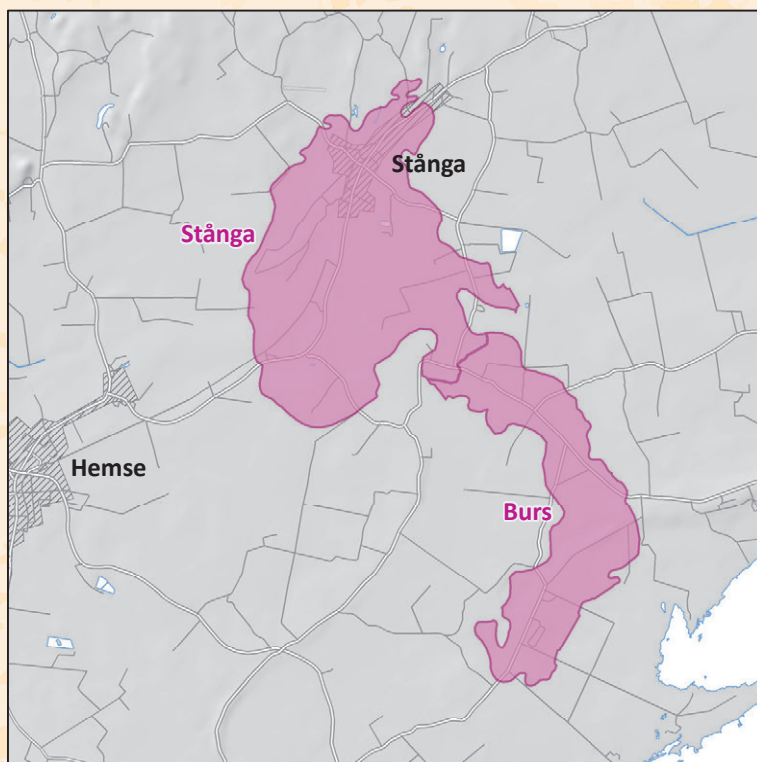


Grundvattenmagasinen Stånga och Burs

Peter Dahlqvist, Mattias Gustafsson
& Henrik Langkjaer



ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7403-473-8

Författare: Peter Dahlgvist, Mattias Gustafsson och Henrik Langkjaer
Ansvarig enhetschef: Mats Wallin
Redaktör: Åsa Gierup, SGU och Jeanette Bergman Weihed, Tellurit AB
Utgivningsår: 2020

Sveriges geologiska undersökning
Box 670, 751 28 Uppsala
tel: 018-17 90 00
e-post: sgu@sgu.se
www.sgu.se

INNEHÅLL

Grundvattenmagasinen Stånga och Burs	4
Sammanfattning	4
Inledning	4
Underlag	4
Terrängläge och geologisk översikt	5
Hydrogeologisk översikt	7
Anslutande ytvattensystem	8
Tillrinningsområde och naturlig grundvattenbildning	9
Uttagsmöjlighet	10
Grundvattnets användning	11
Grundvattnets kvalitet	11
Naturligt förekommande ämnen	11
Mänsklig påverkan	12
Klimatförändring och effekten på grundvattenmagasinet	13
Referenser	13

Bilaga 1

Undersökningar gjorda i grundvattenmagasinen

Bilaga 2

Grundvattenmagasin

Bilaga 3

Bedömda uttagsmöjligheter

Bilaga 4

Tillrinningsområden

Bilaga 5

Exempel på lagerföljder

Bilaga 6

Primära, sekundära och tertiära tillrinningsområden

Bilaga 7

Geologisk 3D-modell

Bilaga 8

Övergripande förutsättningar avseende grundvattenkemiska provpunkter och analyser

Bilaga 9

Allmän beskrivning av grundvattnets kemiska sammansättning

GRUNDVATTENMAGASINEN STÅNGA OCH BURS

Författare: Peter Dahlqvist, Mattias Gustafsson & Henrik Langkjaer

Kommun: Gotland

Län: Gotland

Vattendistrikt: Södra Östersjön

Databas-id: 250400158 (Stånga) och 250400159 (Burs)

Vattenförekomst: WA89366997 (Stånga) och WA96842172 (Burs)

Sammanfattning

Grundvattenmagasinen Stånga och Burs ligger på sydöstra Gotland i en avlagring som mestadels består av svallsand. Grundvattenmagasinen åtskiljs av Ronemyrbäcken som utgör en hydraulisk lågpunkt. Avlagringens mäktighet varierar mellan två och knappt 20 m. Området domineras av jordbruksmark. En intensiv dikning av jordbruksmarken har sannolikt påverkat grundvattennivåerna och därmed troligen även uttagsmöjligheterna. Grundvattenmagasinen har god hydraulisk konduktivitet och uttagsmöjligheterna bedöms till ca 30–40 l/s för grundvattenmagasinet Stånga och 10–20 l/s för grundvattenmagasinet Burs. Möjlighet finns att öka kapaciteten genom konstgjord grundvattenbildning.

Inledning

De arbeten som redovisas i denna rapport ingår i SGUs kartläggning av viktiga grundvattenmagasin i landet. Syftet är i första hand att skapa planeringsunderlag för vattenförsörjning, markanvändning och skydd av viktiga grundvattenförekomster. För många användningsområden, t.ex. vid upprättande av skyddszoner till vattentäkter, krävs som regel kompletterande undersökningar. Resultaten redovisas i kartform i bilagorna 1–4.

Undersökningar och sammanställning av insamlad information har gjorts 2013–2018, inom ramen för projekten Grundvattenkartering inom Södra Östersjöns vattendistrikt (projekt-id: 83024), SGUs extrasatsning med fokus på områden med risk för brist på grundvatten (projekt-id: 83025), SkyTEM-undersökningar (projekt-id: 30021, Dahlqvist m.fl. 2017a) och inom projektet att identifiera de geologiska och hydrogeologiska förutsättningarna för anläggande av våtmarker på Gotland (Dahlqvist m.fl. 2017b). I arbetena har även Jonas Gierup, Johan Söderman och Mats Thörnelöf deltagit. För kompletterande information om arbetsmetoder hänvisas till SGUs kundtjänst.

Underlag

Tidigare undersökningar

Flera grundvattenundersökningar angående kommunens vattenförsörjning har under de senaste decennierna gjorts inom båda magasinerna. Undersökningarna har utförts av bl.a. VIAK (1970, 1976), Länsstyrelsen Gotland (2005), Sweco (2015) och SGU (Dahlqvist m.fl. 2017b). Dessa rapporter återfinns i referenslistan. Ett urval av lagerföljdsuppgifter från olika utredningar har lagrats i SGUs databaser. Befintlig geologisk och hydrogeologisk information från SGUs kartor och databaser, t.ex. Brunnsarkivet och 3D-modeller, har legat till grund för magasinens avgränsning och bedömning av uttagsmöjligheter. Topografisk information från Lantmäteriet har använts som grund för att ta fram tillrinningsområden.

Inom grundvattenmagasinet Stånga har SGU sedan 1986 utfört nivåobservationer i SGUs grundvattennät vid tre observationslokaler: Hemse_3, Hemse_4 och Hemse_5 (bilaga 1).

Magasinen ligger till grund för avgränsningar av två grundvattenförekomster i VISS (Länsstyrelsen 2020a). Magasinens och vattenförekomstens avgränsningar skiljer sig dock åt. Grundvattenförekomsterna kommer att föreslås bli justerade i VISS.

Kompletterande undersökningar

SGU har genomfört följande fältundersökningar för att komplettera och få en bättre förståelse för områdenas geologi och hydrogeologi:

- Undersökningar med SkyTEM (geofysisk mätmetod bestående av helikopterburen resistivitmätning) över området (Dahlqvist m.fl. 2017a), se bilaga 7. Undersökningarna har använts vid bedömningen av jordarternas och magasinets utbredning i tre dimensioner.
- Tre brunnborrningar i samband med SkyTEM-mätningarna. Borrningarna har gett underlag för en noggrann bedömning av jordarter, stratigrafi och vattenföring i magasinen.
- Georadarmätningar längs nio profiler på mindre vägar inom delar av magasinen, sju inom grundvattenmagasinet Stånga och två inom grundvattenmagasinet Burs. Mätningarna har gett underlag för en översiktlig bedömning av jordlagrens mäktighet och grundvattentans läge.
- En ca 500 m lång resistivitetsprofil inom grundvattenmagasinet Stånga. Mätningarna har gett underlag för en översiktlig bedömning av jordlagrens mäktighet och grundvattentans läge.

Lägena för borrningarna visas i bilaga 1 och 5 (brunnarna 916625545, 916625616 och 917506502). Georadarmätningarna och resistivetsprofilen redovisas i Dahlqvist m.fl. 2017a. Grunddata från fältundersökningarna har lagrats i SGUs databaser. En hydrogeologisk databas för de aktuella grundvattenmagasinen har upprättats med den insamlade informationen samt SGUs jordartsdata (Svantesson 2008) som grund. I den hydrogeologiska databasen ingår bl.a. information om tillrinningsområden, grundvattenbildning, vattendelare och andra hydrauliska parametrar, samt en bedömning av uttagsmöjligheterna i grundvattenmagasinen. Information om anslutande ytvattensystem lagras också i databasen. Ett urval av denna information redovisas i denna rapport. Övrig information kan fås från SGUs kundtjänst.

Terrängläge och geologisk översikt

Grundvattenmagasinen är belägna vid samhällena Stånga och Burs på sydöstra Gotland. Magasinen ligger i en svallsandsavlagring, vilken vilar på kalksten och mörkelsten i de yngre delarna av lagerföljden (Svantesson 2008, Erlström m.fl. 2009, bilaga 7). I närheten och i anslutning till magasinen förekommer områden med blottad berggrund, tunna lager av moränlera eller torv och svallsand (Svantesson 2008). Sedimenten i grundvattenmagasinen är avlagrade under högsta kustlinjen (HK).

Svallsandsavlagringen har delats in i två magasin åtskilda av Ronemyrbäcken, vilken går i sydvästlig till nordöstlig riktning och fungerar som en hydraulisk lågpunkt. Bäckens skär igenom svallsandsavlagringen ner till kalkberggrunden och separerar de två grundvattenmagasinen från varandra.

Stånga

Magasinet i Stånga har en yta på 13,7 km² med varierande jorddjup på mellan två och 17 m (fig. 1). I avlagringen finns det inslag av tunna lerlinser i kontakten till kalkberggrunden. Avlagringen är troligen avsatt som en isälvsavlagring (Svantesson 2008) som sedan har svallats



Figur 2. Grustäkt i Stångamagasinet. Foto: Peter Dahlqvist, SGU.

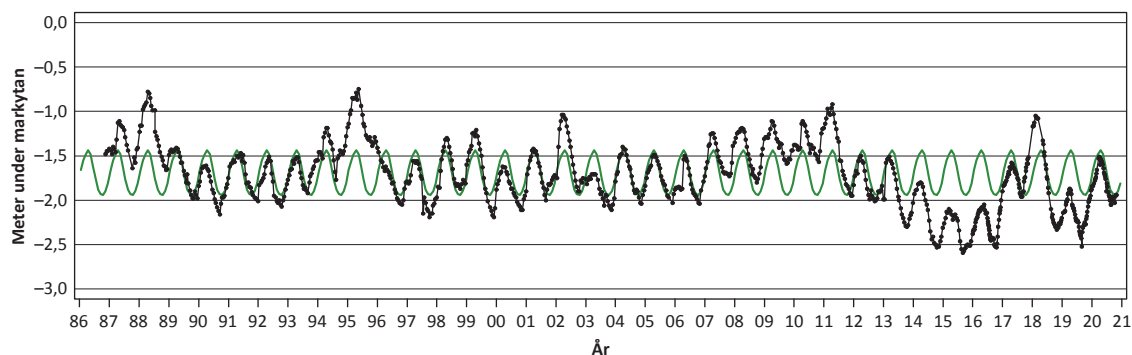
och omformats. Inom avlagringen finns det flera äldre grustäkter (fig. 2). SGU bedömer att Ancyclusvallen finns i norra delen av magasinet. Ancyclus- och även Littorinavallen är strandvallar som bildades under två skeden i samband med avsmältningen av den senaste inlandsisen. Under den perioden låg havsnivån högre än i dag, på grund av att landmassan varit nedpressad av isens tyngd. Lagerföljden inom grundvattenmagasinet utgörs av homogen sand med inslag av finare sediment, såsom silt och lera, men även grövre grusfraktioner (VIAK 1970). Det är vanligt att kornstorleken minskar på djupet och att det förekommer silt, lera eller moränlera mellan sanden och berggrunden. Magasinet överlagras av torv vid Blautåtnyr och Västerlaus. Topografin i området varierar mellan 15 och 25 m ö.h. med en lutning från nordväst till sydöst (bilaga 2). Ytvattnets dräneringsriktning är i huvudsak mot sydöst.

Burs

Magasinet i Burs har en yta på 7,2 km² med varierande jorddjup på två till 10 m (fig. 1). Lagerföljden inom magasinet utgörs av homogen sand med inslag av grövre grus och lokalt finns tunna lerlinser i kontakten med berggrunden (Svantesson 2008). SGU bedömer att Ancyclusvallen och Littorinavallen finns inom de södra och sydöstra delarna av magasinet (bilaga 2). Topografin i området varierar mellan 5 och 20 m ö.h., med en lutning från väster mot sydöst. Ytvattnets dräneringsriktning är i huvudsak mot öster inom magasinet.

Hydrogeologisk översikt

Grundvattenmagasinen har tidigare kartlagts i översiktlig skala (Karlqvist m.fl. 1982). En översiktlig tolkning av akviferen i jord och förekomst av salt grundvatten i området gjordes av Dahlqvist m.fl. (2017a, s. 62–66). Grundvattenmagasinen har nu bl.a. avgränsats med hjälp av jordartskartan (Svantesson 2008) och profiler som har tagits fram från resistivitetsdata och den geologiska 3D-modellen (bilaga 7). Magasinen har avgränsats där sanden bedömts utgöra ett magasin, antingen yttäckande eller täckt av torv, och områden med jorddjup mindre än två meter har tagits bort på grund av begränsad mättad zon.



Figur 3. Grundvattennivåvariationer i observationspunkten Hemse_5. Mätningar markerade med svarta punkter och medelvärde med grön linje.

Stånga

Grundvattenmagasinet Stånga bedöms i huvudsak ha god till mycket god vattenförande förmåga. Grundvattenmagasinet karaktäriseras av öppna förhållanden, i vissa områden vilande direkt på kalkberggrunden, men ibland med moränlera eller lera mellan sandavlagringen och berggrunden. De delar av magasinet med den största mättade zonen, och i detta område därmed även de gynnsammaste förutsättningarna för grundvattenuttag, finns under Stånga samhälle, vid Raudhammaren och vid Västerlaus (fig. 1 och bilaga 3). Grundvattenströmningen är mestadels känd vid Stånga samhälle och Stånga malm, där strömningen är riktad mot söder och sydost (bilaga 3). Enligt äldre undersökningar vid vattentäkten var grundvattennivån mellan +20 och +24 m ö.h. (VIAK 1970). Vid förändrade trycknivåer kan det förekomma läckage från både ovanliggande torvlager och bäckar och åar som finns i anslutning till grundvattenmagasinet. Grundvattennivåerna var under perioden 2015–2016 mycket låga. Även under 2019 kunde nivåer cirka en meter lägre än normalt observeras i SGUs observationsrör Hemse_5 i området (fig. 3). SGU har ytterligare två observationspunkter för övervakning av grundvattennivå inom grundvattenmagasinet Stånga, Hemse_3 och Hemse_4, se bilaga 1.

Burs

Grundvattenmagasinet Burs är ett öppet magasin i en svallsandsavlagring som vilar direkt på kalkberggrund eller moränlera. I området mellan Tomte och Hummelbos överlagras magasinet delvis av torv. De gynnsammaste uttagsmöjligheterna inom magasinet förekommer vid Kärne och Ammunde (bilaga 3). Baserat på en provpumpning av Burs kommunala vattentäkt är avlagringens hydrauliska konduktivitet (K) beräknad till ca 1×10^{-3} m/s (Sweco 2015). Grundvattenströmning sker huvudsakligen mot sydost (bilaga 3).

Anslutande ytvattensystem

Gemensam hydraulisk avgränsning för både magasinet Stånga och magasinet Burs är Ronemyrbäcken, nordost om Burs samhälle. Ronemyrbäcken fungerar som en hydraulisk lågpunkt och separerar magasinen från varandra. Bäckens flödesriktning är mot nordost, där den senare ansluter till Närsån. Ytavrinning sker främst genom eller från grundvattenmagasinen generellt från norr, mot antingen sydväst eller sydost.



Figur 4. En av dammarna inom magasinet Burs. Vattenytan i dammen bedöms återspegla grundvattennivån. Foto: Peter Dahlqvist, SGU.

Stånga

Två bevattningsdammarna och ett flertal bäckar finns i anslutning till grundvattenmagasinet Stånga. Bevattningsdammarna, som ligger i de norra och centrala delarna av magasinet, bedöms vara konstruerade med tät botten och antas inte kommunicera med grundvattenmagasinet. Bäckar inom magasinet bedöms vara dränerande, men de är dock torra stora delar av året.

Burs

Några dammar och ett flertal bäckar finns i anslutning till grundvattenmagasinet Burs. Dammarna, som ligger i de centrala och södra delarna av magasinet, är grävda och bedöms mer eller mindre stå i kontakt med magasinet och deras vattennivå antas återspegla grundvattennivån (fig. 4). I grundvattenmagasinet Burs finns ett flertal mindre bäckar som grenar ihop sig till en större bäck, som senare rinner ut i Badlundviken. Bäckarna bedöms vara dränerande, men flera av dem är dock torra stora delar av året.

Tillrinningsområde och naturlig grundvattenbildning

Magasinen tillförs vatten i huvudsak från den nederbörd som faller på svallsandsavlagringen. Ett visst tillflöde kan komma från närliggande håll- och moränområden.

Vattendragen bedöms vara dränerande och bidrar inte under normala och naturliga förhållanden till grundvattenmagasinet i någon större omfattning.

Magasinens tillrinningsområde har avgränsats översiktligt (bilaga 4) och indelats i kategorierna primära och tertiära tillrinningsområden, enligt principer som framgår av bilaga 6. En grov uppskattning av den naturliga grundvattenbildningen som tillförs magasinen från primära och tertiära tillrinningsområden redovisas i tabell 1 för Stånga och tabell 2 för Burs.

Tabell 1. Tillrinningsområden, grundvattenbildning och bedömd uttagsmöjlighet för grundvattenmagasinet Stånga.

	Yta (km ²)	Effektiv nederbörd*	Naturlig grundvattenbildning (l/s)
Primärt tillrinningsområde	12,8	267 mm/år, 8,5 l/s per km ²	108
Tertiärt tillrinningsområde	9,8	199–261 mm/år, 6,3–8,3 l/s per km ²	7,7**
Bedömd uttagsmöjlighet inom magasinet	30–40 l/s		

* Beräkningen av effektiv nederbörd grundas på beräknad grundvattenbildning i olika typjordar från perioden 1962–2003 för aktuellt område (Rodhe m.fl. 2006). Osäkerheten i det beräknade värdet är betydande.

**Bygger på antagandet att 10 % av effektiv nederbörd infiltrerar i magasinet.

Tabell 2. Tillrinningsområden, grundvattenbildning och bedömd uttagsmöjlighet för grundvattenmagasinet Burs.

	Yta (km ²)	Effektiv nederbörd*	Naturlig grundvattenbildning (l/s)
Primärt tillrinningsområde	5,7	267 mm/år, 8,5 l/s per km ²	48,2
Tertiärt tillrinningsområde	9	199 mm/år, 6,3 l/s per km ²	5,7**
Bedömd uttagsmöjlighet inom magasinet	10–20 l/s		

* Beräkningen av effektiv nederbörd grundas på beräknad grundvattenbildning i olika typjordar från perioden 1962–2003 för aktuellt område (Rodhe m.fl. 2006). Osäkerheten i det beräknade värdet är betydande.

**Bygger på antagandet att 10 % av effektiv nederbörd infiltrerar i magasinet.

Uttagsmöjlighet

Redovisade uttagsmöjligheter i tabell 1 och 2 är grova uppskattningar av hur mycket grundvatten som långsiktigt kan utvinnas med ett rimligt antal standardmässiga brunnskonstruktioner, fördelade på lämpliga platser inom magasinen.

VIAK (1970) utförde under 1967 en provpumpning med uttag vid tre områden vid Stånga. Provpumpningen pågick under omkring två månader, med ett sammanlagt uttag ur brunnarna på knappt 14 l/s. Under samma period gjordes även uttag ur en äldre kommunal brunn vid det dåvarande mejeriet. VIAK bedömde att uttagen totalt uppgick till ca 15 l/s. Uttagen resulterade i relativt stora avsänkningar i uttagsbrunnarna, men efter provpumpningen återställdes nivåerna relativt snabbt. VIAK (1970) bedömde att den hållbart uttagbara mängden grundvatten inom Stångamalm uppgår till ca 16 l/s. Vid senare beräkningar av Eriksson & Johansson (1978) bedömdes den praktiska uttagsmöjligheten inom Stångamalm till ca 14 l/s, men att grundvattenbildningen till Stångamalm är ca 45 l/s.

Med Eriksson & Johanssons beräkningar som stöd, det faktum att magasinen har en relativt begränsad mäktighet och att delar av magasinen är hårt utdikade, tillsammans med det faktum att grundvattenbildningen är låg under långa perioder på Gotland, bedöms uttagsmöjligheterna vara avsevärt mindre än den årliga grundvattenbildningen. Uttagsmöjligheterna för grundvatten bedöms till 30–40 l/s för grundvattenmagasinet Stånga och 10–20 l/s för grundvattenmagasinet Burs. De små mäktigheterna på avlagringarna i Burs är begränsande för storleken på möjliga uttag.

Uttagsmöjligheterna bedöms vara som störst i områdena Stångamalm och Västerlaus inom grundvattenmagasinet Stånga och mellan Kärne och Ammunde inom grundvattenmagasinet Burs (bilaga 3).

Grundvattenbildning via infiltration av ytvatten, genom anläggning av infiltrationsdammar eller våtmark, anses vara möjlig inom de mäktigare delarna av magasinen inom både Stånga och Burs (Dahlqvist m.fl. 2017b). SGU upprättade en översiktlig grundvattenmodell

över Stånga-området för infiltration av ytvatten (900 m³ per dygn) och hur man ska kunna tillgodogöra sig detta som grundvatten (Dahlqvist m.fl. 2017b).

Grundvattnets användning

Inom grundvattenmagasinen finns förutom de kommunala vattentäkterna i Stånga och Burs även ett antal enskilda brunnar. Uttagsmängder från brunnarna är okända och vissa av dem är borrhade och använder grundvatten från magasin i berg. Brunnar borrhade i berg inom magasinens utbredning kan i flera fall ha en högre kapacitet än vad grundvattenmagasinet i berg egentligen tillåter, eftersom det sker en viss kommunikation mellan magasinen i jord och berg.

Stånga

Den kommunala vattentäkten i Stånga har ett tillståndsgivet maximalt uttag på 1 200 m³ per dygn, (13,8 l/s), och ett årligt uttag på 360 000 m³ per år eller 11,7 l/s (Österbygds vattendomstol, Vattendomstolen Mål AD 88/70). Medeluttaget ur Stångas kommunala vattentäkt under åren 2013–2015 var 340 000 m³ per år (Dahlqvist m.fl. 2017b), vilket motsvarar 10,8 l/s.

Burs

Medeluttaget ur Burs kommunala vattentäkt var under åren 2013–2015 850 m³ per år (Dahlqvist m.fl. 2017b). Under 2003–2013 har uttaget uppgått som mest till ca 1 200 m³ per år (Sweco 2015). Brunnerna i Burs kommunala grundvattentäkt har beräknats ha en specifik kapacitet på 1,5 l/s baserat på provpumpning (Sweco 2015). Vattentäkten i Burs saknar tillstånd för vattenverksamhet.

Grundvattnets kvalitet

Grundvattenkemiska data redovisas i tabell 3. Tabellen följer i tillämpliga delar SGUs ”Bedömningsgrunder för grundvatten” (SGU 2013). Mer information om aktuella provpunkter och tillgängliga analyser ges i bilaga 8. Provpunkternas ungefärliga geografiska lägen framgår av bilaga 1 (dock inte uttagsbrunnarna för de kommunala vattentäkterna i Stånga och Burs). En allmän beskrivning av centrala grundvattenkemiska parametrar och processer ges i bilaga 9. Mikrobiologiska analysparametrar har inte beaktats, men problem med mikrobiologisk påverkan är vanliga på Gotland.

Analysresultat finns från endast ett fåtal provplatser och dessa är inte geografiskt väl spridda inom magasinerna. Resultaten ger ändå en fingervisning om karaktären i grundvattnets kemiska sammansättning. Brunnarna B1, B2 och Stånga vattentäkt är belägna inom grundvattenmagasinet Stånga. Brunn B3 och Burs vattentäkt ligger i grundvattenmagasinet Burs.

Tolkningen av grundvattnets kemiska karaktär i grundvattenmagasinen Stånga och Burs, som följer under avsnitten *Naturligt förekommande ämnen* och *Mänsklig påverkan*, är om inget annat anges gjord med stöd av SGUs ”Bedömningsgrunder för grundvatten” (SGU 2013).

Naturligt förekommande ämnen

Grundvattenkemin i magasinerna Stånga och Burs är varierad. De analyserade parametrarna uppvisar en relativt stor variation av halter. I båda magasinerna är dock pH-värdet högt och vattnet är hårt till mycket hårt. Av kationerna utmärker sig kalcium och magnesium något, vilket är naturligt på grund av kalkstensberggrunden. Kalkstensberggrunden kan även förklara den relativt höga alkaliniteten. Halterna av fluorid är generellt låga.

Tabell 3. Sammanställning av tillgängliga grundvattenkemiska data från grundvattenmagasinen Stånga och Burs. För mer information om respektive provpunkt se bilaga 8. Angivna värden motsvarar, om det finns flera analyser, beräknad medianhalt. Sammanställningen följer i tillämpliga delar klassindelningen i SGUs "Bedömningsgrunder för grundvatten" (SGU 2013) (Klass 1 = blå, Klass 2 = grön, Klass 3 = gul, Klass 4 = orange, Klass 5 = röd). Klassindelningens innebörd skiljer sig åt mellan parametrar. Höga halter representeras i regel av högre klasser, men undantag finns (t.ex. för parametern alkalinitet).

Parameter	Enhet	Stånga vattentäkt	B1	B2	Burs vattentäkt	B3
Tidpunkt		2014-03-24	2012-10-23	2007-08-07	2014-2018	2007-09-26
pH		7,7	7,9	8,1	7,6	7,7
Alkalinitet, HCO ₃	mg/l	229	280	282	230	380
Kalcium	mg/l	74	86	100	73	160
Kalium	mg/l	<1	4,2	4,9	2,8	21
Magnesium	mg/l	2	4,6	2,5	2,7	7,6
Natrium	mg/l	3	5,9	15	3,3	7,1
Totalhårdhet	dH	10,8	13	14,8	10,8	24,7
COD _{Mn}	mg O ₂ /l	1	1,3	1,6	<1	5,6
Färg	mg Pt/l	<5	5,8	<5	<5	19
Turbiditet	FNU		<0,1	0,52		4
Klorid	mg/l	4	7,2	120	5,4	22
Konduktivitet	mS/m	38	50	56	38,4	88
Sulfat	mg/l	12	15	72	1,2	150
Ammonium	mg/l	<0,05	<0,01	<0,01	<0,05	0,29
Nitrat	mg/l	2	11	110	6,3	<2
Nitrit	mg/l	<0,05	0,01	<0,01	<0,05	<0,01
Järn	mg/l	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	0,99
Mangan	mg/l	<0,02	<0,01	0,005	<0,02	0,9
Arsenik	µg/l		0,55			
Uran	µg/l		1,3			
Bly	µg/l		0,29			
Koppar	mg/l		<0,002	0,008		<0,002
Fluorid	mg/l	<0,1	0,21	<0,3	<0,1	<0,3
Fosfat	mg/l	<0,02	0,067	0,06		<0,01

Att döma av de redoxkänsliga ämnena järn, mangan och sulfat varierar syresättningen i grundvattnet inom magasinen, från väl syresatt till dåligt syresatt.

Grundvattenkemin är sannolikt påverkad av det faktum att magasinet har en liten mäktighet och omsättningstiden på grundvattnet är snabb, detta syns framför allt i brunnen B3 genom den höga COD_{Mn}-halten.

Mänsklig påverkan

Mänsklig påverkan på grundvattenkemin i de undersökta magasinen är tydlig framför allt genom förhöjda nitrathalter kopplat till den agrara markanvändningen, se bl.a. brunn B2.

Grundvattenmagasinet Stånga

Höga kloridhalter har uppmätts i magsinet Stånga. Detta observerades redan i de undersökningar som VIAK genomförde 1967 (VIAK 1970). De höga halterna av klorid misstänktes då bero på ett större saltupplag vid dåvarande Vägförvaltningens förråd, och var tydliga i observationspunkter nedströms upplaget. Brunnen B2 (tabell 3) har en hög kloridhalt som

kan bero på upplaget. I Länsstyrelsen på Gotlands sammanställning över grundvattnets kemi (2005) framgår att kloridhalten i den kommunala vattentäkten i Stånga har minskat kraftigt under perioden 1989–2004, från ca 200 mg/l under början av 1990-talet till ca 10–20 mg/l i början av 2000-talet. Minskningen kan bero på att upplaget har upphört och att uttagen ur brunnar belägna nära upplaget minskat. De höga halterna i brunn B2 tyder på att det fortfarande finns en påverkan från upplaget.

Enligt VISS (Länsstyrelsen 2020b) finns en uppgift om att det inom förekomsten finns ett förorenat område där förekomst av PAH har påvisats i grundvattnet, men på grund av dålig tillrinning finns frågetecken om provtagningens tillförlitlighet. Provtagningen av vattnet i råvattenbrunnarna i närheten av det förorenade området gav ingen indikation på föroreningspåverkan eller förorenings spridning från fastigheten.

Grundvattenförekomsten Stånga (WA89366997) är i den senaste förvaltningscykeln klassad som god avseende kemisk status, men bedöms vara i risk att inte uppnå god status avseende nitrat och PAH. Riskkälla för nitrat är påverkan från jordbruket och riskkälla för PAH är från förorenade områden (Länsstyrelsen 2020b). Vid enstaka tillfällen har mikroorganismer hittats i råvattnet i Stånga.

Grundvattenmagasinet Burs

Då och då har höga halter av mikroorganismer uppmätts i magasinet Burs, detta har medfört att vattnet klassats som otjänligt före rening. Analyser på bekämpningsmedel gjordes 2014 och på petroleumprodukter 2015, men inga ämnen detekterades eller förekom i tillräckligt hög mängd för att uppnå detektionsgräns av vald analysmetod (Sweco 2015). Grundvattenförekomsten Burs (WA96842172) är i den senaste förvaltningscykeln klassad som god avseende kemisk status, men bedöms vara i risk att inte uppnå god status avseende nitrat. Riskkälla för nitrat är påverkan från jordbruket (Länsstyrelsen 2020c)

Klimatförändring och effekten på grundvattenmagasinet

Enligt den regionala vattenförsörjningsplanen för Gotland (Länsstyrelsen Gotlands län 2018) kommer de största utmaningarna, till följd av ett förändrat klimat, för dricksvattenförsörjningen förväntas i de sydöstra delarna av Sverige. Grundvattenbildningen kommer att minska volymmässigt, samtidigt som det kommer att bli längre perioder med sjunkande grundvattennivåer under sommarhalvåret. Möjligheten till grundvattenuttag kan komma att minska, vilket kan leda till konkurrens om vattenresurserna. Sammantaget gör detta att påverkan bedöms bli som störst på tillgången i de grundvattenmagasin som har den minsta marginalen, dvs. där det råder en knapp tillgång redan i dag. En ökad nederbörd på vintern, i ett förändrat framtida klimat, innebär inte automatiskt att mer vatten infiltrerar och bildar grundvatten. Gotlands geologiska förutsättningar, med tunna jordlager och liten magasinvolym, medför att merparten av nederbörden som faller under höst–vår inte bildar grundvatten. Nederbörden rinner i stället av från markytan som en ökad avrinning. Högre temperaturer innebär ökad avdunstning, vilket förstärks av en förlängd vegetationsperiod.

Referenser

Dahlqvist, P., Triumf, C.-A., Persson, L., Bastani, M., Erlström, M. & Schoning, K., 2017a: SkyTEM undersökningar på Gotland, del 2. *Rapporter och meddelanden 140*. Sveriges geologiska undersökning, 82 s.

- Dahlqvist, P., Thorsbrink, M., Holgersson, B., Nisell, J., Maxe, L. & Gustafsson, M., 2017b: Våtmarker och grundvattenbildning – om möjlighet till ökad kapacitet vid grundvattentäkter på Gotland. *SGU-rapport 2017:01*. Sveriges geologiska undersökning, 73 s.
- Eriksson, E. & Johansson, S., 1978: *Gotlands grundvattenresurser*. Rapport, Uppsala universitet, Avdelningen för hydrologi, Naturgeografiska institutionen, 13 s.
- Erlström, M., Persson, L., Sivhed, U. & Wickström, L., 2009: Beskrivning till regional berggrundskarta över Gotlands län. *Sveriges geologiska undersökning K 221*, 60 s.
- Karlqvist, L., Fogdestam, B. & Engqvist, P., 1982. Beskrivning och bilagor till hydrogeologiska karten över Gotlands län. *Sveriges geologiska undersökning Ab 3*, 8 s.
- Länsstyrelsen, 2020a: VISS, Vatteninformationssystem Sverige, Länsstyrelsen. <viss.lansstyrelsen.se> åtkommen den 18 juni 2020.
- Länsstyrelsen, 2020b: VISS, Vatteninformation Sverige, Länsstyrelsen. <viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA89366997> åtkommen den 18 juni 2020.
- Länsstyrelsen, 2020c: VISS, Vatteninformation Sverige, Länsstyrelsen. <viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA96842172> åtkommen den 18 juni 2020.
- Länsstyrelsen Gotlands län, 2005: Förändringar i grundvattenkvaliteten i 19 vattentäkter på Gotland under åren 1989–2004. *Rapporter om natur och miljö – nr 2005:4*, 47 s.
- Länsstyrelsen Gotlands län, 2018: Regional vattenförsörjningsplan för Gotlands län. Diarie-nummer 537-573-17, 71 s.
- Rodhe, A., Lindström, G., Rosberg, J. & Pers, C., 2006: Grundvattenbildning i svenska typjordar – översiktlig beräkning med en vattenbalansmodell. Uppsala universitet, Institutionen för geovetenskaper, *Report Series A No. 66*, 20 s.
- SGU, 2013: Bedömningsgrunder för grundvatten. *SGU rapport 2013:01*. Sveriges geologiska undersökning, 125 s.
- SGU, 2020: Jorddjupsmodell, produktbeskrivning. Gotlands kommun, Stånga–Burs <www.sgu.se> åtkommen den 8 april 2020.
- Svantesson, S.-I., 2008: Beskrivning till jordartskartan Gotland. *Sveriges geologiska undersökning K 4*, 48 s.
- Sweco, 2015: Ansökan om vattenskyddsområde med föreskrifter för Burs grundvattentäkt. Uppdragsnummer 1300928000. Jönköping/Göteborg 2015-03-03, Referensnummer i SGUs register för grundvattenutredningar: 9890, 40 s.
- VIAK AB, 1970: Stånga och Ljugarns kommuner, Gotlands län – Vattenförsörjning för Stånga-Ljugarn. Stockholm 1970-12-10. Uppdragsnummer: 36.6090. Referensnummer i SGUs register för grundvattenutredningar: 5443, 47 s.
- VIAK AB, 1976: Program för utförande av rörbrunn inom Stångamalm. Stockholm 1976-05-06. Uppdragsnummer 36.6573. Referensnummer i SGUs register för grundvattenutredningar: 5457, 4 s.

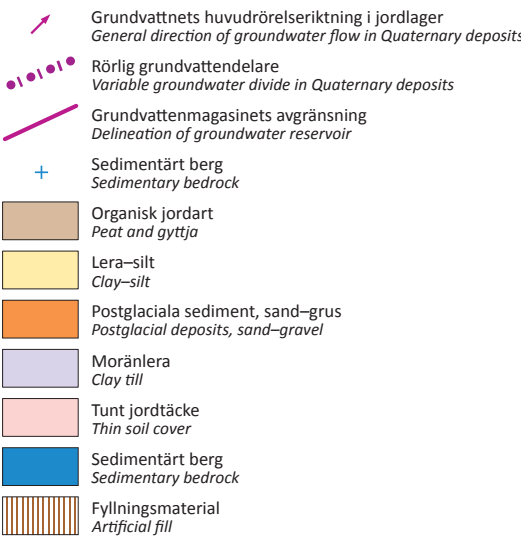
BILAGA 1

Undersökningar gjorda i grundvattenmagasinen



- Lagerföljdsinformation finns (bilaga 5)
Stratigraphic information is available (appendix 5)
- Information om grundvattenkemi finns (tabell 3)
Information about groundwater chemistry is available (table 3)
- Resistivitetsprofil
Resistivity investigation
- Grundvattenmagasinet avgränsning
Delineation of groundwater reservoir
- - - Gräns för tillränningsområde
Boundary of catchment area

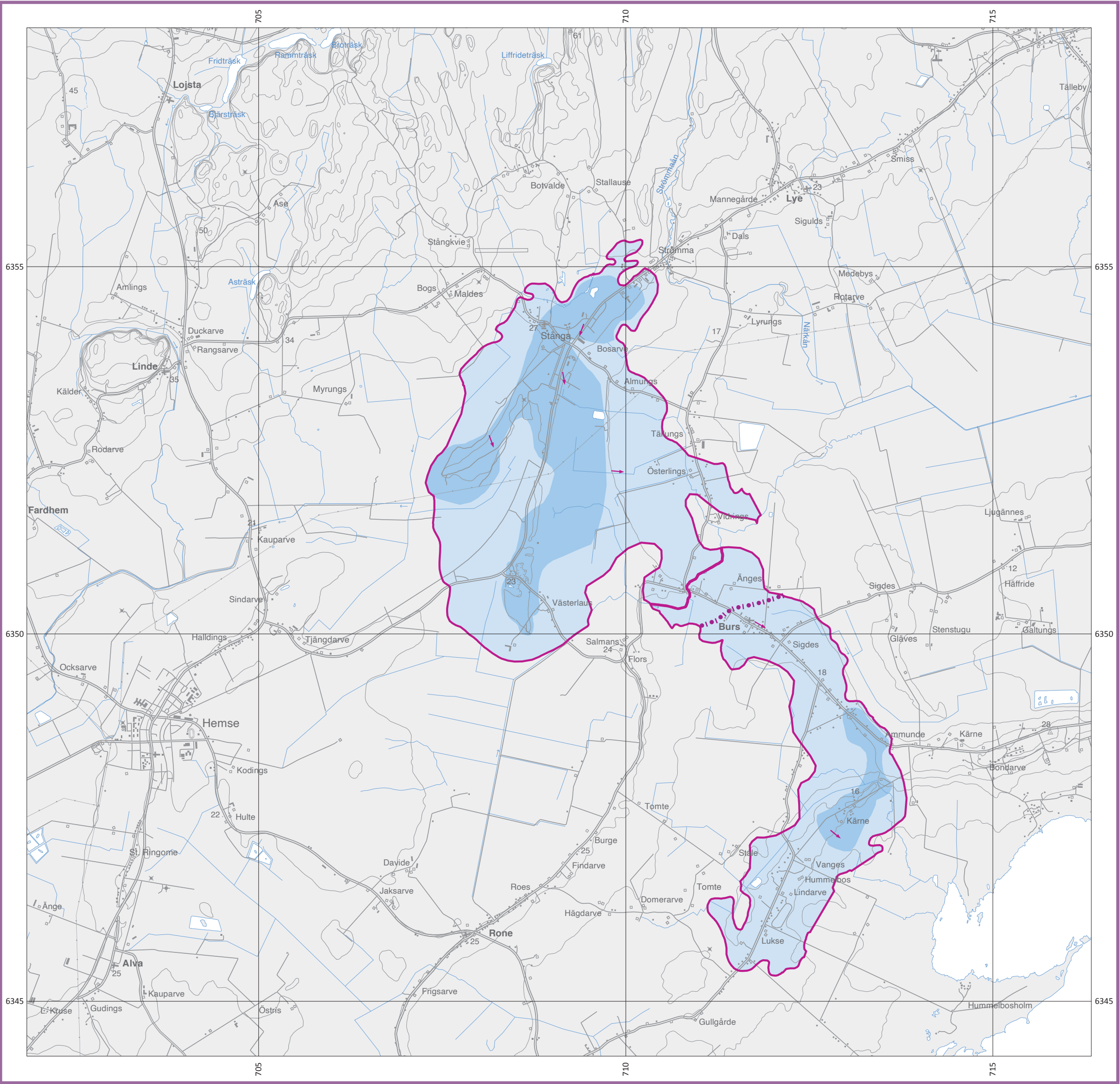
0 2000 m



Jordartsinformation ur SGUs jordartsgeologiska databas

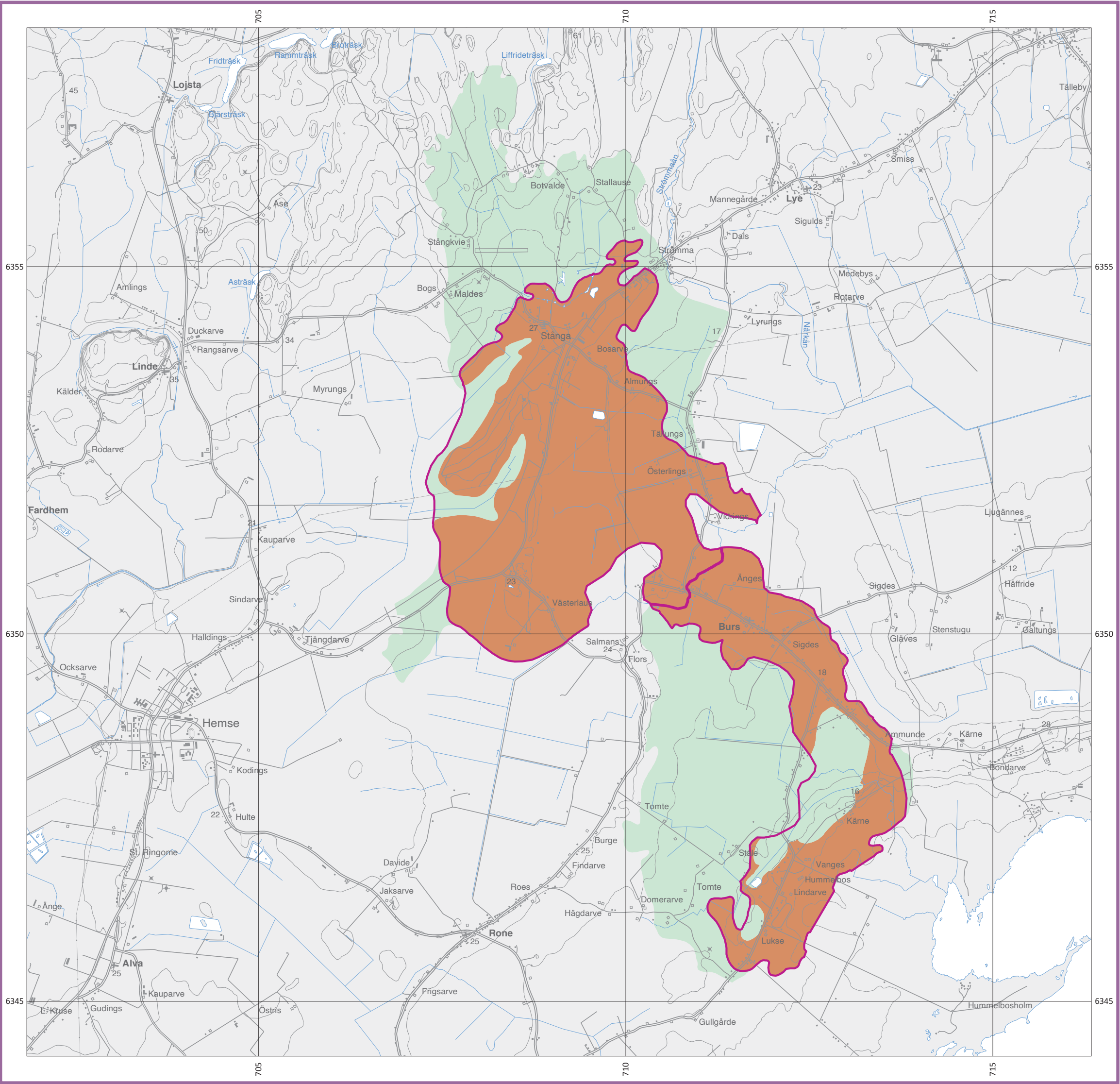


- Grundvattnets huvudrörelseriktning i jordlager
General direction of groundwater flow in Quaternary deposits
- Rörlig grundvattendelare
Variable groundwater divide in Quaternary deposits
- Grundvattenmagasinet avgränsning
Delineation of groundwater reservoir
- Bedömd uttagsmöjlighet ur grundvattenmagasinet 1–5 l/s
Estimated exploitation potential in the order of 1–5 l/s
- Bedömd uttagsmöjlighet ur grundvattenmagasinet 5–25 l/s
Estimated exploitation potential in the order of 5–25 l/s



- Grundvattenmagasinet avgränsning
Delineation of groundwater reservoir
- Primärt tillrinningsområde
Catchment area (primary)
- Tertiärt tillrinningsområde
Catchment area (tertiary)

För förklaring av tillrinningsområden se bilaga 6.



BILAGA 5

Exempel på lagerföljder

Koordinater i SWEREF 99TM, höjder anges i RH 2000 om inget annat anges.

Stånga

Namn: 916625616

Utförare: Ahlqvists Brunnsborrning AB

Databas-id: 916625616

Typ: Brunnsborrning

Koordinater: N 6 352 661, E 708 250

0,0–13,0 m sand, grus

13,0–40,0 m kalkberg

Namn: 917506502

Utförare: Ahlqvists Brunnsborrning AB

Databas-id: 917506502

Typ: Brunnsborrning

Koordinater: N 6 350 479, E 708 542

0–3 m sand

3–9 m sand, grus, lera

9–12 m grus, lera, sand

12–15 m grus

15–80 m kalkberg

Namn: 917510635

Utförare: Ahlqvists Brunnsborrning AB

Databas-id: 917510635

Typ: Brunnsborrning

Koordinater: N 6 354 284, E 709 546

0–9 m sand

9–10 m lera

10–33 m kalkberg

Namn: 995051950

Utförare: Ahlqvists brunnsborrning AB

Databas-id: 995051950

Typ: Brunnsborrning

Koordinater: N 6 352 841, E 710 015

0–3,5 m gul sand

3,5–6,5 m grå stenig fet lera

6,5–22,0 m kalkberg

Namn: 997046263

Utförare: Gotlands Borrteknik

Databas-id: 997046263

Typ: Brunnsborrning

Koordinater: N 6 354 284, E 709 546

0,0–9,4 m matjord, sand, lera

9,4–120 m kalksten

Burs

Namn: 900002650

Utförare: Gotlandsbrunnar AB

Databas-id: 900002650

Typ: Brunnsborrning

Koordinater: N 6 348 734, E 713 287

0,0–3,4 m grus

3,4–6,0 m lerig sand

6,0–10,4 m grå lera

10,4–43,0 m grå medelhård kalksten

Anmärkning: Vatten i den leriga sanden mellan 3,4 och 6 m.

Namn: 902100049

Utförare: Lindströms brunnsborrning

Databas-id: 902100049

Typ: Brunnsborrning

Koordinater: N 6 345 542, E 711 590

0,0–3,5 m matjord, sand

3,5–27,0 m kalkberg

Namn: 903104842

Utförare: Lindströms brunnsborrning

Databas-id: 903104842

Typ: Brunnsborrning

Koordinater: N 6 347 610, E 712 894

0,0–8,0 m sand

8,0–8,7 m lera

8,7–15,0 m kalkberg

Namn: 908006760

Utförare: Gotlandsbrunnar AB

Databas-id: 908006760

Typ: Brunnsborrning

Koordinater: N 6 350 027, E 711 973

0,0–4,5 m sand och grus

4,5–70 m vit torr medhård kalksten

70–160 m grå medelhård kalksten

Namn: 913116271

Utförare: Lindströms brunnsborrning

Databas-id: 913116271

Typ: Brunnsborrning

Koordinater: N 6350675, E 711498

0,0–3,0 m matjord och sand

3,0–4,2 m sandig grus

4,2–12,0 m kalkberg

Namn: 914065070

Utförare: Lindströms brunnsborrning

Databas-id: 914065070

Typ: Brunnsborrning

Koordinater: N 6 346 173, E 711 978

0,0–5,5 m matjord och sand

5,5–6,55 m grusig sand

6,55–16,0 m kalkberg

Namn: 916625545

Utförare: Ahlqvists brunnsborrning AB

Databas-id: 916625545

Typ: Brunnsborrning

Koordinater: N 6 348 471, E 712 827

0,0–4,5 m sand

4,5–30,0 m kalkberg

BILAGA 6

Primära, sekundära och tertiära tillrinningsområden

Tillrinningsområde

Tillrinningsområdet till ett grundvattenmagasin är det område eller de områden varifrån nederbörd eller annat vatten kan rinna mot och tillföras magasinet. Tillrinningsområdets yttre gräns är ofta även gräns för det avrinningsområde (eller de avrinningsområden) som magasinet ligger inom.

I de fall mindre sjöar eller vattendrag ansluter till grundvattenmagasinet, ingår normalt hela deras avrinningsområden i magasinets tillrinningsområde. Stora avrinningsområden till anslutande sjöar och vattendrag inkluderas inte.

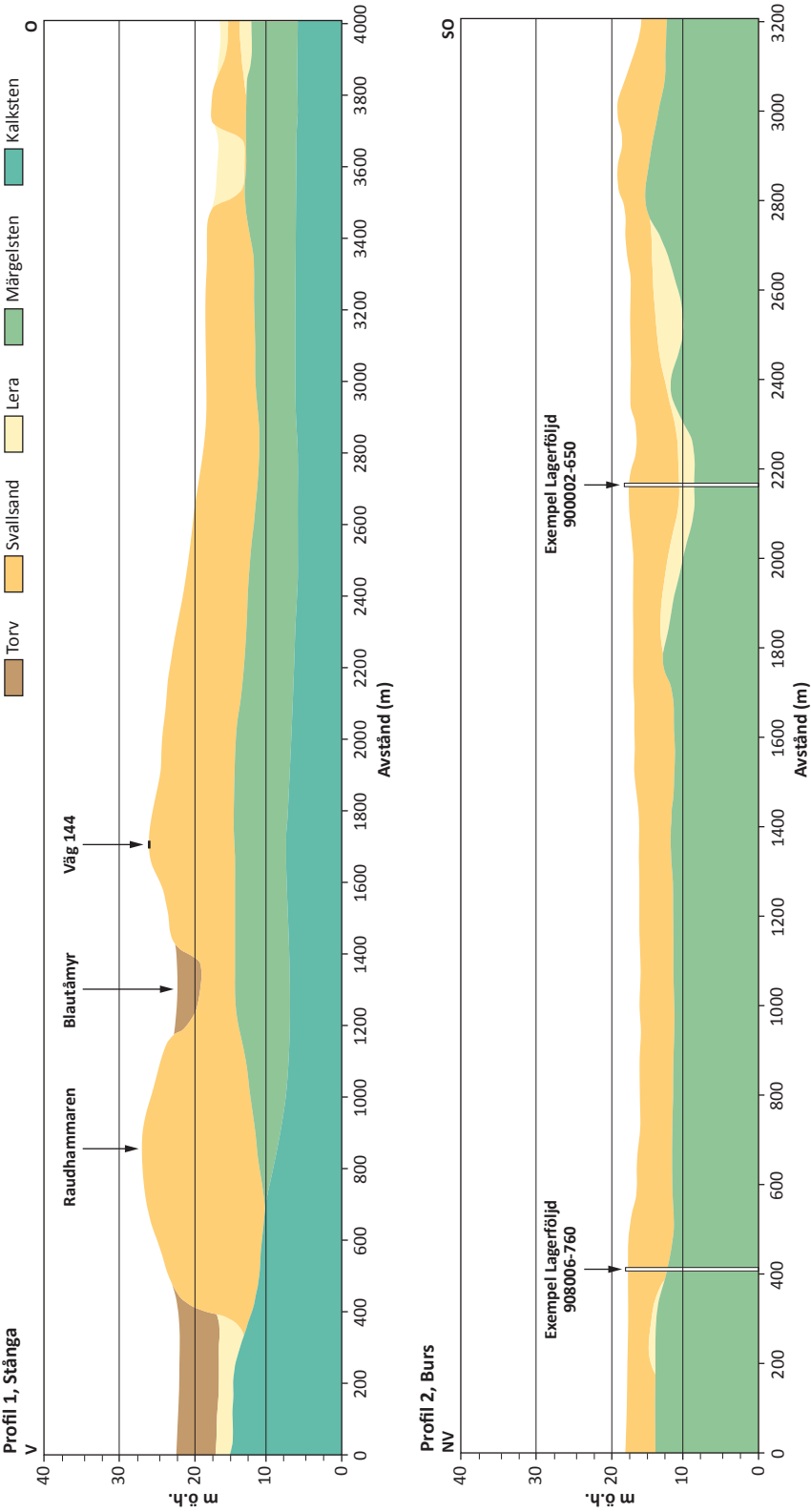
Tillrinningsområdet kan delas upp i primära, sekundära och tertiära delar, bl.a. beroende på om hela eller endast en del av den effektiva nederbörden kan tillföras magasinet. Med den helt dominerade delen avses mer än 80 procent.

Primärt tillrinningsområde	Den del av tillrinningsområdet där grundvattenmagasinet (den grundvattenförande formationen) går i dagen och hela eller den helt dominerande delen av den effektiva nederbörden tillförs magasinet.
Sekundärt tillrinningsområde	De delar av tillrinningsområdet utanför grundvattenmagasinet varifrån hela eller den helt dominerande delen av den effektiva nederbörden tillförs magasinet.
Tertiärt tillrinningsområde	Del eller de delar av tillrinningsområdet till ett grundvattenmagasin varifrån kontinuerlig ytvattendränering sker och där vanligen endast en mindre del av den effektiva nederbörden tillförs magasinet. Till det tertiära tillrinningsområdet räknas t.ex. markområden ovan eller vid sidan av grundvattenmagasinet, varifrån läckage av vatten till magasinet sker eller bedöms kunna ske under särskilda betingelser (avsänkning av grundvattennivån eller punktering av tätande lager genom markarbeten eller dylikt).

BILAGA 7

Geologisk 3D-modell

Tolkade resistivitetsdata från SkyTEM-undersökningar (Dahlqvist m.fl. 2017a).



BILAGA 8

Övergripande förutsättningar avseende grundvattenkemiska provpunkter och analyser

Grundläggande information avseende aktuella provpunkter.

Provpunkt	Provtagningsplats	Översiktlig hydrogeologi	Markanvändning	Djup (m u.m.y.)	Omättad zon (m)
B1	Enskild brunn	Sand, öppna förhållanden, inströmningsområde	Jordbruk	okänt	0–5
B2	Enskild brunn	Sand, öppna förhållanden, inströmningsområde	Jordbruk	okänt	0–5
B3	Enskild brunn	Sand, öppna förhållanden, inströmningsområde	Jordbruk	okänt	0–5
Stånga vattentäkt	Kommunal vattenförsörjning	Sand, öppna förhållanden, inströmningsområde	Skogsbruk/samhälle	ca 10	0–5
Burs vattentäkt	Kommunal vattenförsörjning	Sand, öppna förhållanden, inströmningsområde	Samhälle	ca 5	0–5

Grundläggande information avseende tillgängliga analyser per provpunkt.

Provpunkt	Antal prov	Tidpunkt	Referens/databas	Anmärkning
B1	1	okt 2012	SGUs interna databaser	Kontroll av kvalitet
B2	1	aug 2007	SGUs interna databaser	Kontroll av kvalitet
B3	1	sep 2007	SGUs interna databaser	Kontroll av kvalitet
Stånga vattentäkt	1	mars 2014	Vattentäktsarkivet	Kontroll av kvalitet
Burs vattentäkt	3	2014–2018	Vattentäktsarkivet	Kontroll av kvalitet

BILAGA 9

Allmän beskrivning av grundvattnets kemiska sammansättning

Variationen i olika ämnens halter kan vara stor både inom ett enskilt grundvattenmagasin och mellan närliggande grundvattenmagasin. Speciellt viktiga aspekter att beakta är magasinets och tillrinningsområdets geologiska uppbyggnad, markanvändning och geokemiska sammansättning, samt grundvattnets uppehållstid.

Grundvattnets kemiska sammansättning styrs av nederbördens egenskaper och de processer som vattnet har utsatts för, på sin väg genom marken ner till grundvattnet. Särskilt viktig är den biologiska omsättningen av olika ämnen. Jonkoncentrationen ökar genom avdunstningen i de övre marklagren. Förändringar i jonsammansättningen sker genom att joner i det ned-sipprande vattnet byts ut mot joner som är bundna till markpartiklar, s.k. jonbyte, och genom sönderdelning av mineral, s.k. vittring. Jonbytesprocessen är speciellt intensiv när vattnet är i kontakt med organiskt material och lerpartiklar som har stor kontaktyta. Intensiteten av vittringen är främst beroende av mineralens vittringsbenägenhet och kontaktytan mellan vatten och mineral. Vittringen ”drivs” under naturliga förutsättningar av humussyror och kolsyra som bildas genom nedbrytning av växtrester. Vätejoner förbrukas vid vittringen varvid pH ökar. Genom förbränning av fossila bränslen tillfördes nederbörden under andra halvan av 1900-talet svavelsyra, som bidrog till ökad sulfathalt och tillskott av vätejoner som bidrar till ökad vittring. Nedfallet av svavel är nu en bråkdel av tidigare nivåer men viss påverkan kvarstår i marklager och grundvatten. Även nedfallet av kväve från förbränning och djurhållning har varit betydande under denna period. Även detta har minskat men framför allt södra Sverige utsätts fortfarande för en betydande atmosfärisk kvävetillförsel. Detta kväve tas dock normalt upp av växtlighet och tillförs vanligen inte grundvattnet.

Kalcit är det mest lättvittrade mineralet. Kalkhaltiga jord- och bergarter har mycket stor betydelse för grundvattnets kemiska sammansättning i områden med kalkberggrund. I övriga områden kan andra relativt lättvittrade mineral, som i allmänhet innehåller stor andel kalcium och magnesium, i kombination med finkorniga jordarter och lång uppehållstid ge grundvattnet hög totalhårdhet, liksom hög elektrisk konduktivitet som är ett mått på den totala halten lösta salter. Vid normal kolsyravittring bildas lika mycket kalcium och magnesium som vätekarbonat. Alkaliniteten, som är ett mått på grundvattnets förmåga att motstå försurning, utgörs inom de normala pH-intervallen av vätekarbonat.

Grundvattnets surhet, vätejonkoncentrationen, anges som pH. Låga pH-värden kan bero på effekter av den sura nederbörden, men kan också ha naturliga orsaker. Ett ytligt grundvatten som är naturligt surt p.g.a. hög halt humussyror eller högt koldioxidtryck kanske aldrig hinner neutraliseras under sin uppehållstid i det grundvattenförande lagret.

Sulfatjoner som tillförs grundvatten från nederbörden har både mänskligt och marint ursprung. Kraftigt förhöjda halter i grundvatten har dock i allmänhet geologiskt ursprung och är då ett resultat av oxidation av sulfider. I vissa delar av landet (exempelvis Mälarenregionen) kan höga sulfathalter kopplas till dränering av gyttejeleror.

Fluoridhalten i grundvatten är beroende av berggrundens geokemiska sammansättning. Bergborrade brunnar belägna i områden med pegmatiter och vissa yngre graniter har ofta relativt höga fluoridhalter i vattnet. Jordbrunnar har generellt sett låga halter.

Grundvattnets kloridhalt beror storskaligt på det geografiska läget. Nederbörden bidrar med högre kloridmängder i sydvästra Sverige än på andra håll i landet p.g.a. det marina inflytandet. I delar av Sverige som tidigare har varit täckta av hav kan salt vatten finnas kvar i både jordlager och berggrund och ge höga kloridhalter i grundvattnet. Detta gäller även bergarter

som bildats i hav. Inträngning från hav är en vanlig orsak till höga kloridhalter i strandnära brunnar. Mänskliga påverkanskällor är vägsalt, avloppsinfiltration, soptippar m.m.

Höga nitrathalter beror praktiskt taget enbart på mänsklig påverkan. Problem med höga halter i grundvatten förekommer i jordbruksområden med genomsläppliga jordar, särskilt i jordgrundvatten. Även avloppsinfiltration kan bidra till förhöjda nitrathalter.

Variationerna i järn- och manganhalter kan vara stora, både mellan mycket närbelägna platser och med djupet i ett och samma borrhål. Detta beror på varierande redoxpotential och syreförhållanden. Järn och mangan går i lösning under syrefria förhållanden. Metallerna kan sedan fällas ut i markpartier med högre syrehalt. Detta kan man se tydligt, t.ex. i många grustag där vissa mycket väl avgränsade lager kan vara starkt rostfärgade av järnutfällningar eller svartfärgade av manganutfällningar. Av denna anledning bör analysresultat gällande dessa parametrar tolkas med särskild försiktighet.