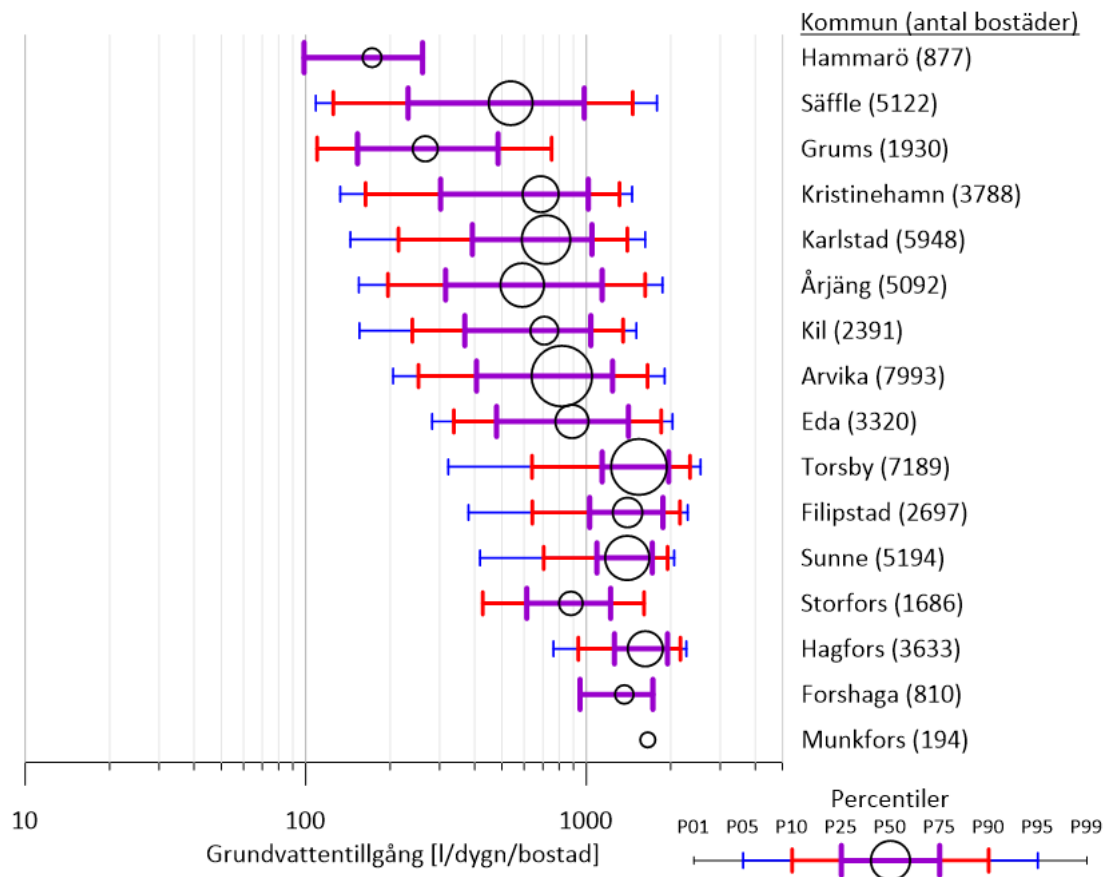


Figur B2-24. Kommunvis fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Gävleborgs län.

Värmlands län

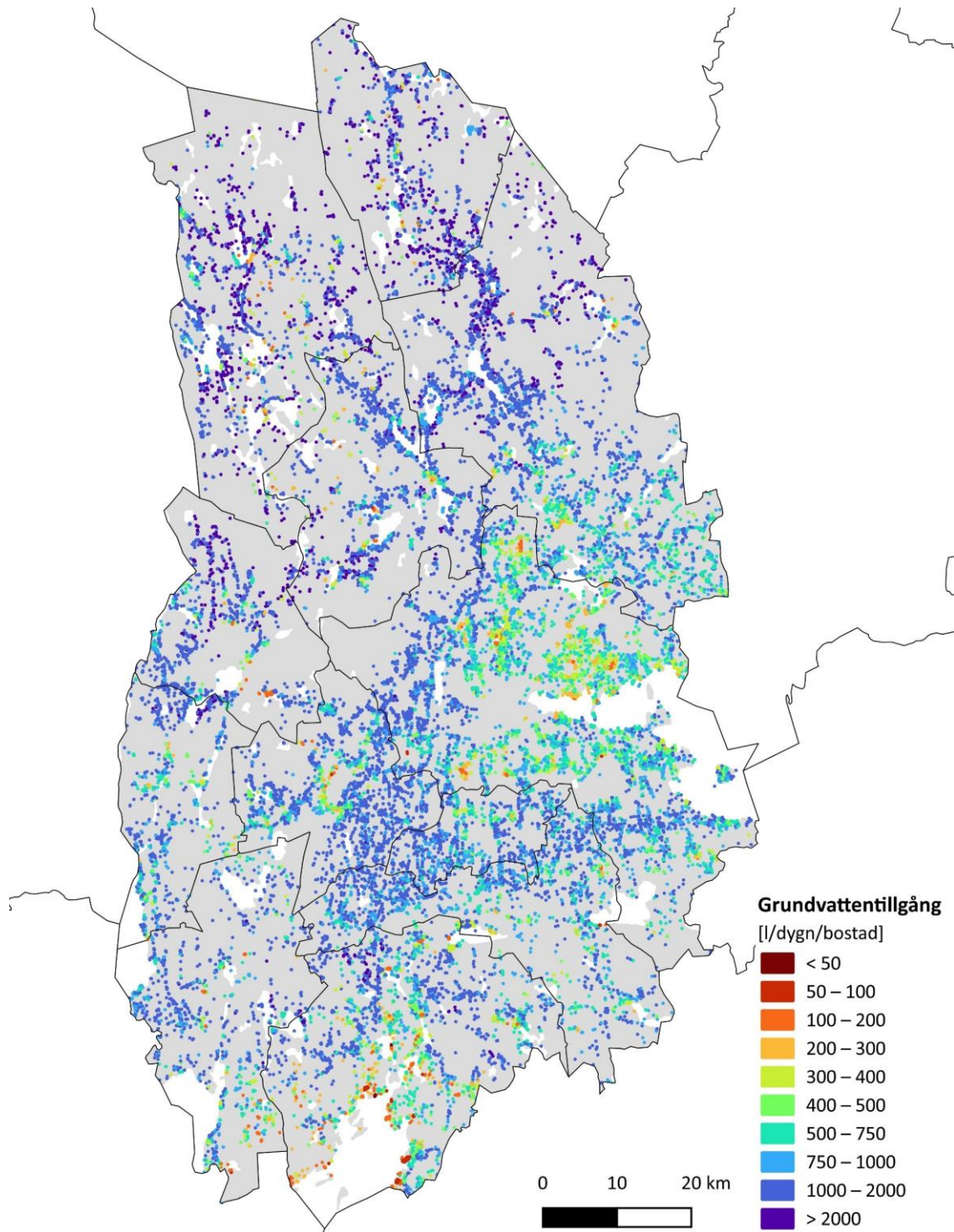


Figur B2-25. Geografisk fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Värmlands län.

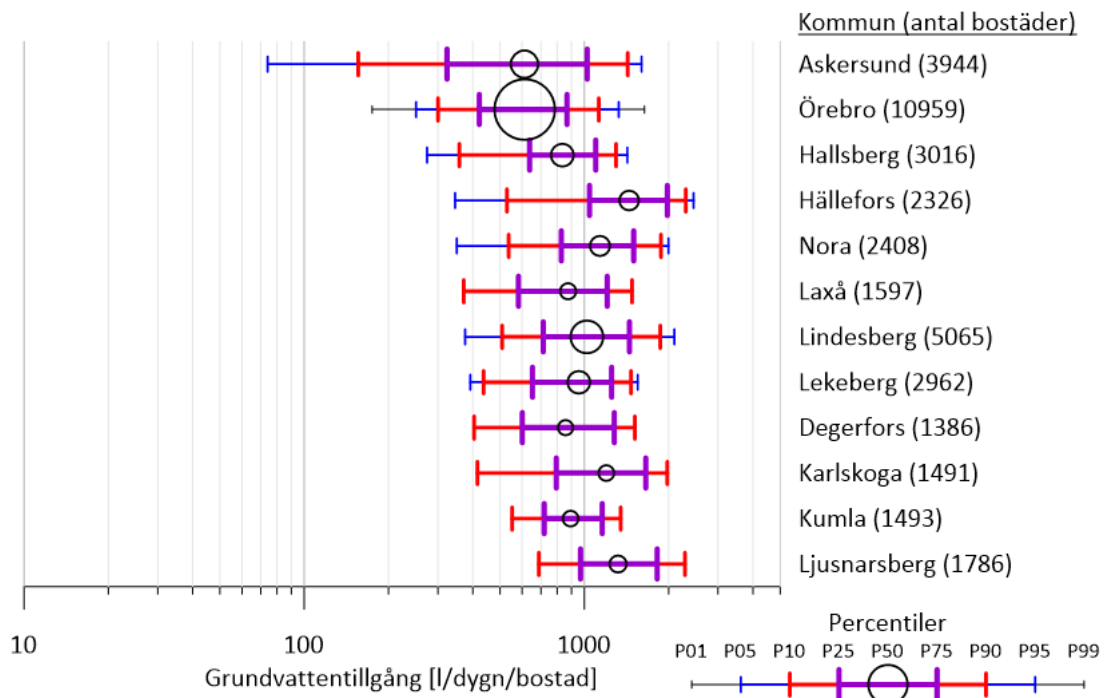


Figur B2-26. Kommunvis fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Värmlands län.

Örebro län

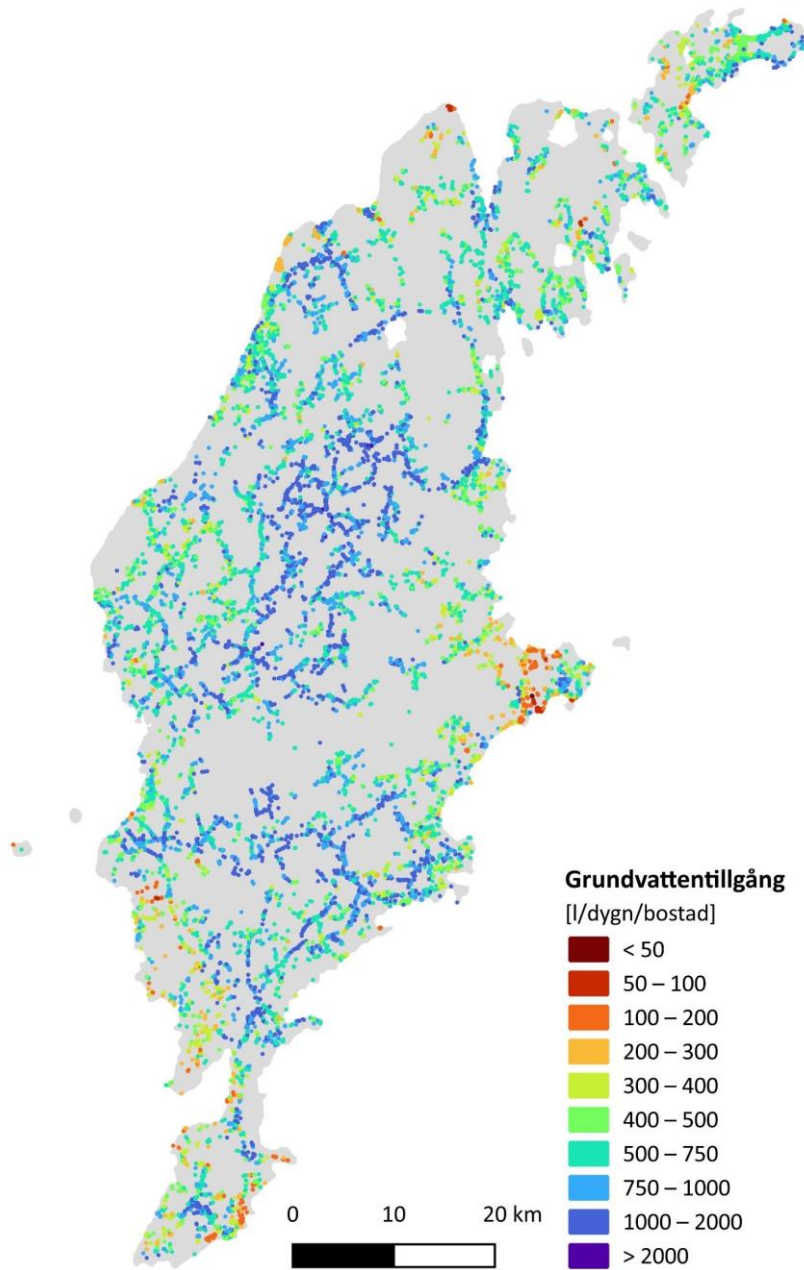


Figur B2-27. Geografisk fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Örebro län.

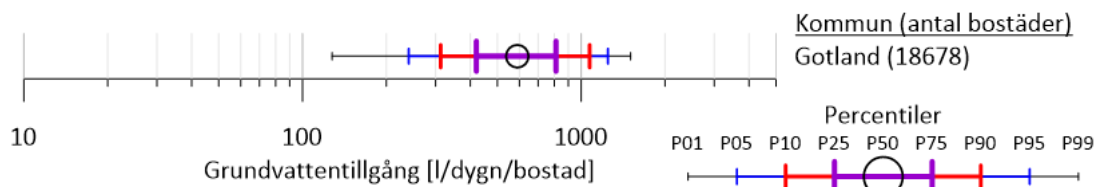


Figur B2-28. Kommunvis fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Örebro län.

Gotlands län

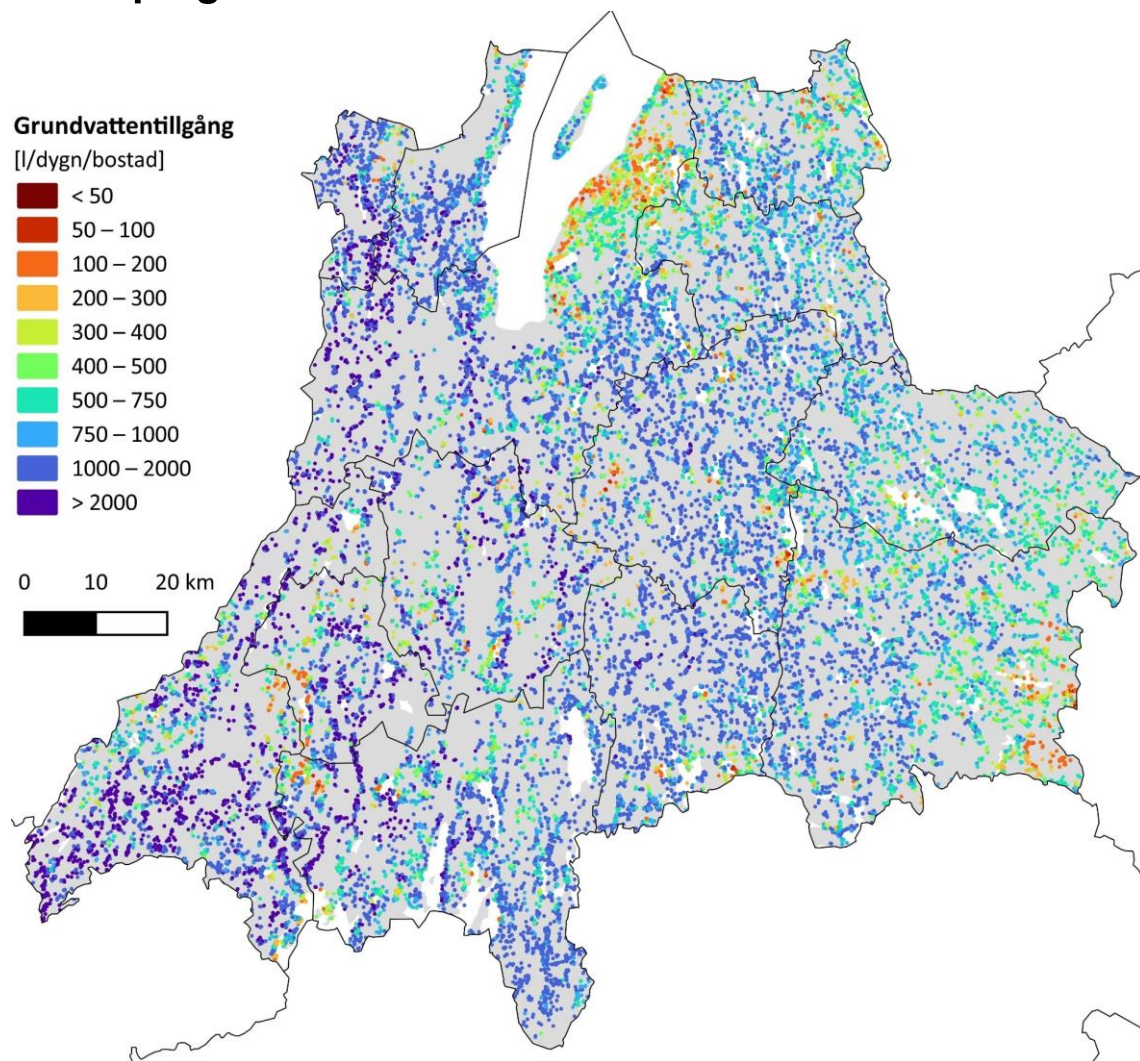


Figur B2-29. Geografisk fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Gotlands län.

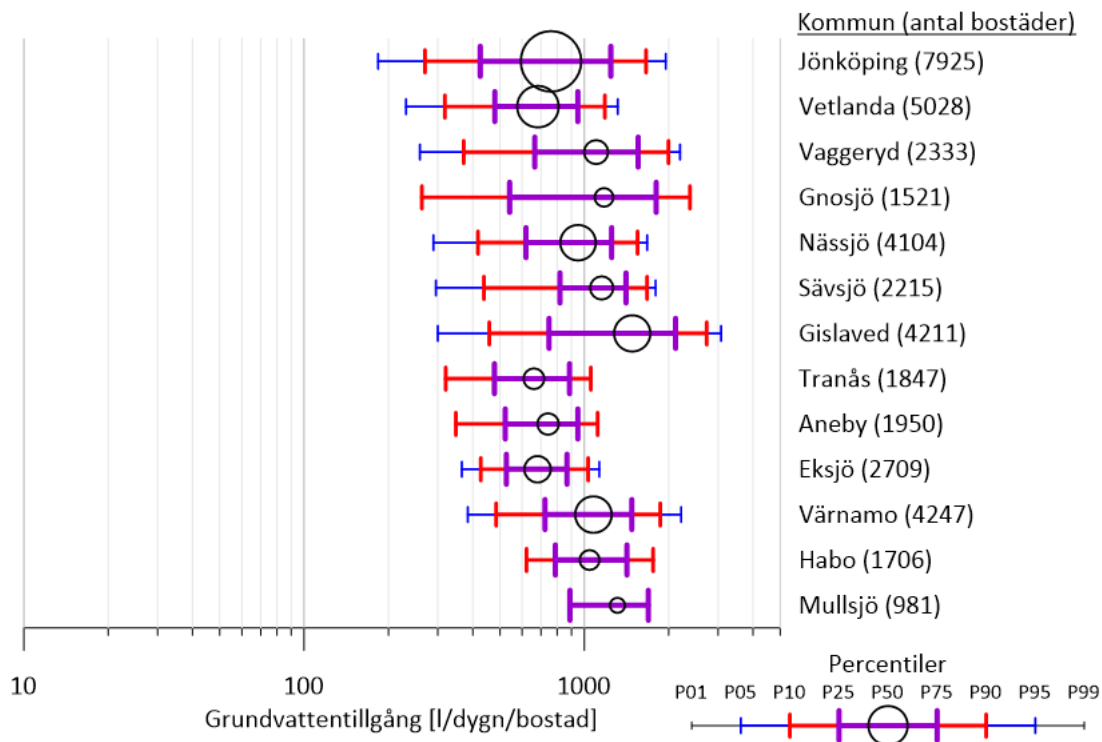


Figur B2-30. Kommunvis fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Gotlands län.

Jönköpings län

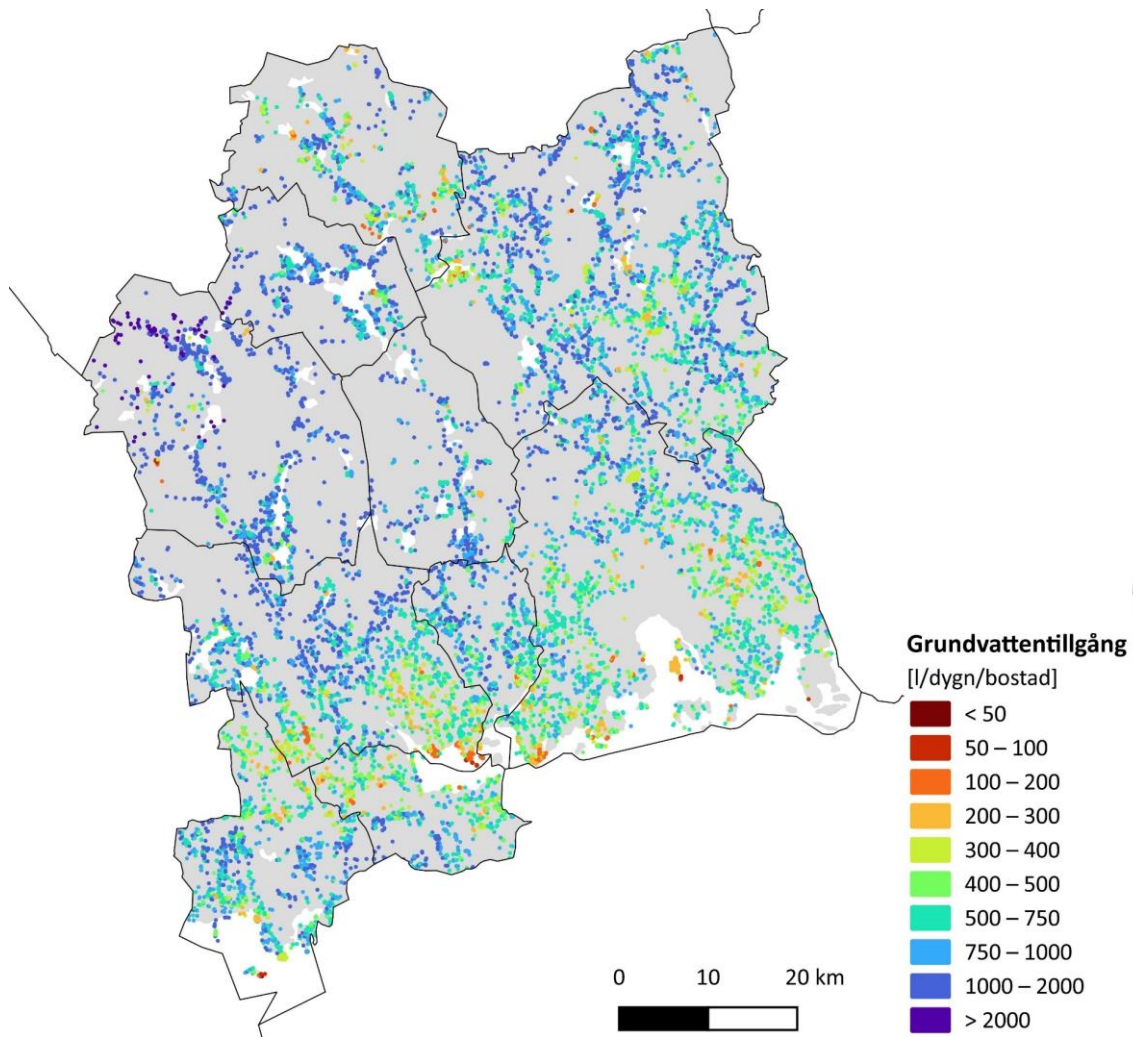


Figur B2-31. Geografisk fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Jönköpings län.

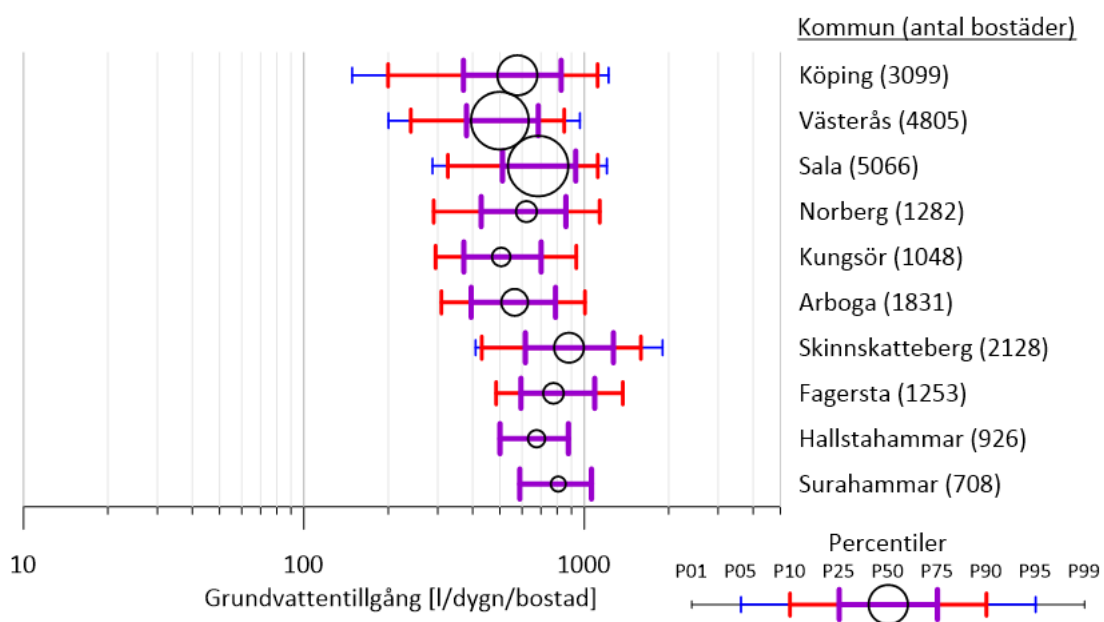


Figur B2-32. Kommunvis fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Jönköpings län.

Västmanlands län

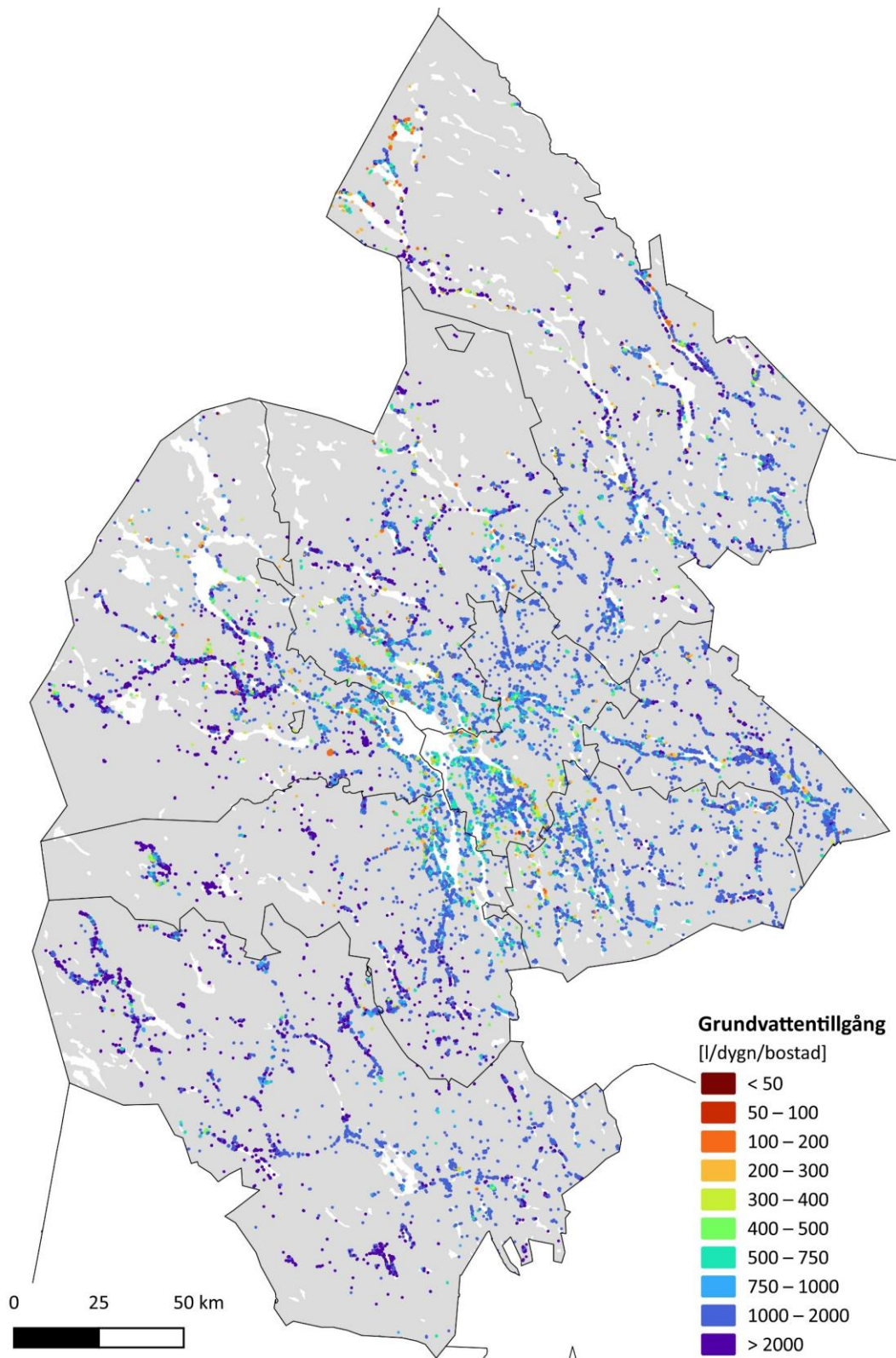


Figur B2-33. Geografisk fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Västmanlands län.

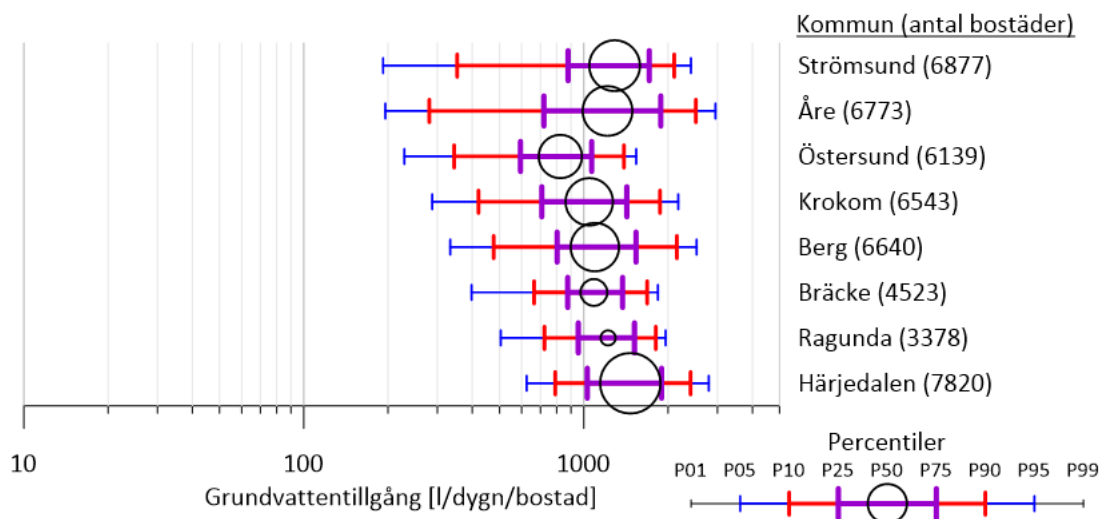


Figur B2-34. Kommunvis fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Västmanlands län.

Jämtlands län

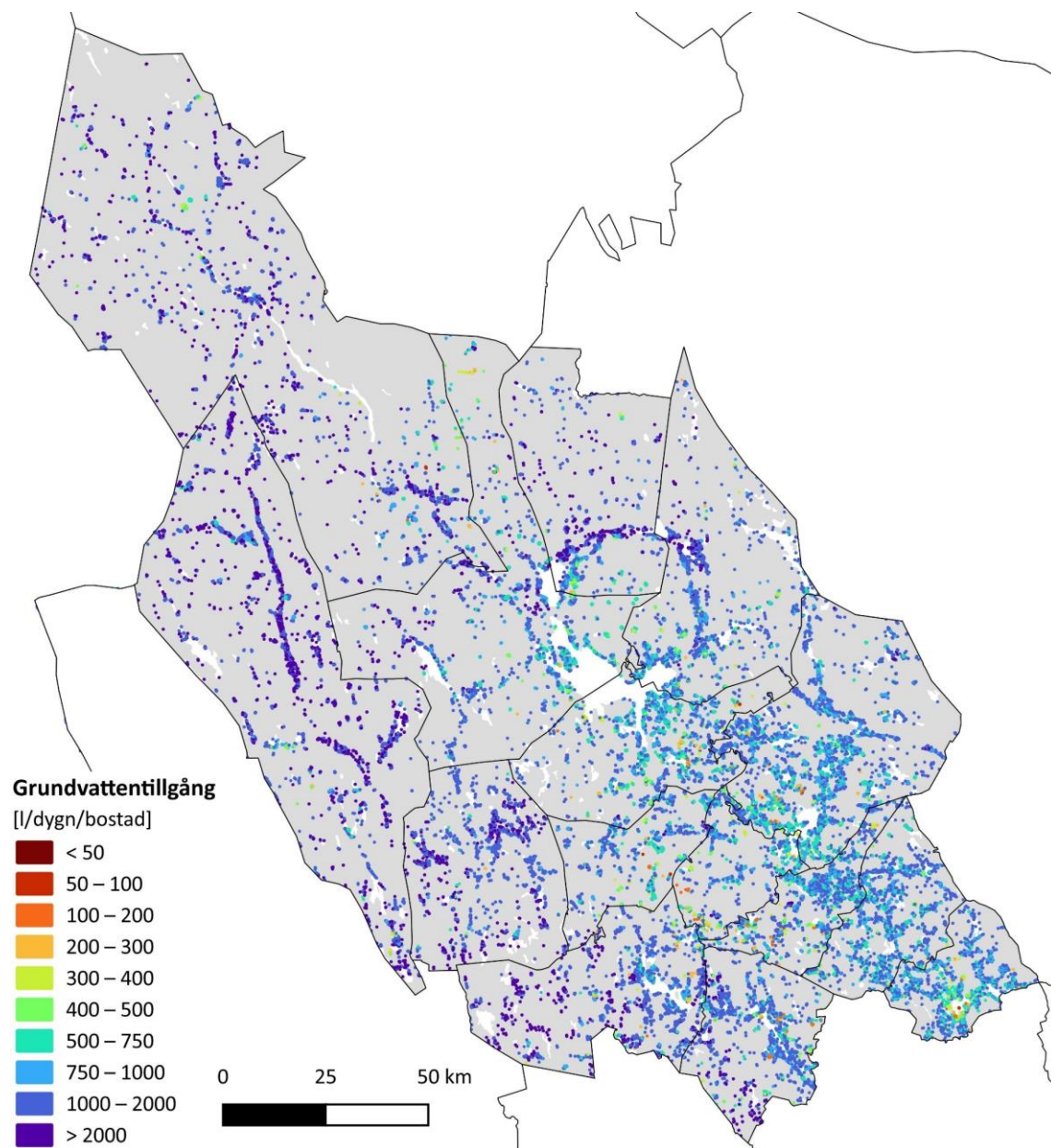


Figur B2-35. Geografisk fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Jämtlands län.

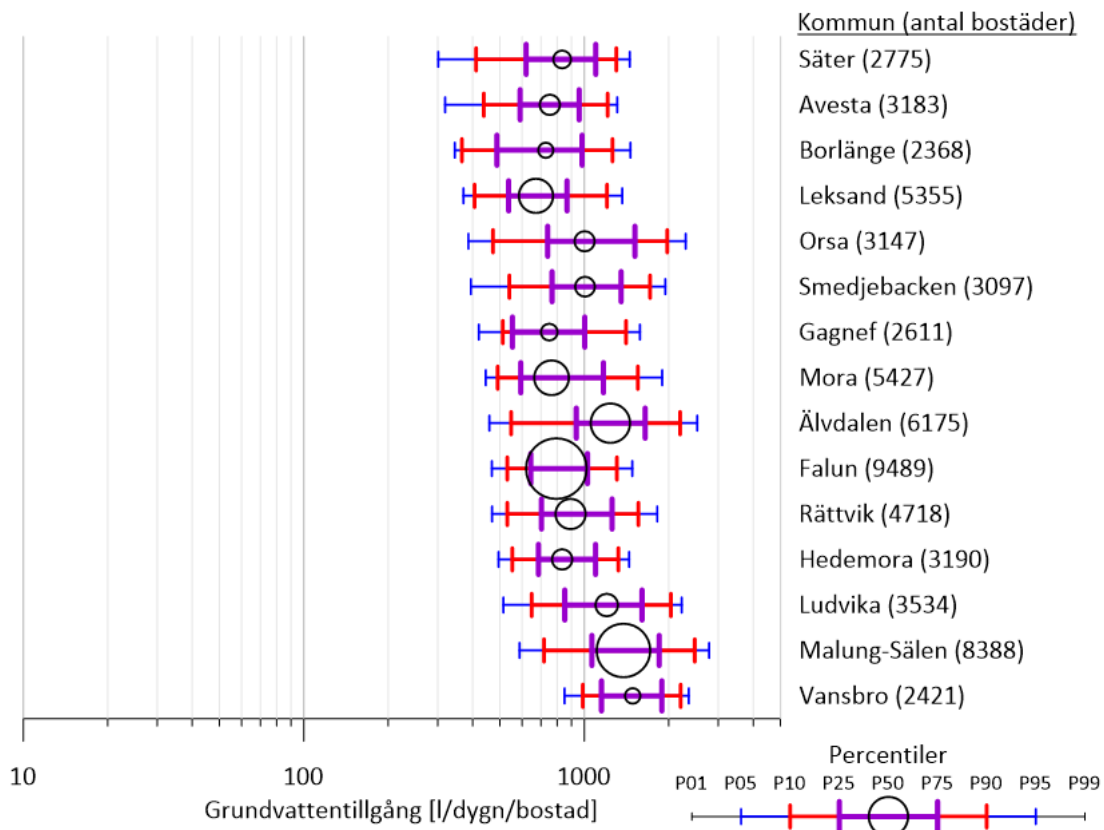


Figur B2-36. Kommunvis fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Jämtlands län.

Dalarnas län

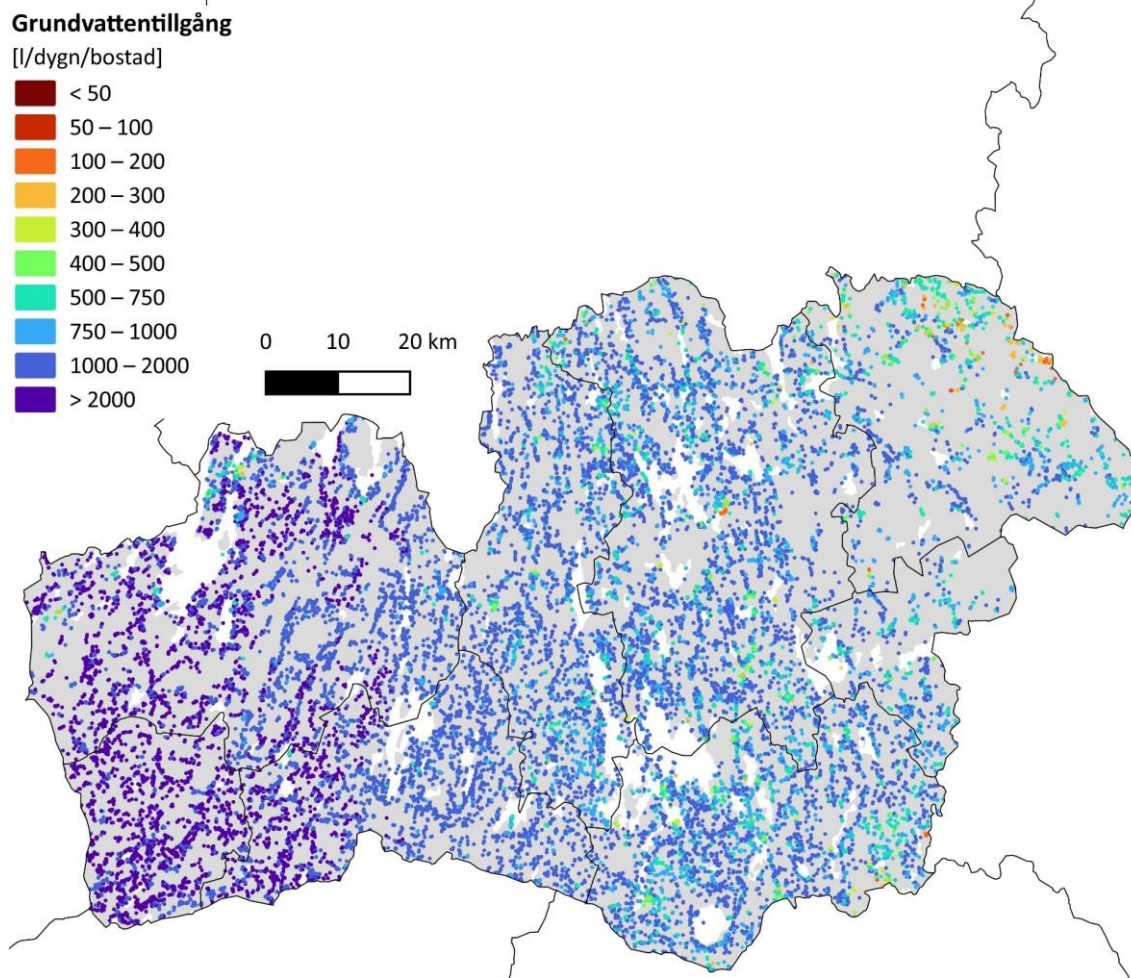


Figur B2-37. Geografisk fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Dalarnas län.

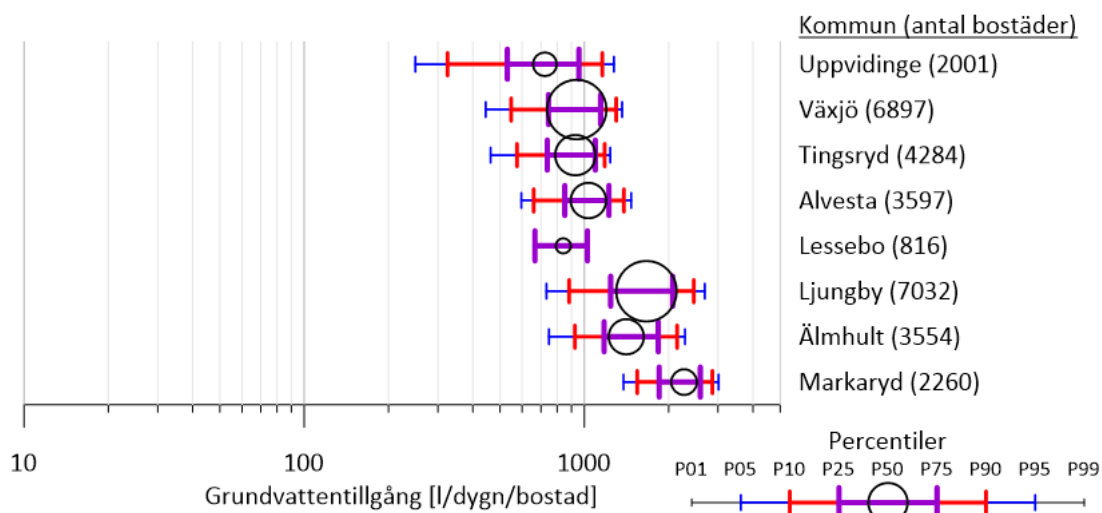


Figur B2-38. Kommunvis fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Dalarnas län.

Kronobergs län

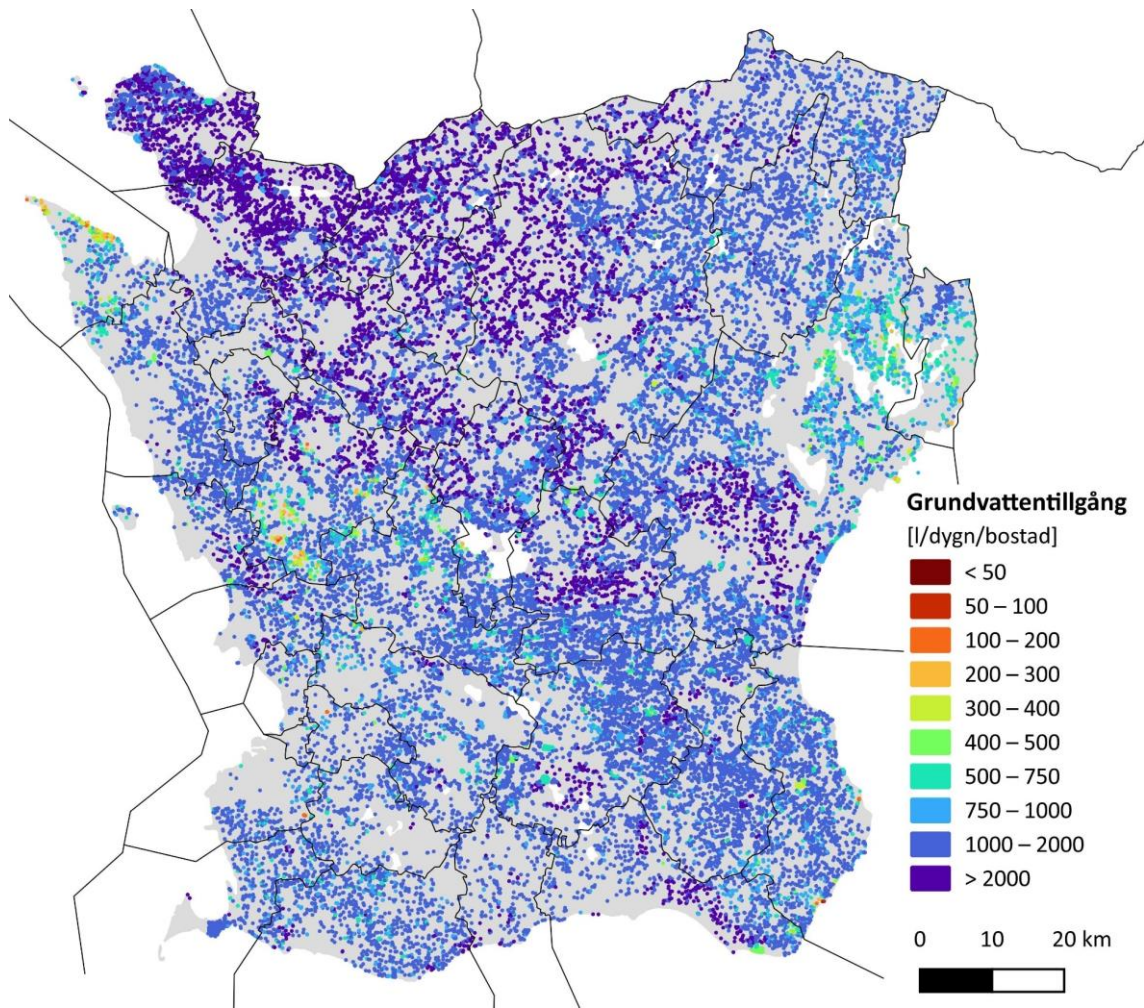


Figur B2-39. Geografisk fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Kronobergs län.

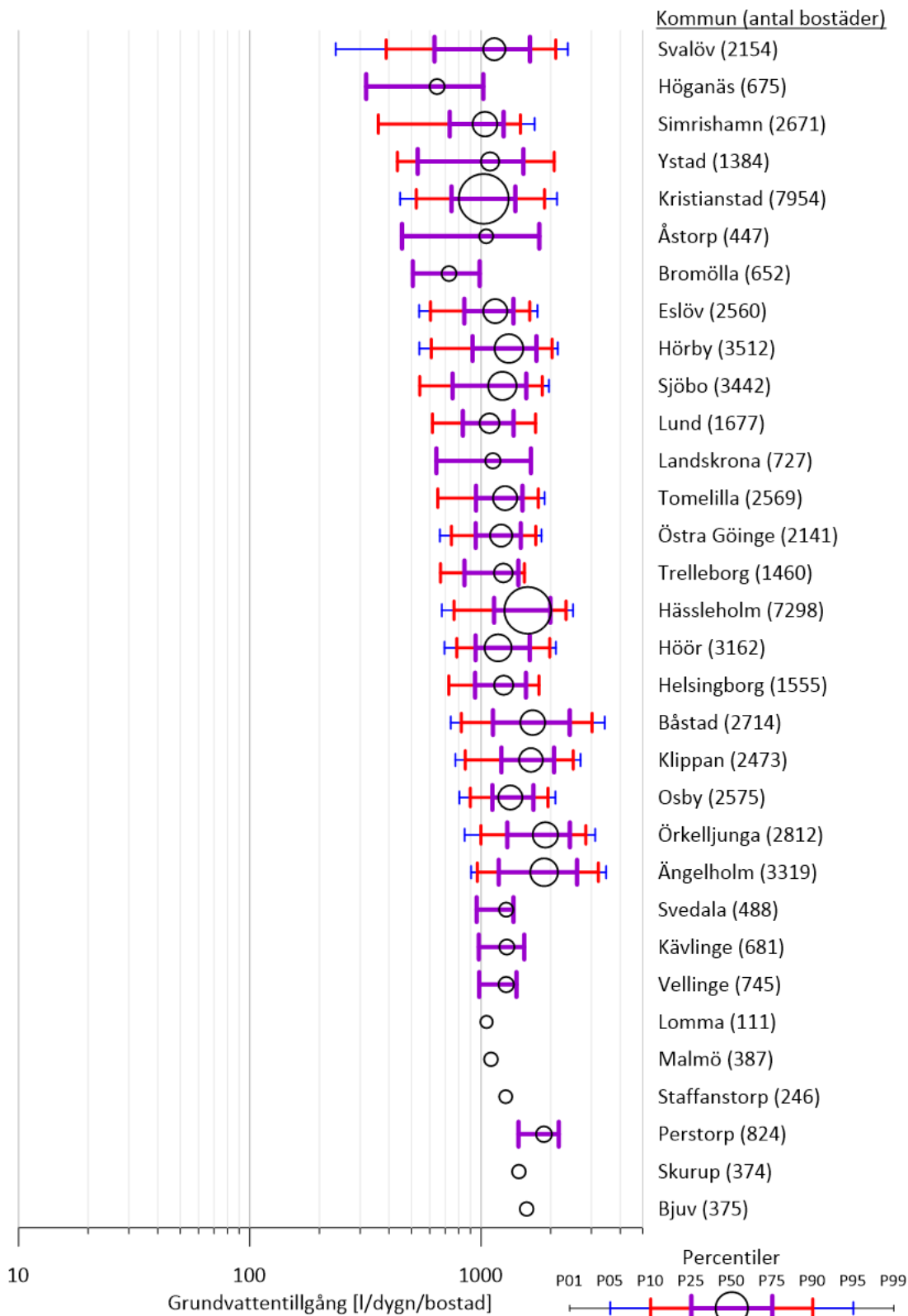


Figur B2-40. Kommunvis fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Kronobergs län.

Skåne län



Figur B2-41. Geografisk fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Skåne län.



Figur B2-42. Kommunvis fördelning av beräknad grundvattentillgång per bostad i Skåne län.